



DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Prior Entry“

Verfasserin

Tanja El Etr

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl: A 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
 - 2 Theoretischer Teil
 - 2.1 Temporal Order Judgements
 - 2.2 Point Of Simultaneity Judgements
 - 2.3 Simultaneity Judgements
 - 2.4 Biologische Grundlagen
 - 2.5 Untersuchung audiovisueller Prior- Entry- Effekte
 - 2.6 Untersuchung temporaler Prior- Entry- Effekte
 - 3 Empirischer Teil
 - 3.1 Einführung
 - 4 Ziel der Untersuchung
 - 5 Methode
 - 5.1 Stichprobe
 - 5.2 Stimuli
 - 5.2. Erhebungsinstrument
 - 5.3 Durchführung der Untersuchung
 - 6 Ergebnisse
 - 6.1 Intertrial- Effekt der Platzierung
 - 6.2 Intertrial- Effekt der Farbe, Urteile der zeitlichen Reihenfolge und Platzierung
 - 7 Diskussion (und Ausblick)
 - 8 Conclusio
 - 9 Danksagung
 - 10 Literaturverzeichnis
- Anhang: Lebenslauf
- Zusammenfassung

Abstract:

Bereits 1908 stellte E.B. Titchener die Hypothese auf, dass beachtete Objekte schneller wahrgenommen werden als unbeachtete Objekte. Diese Aussage war die Basis dieses Experiments. 23 Versuchspersonen wurden in zwei Versuchsgruppen geteilt, wovon der ersten Gruppe asynchrone und synchrone Reize und der zweiten Gruppe nur synchrone Reize auf einem Computermonitor gezeigt wurden. In beiden Gruppen mussten die TeilnehmerInnen durch Drücken der richtigen Tasten beurteilen, ob zwei von vier gezeigten Reizen ihre Farbe gleichzeitig oder zeitversetzt änderten. Die Aufmerksamkeit wurde nicht so wie in anderen Studien manipuliert, es erklang lediglich ein Ton über den Kopfhörer, den die Versuchspersonen trugen.

Wie sich herausstellte, wurden, möglicherweise durch eine unklare Instruktion oder eine zu schwierige Aufgabenstellung, in der synchronen Versuchsgruppe signifikant mehr Fehler begangen. Es zeigte sich, dass einmal angewandtes Antwortverhalten im nächsten Durchgang wiederholt wurde, dies wird Intertrial Effekt genannt und spricht für eine Beeinflussung der Wahrnehmung.

Schlüsselwörter: Titchener, Wahrnehmung, Reize, Synchronität, Intertrial Effekt

1. Einleitung:

Basierend auf Titcheners (1908) „sieben fundamentalen Gesetzen der Aufmerksamkeit“ die unter anderem besagen, dass beachtete Objekte schneller verarbeitet und wahrgenommen werden, als nicht beachtete Objekte (kurz: Prior Entry), war es das Ziel dieses Experiments herauszufinden, welche Ursachen eine schnellere Wahrnehmung bestimmter Reize hat und ob Objekte oder Informationen, die beachtet werden, generell schneller verarbeitet werden als solche, die nicht beachtet werden. Selbst zahlreiche Forschungen konnten Titcheners (1908) These nur spärlich beantworten, es ist bis jetzt noch immer nicht ganz klar, ob das menschliche Verhaltensmuster in diesen Experimenten auf ihre Aufmerksamkeit, sensorisch vereinfachte Effekte oder auf bestimmte Tendenzen im Entscheidungsprozess zurückzuführen ist.

So können beachtete Objekte schließlich schneller wahrgenommen werden als nicht oder weniger beachtete. Allerdings gibt es erste Beweise (sowohl psychophysisch als auch elektrophysiologisch), dass die auf eine räumliche Platzierung, bestimmte Reizeigenschaften oder sensorische Modalitäten gerichtete Aufmerksamkeit, die Wahrnehmungsverarbeitungsgeschwindigkeit beschleunigen kann. Im Folgenden werden bisherigen Studien (u.a. Vibell, Klinge, Zampini, Spence, & Nobre, 2007; Weiß & Scharlau, 2011) vorgestellt, die sich mit der Thematik des Prior-Entry- Effekts näher beschäftigten. Verschiedene Forscher haben versucht Prior Entry seit nunmehr mehr als 100 Jahren durch unterschiedliche Versuchsdesigns zu messen (siehe Schneider & Bavelier, 2003; Spence, Shore, & Klein, 2001). Diese werden im Lauf der Arbeit näher beschrieben.

Die aktuelle Verhaltensstudie, in der Versuchspersonen bei einer Computertestung die Synchronität bzw. die Asynchronität zweier farbiger Reize bewerten mussten, wird im Anschluss genau erklärt. Die Ergebnisse, worauf im letzten Kapitel dieser Arbeit genauer eingegangen wird, zeigen, dass Personen ein in einem Durchgang gezeigtes Antwortverhalten beibehalten und sich im nächsten Durchgang ähnlich verhalten. Die Frage nach der Signifikanz von Prior-Entry-Effekten in diesem Experiment kann somit bestätigt werden.

In bisherigen Studien hat sich gezeigt, dass es vor allem im Antwortverhalten Unterschiede gibt. Dies ist jedoch kein eindeutiger Beweis dafür, dass die Wahrnehmung durch die Aufmerksamkeit beschleunigt oder erleichtert wird.

Die vereinfachte Wahrnehmung ist auf unterschiedliche Gründe zurückzuführen, wie zum Beispiel dem Entscheidungsverhalten oder anderen Begebenheiten, die zwischen einem Reiz und dem davon ausgelösten Antwortverhalten stattfinden. Daraus lässt sich also ableiten, dass bisherige Verhaltensexperimente keine Antwort auf die Frage, ob die Aufmerksamkeit die Informationsverarbeitung beeinflussen kann, fanden, wie es die Prior-Entry-Hypothese besagt. Hier sollte erwähnt werden, dass die Prior-Entry Annahme davon ausgeht, dass die Aufmerksamkeit die Informationsverarbeitung beeinflusst noch bevor der Input ins Bewusstsein gelangt.

Titchener (S.251,1908) meinte dazu: „ das Objekt, dem Aufmerksamkeit zugewandt wird, gelangt schneller ins Bewusstsein, als das Objekt, dem keine Aufmerksamkeit zugewandt wird.“ Aus diesem Grund wurde Prior Entry bisher auch in EEG-Studien untersucht um die neuronalen Mechanismen, die dem Effekt zugrunde liegen zu erforschen (siehe Spence & Parise, 2010; McDonald, Teder-Sälejärvi, Di Russo, & Hillyard, 2005; Vibell, Klinge, Zampini, Spence, & Nobre, 2007). In diesen Studien wurden Beweise für EKP- Amplituden (=ereigniskorrelierte Potentiale die entweder durch Sinneswahrnehmungen ausgelöst werden können oder mit kognitiven Prozessen korrelieren) gefunden, die durch die Aufmerksamkeit angepasst wurden. Jedoch gab es nur mangelnde Beweise für Latenzeffekt, die die Frage nach der Verarbeitungsgeschwindigkeit beantworten hätten können. Diese EKPs haben gezeigt, dass Aufmerksamkeits-effekte schon zu Beginn der menschlichen Informationsverarbeitung stattfinden (siehe Spence & Parise, 2010).

Da im Anschluss an dieses Verhaltensexperiment eine EEG-Studie durchgeführt wurde, war es das Hauptziel dieses Experiments, Beweise für Latenzeffekte von beachteten und nicht beachteten Reizen in ereigniskorrelierten Potentialen zu finden. Bisher lieferte nur die Studie von Vibell et al. (2007) einen Beweis für Latenzeffekte in ereigniskorrelierten Potentialen. In einer weiteren Studie, der von McDonald et al. (2005), fanden sich lediglich Amplitudeneffekte. Außerdem fand sich bei McDonald et al. (2005) kein Beweis dafür, dass, wie früher oft behauptet wurde, sensorische Signale, die durch beachtete Reize entstehen, schneller durch das visuelle System geleitet werden, als sensorische Signale unbeachteter Objekte oder Reize.

Stattdessen konnte bewiesen werden, dass das Timing der visuellen Wahrnehmung nicht unbedingt mit dem Timing neuronaler Aktivitäten oder Geschehnisse der visuellen-kortikalen Pfade zusammenhängt. Auch misslang der Versuch, Effekte der räumlichen Aufmerksamkeit auf das richtige Timing der EKPs im visuellen Kortex zu beweisen. Mithilfe ihrer Studie gelang es McDonald et al. (2005) zu beweisen, dass es aufmerksamkeitsgebundene Effekte in der Wahrnehmung der zeitlichen Reihenfolge durch Veränderungen in den unterschiedlichen starken Signalen der Nervenzellen in ventralen okzipitalen Bereichen (die für die visuelle Objekterkennung verantwortlich sind) gibt.

Daraus schlussfolgerten die Autoren, dass eine Verbesserung in der Signalstärke der Nervenzellen, die durch die Aufmerksamkeit veranlasst wird und früh in der visuellen Verarbeitung auftritt, als Unterschied im Timing durch spätere Vergleichsmechanismen definiert wird.

Nicht nur Latenzeffekte sollten in dieser Studie gefunden werden, auch die Aufmerksamkeitsanpassung hinsichtlich der Informationsverarbeitung war von großem Interesse für dieses Experiment. Sowohl Vibell et al. (2007) als auch McDonald et al. (2005) verwendeten bereits in ihren Experimenten Paradigmen, in denen mehrere Modalitäten untersucht wurden. Im Gegensatz dazu wurden in diesem Experiment nur visuelle Prior-Entry-Effekte untersucht, ohne die Aufmerksamkeit zu manipulieren, wie es in den oben genannten Studien (Vibell et al., 2007; McDonald et al., 2005) gemacht wurde. Dadurch wurde vor allem der spontanen Blickbewegung der Versuchspersonen große Beachtung geschenkt. In diesem Experiment wurde nicht nur die schnellere Verarbeitung beachteter Information, sondern auch die langsamere Verarbeitung von nicht beachteten Informationen untersucht. Dies wurde mithilfe der Analyse ereigniskorrelierter Potentiale berechnet.

In dieser Studie ging es darum, von Versuchspersonen die zeitliche Reihenfolge zweier synchroner oder asynchroner Reize, die ihre Farbe änderten, beurteilen zu lassen. Alle Reize wurden jeweils für 24 ms gezeigt, um eine zu leichte Antwortwahl zu vermeiden.

All jene Durchgänge, in denen tatsächlich synchrone Reize als fälschlicherweise asynchron beurteilt wurden, wurden als Prior- Entry- Effekte definiert. In die Hauptanalysen gingen schließlich nur diese Fälle ein.

Bezugnehmend auf die Prior-Entry-Hypothese wurde jener Reiz, der von den Versuchspersonen als sich zuerst ändernd beurteilt wurde (beide Reize änderten tatsächlich synchron ihre Farbe) als „beachteter Reiz“ bezeichnet. Der Reiz, von dem die Versuchspersonen meinten, er habe seine Farbe als Zweites geändert, wurde „unbeachteter Reiz“ genannt. Die ereigniskorrelierten Potentiale in beiden Fällen wurden schließlich miteinander verglichen. Mittels Analyse der N2PC-Komponente in den genannten ereigniskorrelierten Potentialen konnte somit die Aufmerksamkeitszuwendung zu einem bestimmten Reiz untersucht werden.

Die N2PC-Komponente, auch bekannt als PCN, ist eine aufmerksamkeitsbezogene Komponente im EEG, die etwa 200 ms bis 300 ms nach einem Reiz auftritt und sich durch eine stärkere kontralaterale als ipsilaterale Aktivierung im Verhältnis zum Zielreiz kennzeichnet. Außerdem spiegelt sie die aufmerksamkeitsbedingte Auswahl eines bestimmten Reizes unter mehreren Störreizen wieder (näheres siehe Ansorge, Kiss, Worschech, & Eimer, 2011; Eimer, 1996; Wolber, & Wascher, 2005). Da sich die N2PC-Komponente auf einer horizontalen Ebene zeigt (links oder rechts von einem Fixationskreuz entfernt) und die Reize in diesem Experiment auf einer horizontalen Linie präsentiert wurden, bestand die Annahme, dass ein Unterschied zwischen kontralateralem und ipsilateralem ereigniskorreliertem Potential für ein Vorhandensein eines Prior-Entry-Effektes stünde. Kontralaterale und ipsilaterale Position wurden dann in Beziehung zu jener Position gesetzt, an der ein Reiz als sich zuerst ändernd gewertet wurde. Würde eine N2PC-Komponente beobachtbar sein, würde dies für einen vorhandenen Prior-Entry-Effekt stehen. Auch die Bezeichnungen als „beachteter“ und „unbeachteter“ Reiz wären damit gerechtfertigt.

2. Theoretischer Teil:

Diese Studie basiert auf Edward B. Titcheners (1908) „sieben fundamentalen Gesetzen der Aufmerksamkeit“ die unter anderem besagen, dass beachtete Objekte schneller wahrgenommen werden als solche, die nicht beachtet werden, aber gleichzeitig auftreten.

Titchenerses Prior-Entry-Gesetz, das vierte der sieben fundamentalen Gesetze der Aufmerksamkeit, basiert ursprünglich auf Geigers (1903) Pendelexperiment. In diesem wurde Versuchspersonen ein Pendel an verschiedenen Stellen präsentiert als ein Ton erklang. Dieser war davon abhängig, ob die Aufmerksamkeit der Testpersonen auf den Ton oder auf den Blick auf das Pendel gerichtet war (näheres dazu siehe Mollon & Perkins, 1996).

Für dieses Verhalten gibt es diverse Erklärungsansätze: Einerseits spielt die Aufmerksamkeit mit der Reize beobachtet werden, eine Rolle, andererseits beeinflussen Tendenzen im Antwortverhalten, sogenannte „bias“, die Entscheidungsfindung.

Weitere Einflüsse sind exogene Reize, sowie sensorische Einflüsse. Auch ein zeitlicher Vorsprung des beachteten Reizes spielt hier eine wesentliche Rolle. Dies führt zu Schwierigkeiten in den Messungen. Ein großes Problem, wenn man die Aufmerksamkeit bei der Bewertung der zeitlichen Wahrnehmung messen möchte, ist folgendes: Wann genau wird ein Stimulus als „erschieden“ erkannt? Hierbei muss der Testleiter auf die Beurteilung des Probanden vertrauen. Hinzu kommt, dass in vielen Experimenten (z. B. Weiß & Scharlau, 2011) die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen manipuliert wurde um Prior-Entry-Effekte zu untersuchen.

Um die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen auf einen bestimmten Reiz zu lenken, wurden in bisherigen Studien zahlreiche Methoden angewandt: durch Instruktion (z.B. Spence et al., 2001), periphere Platzierungshinweise (z.B. Schneider & Bavelier, 2003) oder zentral platzierte symbolische Hinweisreize (z.B. Schneider & Bavelier, 2003) wurden die Versuchspersonen dazu gebracht, ihre Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Reiz zu lenken. Als schwierig erwies sich in weiterer Folge dann die Auswertung, da man nicht wusste, ob ein bestimmter Reiz als zuerst aufgetreten wahrgenommen wurde, weil die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen auf eben diesen Reiz gelenkt worden war.

Um Prior-Entry-Effekte überhaupt messen zu können, haben sich zwei wesentliche Untersuchungsmethoden besonders bewährt, die im Folgenden näher erklärt werden (u.a. Spence & Parise, 2010, Vibell et al., 2007; Weiß & Scharlau, 2011):

2.1 Temporal Order Judgements (=TOJ):

Eine erste Möglichkeit bieten sogenannte TOJ-tasks (=temporal order judgements - zu Deutsch „zeitliche Reihenfolgeurteile“): die Versuchspersonen sollen hierbei entscheiden, welcher von zwei kurz gezeigten Stimuli zuerst (oder als zweites) präsentiert wurde. Einer der beiden wird an der zu beobachteten Stelle und der Andere an der unbeachteten Stelle dargeboten. Meist treten diese Stimuli gleichzeitig oder sehr schnell hintereinander auf. Bei beiden Aufgabemöglichkeiten werden zwei Faktoren manipuliert:

Die zeitliche Verzögerungen beider Reize wird variiert und die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen wird auf einen der beiden Stimuli gelenkt, entweder durch

besondere Hinweisreize oder einen Stimulus, der die Aufmerksamkeit auf sich zieht. (Weiß & Scharlau, 2012; McDonald et al., 2005).

Besonders bei dieser Form der Aufgabenstellung ist die Zeit zwischen zwei Stimuli entscheidend, damit die Versuchsperson beide Reize subjektiv als simultan einschätzt- das sogenannte „PSS“ (=“point of subjective simultaneity“):

2.2 Point Of Subjective Simultaneity:

Der Prior-Entry-Effekt, der als wahrnehmungsabhängiger Vorteil des beachteten Reizes definiert wird, entsteht durch eine Verschiebung im PSS, so kann die Aufmerksamkeit schließlich gemessen werden (Seibold, Fiedler, & Rolke, 2011). Außerdem ist das PSS diejenige Messgröße, die die Wahrnehmung der zeitlichen Reihenfolge am besten misst. Diese Behauptung ist aber oftmals kritisiert und in Frage gestellt worden:

Die Annahme geht einher mit einer weiteren Berechnung des PSS, dem sogenannten „interval of uncertainty“ (Woodworth & Schlosberg, 1961) in der die zeitliche Reihenfolge zweier Reize nicht unterschieden werden kann. Die Größe dieses Intervalls hängt davon ab, wie oft Urteile ohne eine zeitliche Reihenfolge gemacht werden, neben simultanen Bewertungen sind auch unsichere Wertungen damit gemeint. Daraus kann man schlussfolgern, dass, je mehr Urteile ohne eine zeitliche Reihenfolge gemacht werden, desto größer ist die Unsicherheit.

Stelmach & Herdman (1991) sowie Shore et al. (2001) gehen davon aus, dass das PSS nicht der Punkt der subjektiven Simultanität ist, sondern ein Zeichen der maximalen Unsicherheit einer Person, die eben aufgrund ihrer Unsicherheit zwei Reize als simultan bewertet. Es wird von diesen Forschern angenommen, dass Beobachter nicht Simultanität, sondern Asynchronität wahrnehmen. Von Weiß und Scharlau (2007) wurde die Hypothese von Woodworth und Schlosberg (1961) getestet, es stellte sich heraus, dass die Unsicherheit in der Beurteilung durch den gemeinsamen Einfluss von hoher Beeinflussung und Prior-Entry-Effekten verursacht wird.

Ein Beispiel, das die Annahme von Woodworth und Schlosberg (1961) durchaus unterstützt, ist das „temporal profile model“ von Stelmach und Herdman (1991): Dieses besagt, dass das PSS nicht der subjektiven Simultanität entspricht, wenn die Aufmerksamkeit in eine bestimmte Richtung gelenkt wird. Der Grund dafür ist, dass sich zeitliche Profile zweier identischer Reize nur in Kontrolldurchgängen völlig überlappen, aber nicht in Prior-Entry-Durchgängen. Stelmach und Herman (1991) meinen, dass die Wahrnehmung simultaner Reize und die Wahrnehmung der zeitlichen Reihenfolge durch unterschiedliche Mechanismen zustande kommen und dass sich der Punkt der subjektiven Simultanität nur in Kontrolldurchgängen mit der wahrgenommenen Simultanität deckt, da sich nur hier die Zeitprofile von zwei gleichen Reizen decken können.

Stelmach und Herdman (1991) postulieren zwei unterschiedliche Mechanismen, die einerseits zwischen zeitlicher Reihenfolge und andererseits Simultanität unterscheiden sollen. Der „simultaneity detection mechanism“ vergleicht die Größe der gewöhnlichen Fläche unterhalb der Zeitprofil-Funktion mit der der unüblichen Fläche. Je größer der Unterschied zwischen diesen beiden Flächen ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Simultanität nachgewiesen wird. Wenn zwei gleiche Reize zur gleichen Zeit präsentiert werden, können die Zeitprofile beider Reize ineinander übergehen, wodurch der Eindruck der Simultanität entsteht.

Der zweite Mechanismus, der „temporal order detection mechanism“, vergleicht eine zeitabhängige Differenzfunktion, wobei Ausschläge in dieser Funktion Hinweise dafür sind, dass ein Stimulus dem anderen zeitlich vorausgeht. Eine derartige Graphik ist folgendermaßen zu interpretieren:

Derjenige „Gipfel“, der als erstes aufgezeichnet wird, stellt den Reiz dar, der als erstes wahrgenommen wird. Die Größe des Gipfels gibt an, wie asynchron die zwei Reize tatsächlich sind. So lassen sich durch das „temporal-profile“-Modell am besten Prior-Entry-Effekte erklären.

Das Zeitprofil des Reizes, der beachtet wurde, erreicht seinen Höhepunkt schneller, als der weniger beachtete Stimulus.

Der Punkt, an dem von den Versuchspersonen Simultanität geschätzt wird, ist eine Schätzung des SOA (=“stimulus onset asynchrony“, zu Deutsch:

das Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reizen. An diesem Punkt treffen die Versuchspersonen jede Antwortmöglichkeit wahrscheinlich gleich oft. Doch häufig wurde die Existenz der subjektiven Simultanität angezweifelt. Forscher meinten, dass Versuchspersonen die Simultanität zweier Reize nicht feststellen können, sondern eher unsicher waren (Woodworth & Schlosberg, 1961).

Führt die Aufmerksamkeit tatsächlich zu einer schnelleren Reizverarbeitung, wie es die Prior-Entry-Hypothese besagt, muss der unbeachtete Stimulus eine bestimmte Zeit vor dem beachteten präsentiert werden, damit beide als synchron wahrgenommen werden, wodurch es in Folge zu einer Verschiebung des PSS kommt, dann allerdings steigt die Unsicherheit der Versuchspersonen, welcher der beiden Reize als erstes aufgetreten ist (Sternberg & Knoll, 1973; McDonald et al., 2005). Meist wird das PSS in Aufgaben zum zeitlichen Reihenfolgeurteil getestet. Dieses PSS ist außerdem ein Spezialfall der PSE (=“point of subjective equality“), dem Punkt, an dem eine Versuchsperson ganz individuell eine gleichzeitige Präsentation zweier oder mehrerer Reize wahrnimmt. PSE ist häufig in psychometrischen Aufgaben zu finden.

Prior-Entry-Effekte wurden bisher sowohl in uni- als auch in bimodalen Experimenten untersucht, nicht immer waren die Ergebnisse der Untersuchungen eindeutig zugunsten der Prior-Entry-Effektes zu interpretieren. Problematisch hierbei ist, dass Versuchspersonen während der Testungen oftmals ihr Entscheidungskriterium zugunsten der laut Instruktion zu beachtenden Modalität oder Platzierung von Reizen ändern, vor allem wenn sie unsicher sind, welcher der Reize als erstes präsentiert wurde.

Spence et al. (2001) fanden ebenso heraus, dass Reize, die an einer bestimmten Stelle präsentiert wurden, die von den Versuchspersonen beachtet wurde, schneller wahrgenommen wurden, als Reize, die an Stellen auftreten, denen keine Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

In einer Studie von Weiß und Scharlau (2012) wurden maskierte periphere Hinweisreize verwendet, dieses Vorgehen wird PLP („perceptual latency priming“, zu Deutsch: Voraktivierung wahrnehmungsgebundener Latenz) genannt.

In diesem Paradigma wird die Aufmerksamkeit der Versuchsperson durch die periphere Voraktivierung gelenkt. Dazu dienen maskierte Hinweisreize, denen der Zielreiz anschließend an derselben Stelle folgt. Gekennzeichnet sind diese Primes (= „Voraktivierer“) durch ihre Unsichtbarkeit, trotz alledem haben sie sich als genauso effektiv wie Hinweisreize herausgestellt, wenn es darum geht, die Aufmerksamkeit der Versuchsperson zu lenken. Liegt das PLP unter der Zeit, in der die Aufmerksamkeit von äußeren Faktoren beeinflusst verschoben wird, steigt es an, ansonsten wird es verringert. Ein weiterer Grund, der für die Effektivität des PLP spricht, ist die Tatsache, dass das PLP nicht durch die sensorische Voraktivierung bedingt ist.

Da der Prime und der Zielreiz an der gleichen Stelle präsentiert werden, kann das PLP die sensorische Verarbeitung beschleunigen, da die sensorischen Rezeptoren durch die Voraktivierung beeinflusst werden. Außerdem wird das PLP nicht von der Berechnung der Mittelwerte zwischen Beginn der Voraktivierung und dem Auftreten des Zielreizes bedingt, da nur die Voraktivierung vor einem Zielreiz das PLP verursacht und nicht der Aktivierer, der im Anschluss an einen Zielreiz folgt. Und schließlich bleibt die Größe des PLP konstant, unbeeinflusst davon, ob die Voraktivierung und der Zielreiz kongruent, sprich: übereinstimmend sind, oder nicht. Da die Beurteilung von zwei Reizen und deren zeitlicher Reihenfolge ohnehin keine einfache Aufgabe ist, ist es durchaus plausibel, dass Versuchspersonen außer der zeitlichen Information über die Darbietung, noch andere Informationen zur Aufgabenlösung anwenden. Besteht zum Beispiel Unsicherheit, wäre es möglich, dass Versuchspersonen angeben, der Reiz, den sie beachten sollten, trat als erstes auf.

Hier wäre die Verschiebung des Punktes der subjektiven Simultanität nicht bedingt durch die Aufmerksamkeit, sondern durch ein Entscheidungsbias, eine sogenannte Verzerrung oder Befangenheit in der Entscheidungsfindung. Eine weitere Verzerrung (in weiterer Folge „Bias“ genannt) ist das Bias zweiter Ordnung, welches dann auftritt, wenn die Beurteilung von Stimuli anhand besonders prägnanter Reizeigenschaften vorgenommen wird. Wie schon in vergangenen Studien (z.B. Shore et al., 2001) kann diese Form von Bias vermieden werden, indem die Entscheidungskriterien in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge stets variieren.

Die Versuchspersonen sollen entweder angeben, welcher Reiz der erste, oder welcher der zweite Reiz war.

Eine andere mögliche Ursache für das Auftreten von Antwortbias ist die Verarbeitung von sensorischen und motorischen Modalitäten. Ein Beispiel für die motorische Voraktivierung wäre die auf links oder rechts gerichtete Aufmerksamkeit und die Beurteilung der Versuchspersonen, ob der linke oder der rechte Stimulus zuerst erschienen ist. In diesem Fall würde die motorische Voraktivierung zugunsten des beachteten Reizes ausfallen. Generell haben Primes einen großen Einfluss auf die Antwort, wenn der Prime und der Zielreiz gleiche Eigenschaften wie zum Beispiel Form oder Farbe besitzen.

Sensorische Bias können ebenfalls bei der Untersuchung von Prior-Entry-Effekten vorkommen, wenn periphere Hinweisreize verwendet werden. Wie bereits berichtet, können sensorische Rezeptoren durch die Voraktivierung beeinflusst werden, wodurch die sensorische Verarbeitung beschleunigt wird.

Häufig wird bei diesen Untersuchungsmethoden ein orthogonales Antwortformat vorgegeben. Dieses hat den Zweck, die Wahrscheinlichkeit von Antwortbias zu reduzieren (Spence et al., 2001). Versuchspersonen werden zum Beispiel visuelle und taktile Reize präsentiert. Ihnen wird angeordnet, den einen oder den anderen sensorischen Reiz zu beachten und dann müssen sie entscheiden, ob der erste präsentierte Reiz auf der rechten oder linken Seite erschienen ist. Es hat sich in der Auswertung gezeigt, dass der visuelle Reiz früher als entweder der taktile oder der auditive Reiz präsentiert wird, damit beide als gleichzeitig aufgetreten bewertet werden können.

2.2 Simultaneity Judgements (= SJ):

Die zweite Art, wie Prior-Entry-Effekte und die Simultanität von Reizen gemessen werden kann, und bei der meist kleinere Prior-Entry-Effekte gefunden wurden (z.B. Schneider & Bavelier, 2003) erfolgt durch SJ-Tasks (=simultaneity judgement- sogenannte „Aufgaben über Gleichzeitigkeitsurteile“): Bei diesen Aufgaben ist zu bewerten, ob die präsentierten Reize gleichzeitig aufgetreten sind oder nicht. Hier wird der Punkt der subjektiven Simultanität dann erreicht,

wenn Versuchspersonen am häufigsten die Antwortalternative „simultane Reize“ wählen. Die Tatsache, dass bei diesen experimentellen Untersuchungen bisher kleinere Prior-Entry-Effekte als in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge gefunden wurden, führte zu der Annahme, dass Gleichzeitigkeitsurteile zu keinen Bias führen und daher genauer messen. Denn, würde eine Versuchsperson in diesen Aufgaben eine bestimmte Tendenz im Antwortverhalten zeigen, würde das in den Simultanitätsurteilen wiedergegeben werden. Außerdem sind diese Aufgaben weniger anfällig für sensorische Bias, da ein Urteil über die Simultanität nicht durch einen Prime vorgeschrieben wird. Die Annahme, dass Gleichzeitigkeitsurteile nicht für Antwortbias anfällig sind, kann insofern kritisiert werden, als dass Urteile über die zeitliche Reihenfolge und Gleichzeitigkeit dieselben zugrundeliegenden Prozesse messen. Doch auch hier gibt es unterschiedliche Meinungen, Weiß und Scharlau (2012) beispielsweise fanden heraus, dass Prior-Entry-Effekte, die in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge gemessen wurden, mit einer geringeren Wahrnehmung als bei scheinbar synchronen Reizen einhergehen. Obwohl es schwierig ist, zu unterscheiden, aufgrund welcher Antwortpräferenzen Versuchspersonen eine Antwort fällen, hat sich herausgestellt, dass sie eher die Option der „Simultanität“ wählen; „simultaneity judgement“- Aufgaben werden als angenehmer empfunden. Außerdem wurde in zahlreichen Studien (u.a. Spence & Parise, 2010) gezeigt, dass die sogenannte JND (=“just noticeable difference“); die zeitliche Verzögerung zweier Stimuli, die nötig ist, damit eine Versuchsperson richtig erkennt, welcher von zwei Reizen als erstes aufgetreten ist, eine große Rolle bei Prior-Entry-Effekten spielt.

Ein spezielle Untersuchungsmethoden stellen sogenannte „ternary-response-tasks“ (= „dreistufige Aufgaben“, u.a. Stelmach & Herdman, 1991; Zampini et al., 2007) dar. Diese Aufgaben sind eine Mischung aus Gleichzeitigkeitsurteilen und Urteilen über die zeitliche Reihenfolge. Hier müssen die Versuchspersonen entweder angeben, welcher der Reize zuerst, oder ob beide Stimuli synchron aufgetreten sind. Der Nachteil bei dieser Untersuchungsmethode ist allerdings, dass Versuchspersonen ihr Entscheidungskriterium oft ändern, wenn sie drei Antwortalternativen anstelle von zwei zur Verfügung haben.

Es stellt sich allerdings die Frage, ob Aufgaben zum Gleichzeitigkeitsurteil und Aufgaben zum zeitlichen Reihenfolgeurteil das Gleiche messen - bisher wurde in

Experimenten festgestellt, dass, wenn die Experimente manipuliert wurden, unterschiedliche Effekte sowohl bei Gleichzeitigkeiturteilen als auch bei zeitlichen Reihenfolgeurteilen auftraten.

Die Größe der Prior-Entry-Effekte kann in zwei Richtungen verzerrt sein - entweder sie werden vergrößert oder verkleinert. Im ersten Fall wäre die Vergrößerung des Prior-Entry-Effektes gut geeignet um die Bias-Hypothese zu testen. Allerdings stellt sich die Frage wie groß der Bias-Effekt und infolgedessen der Zuwachs des Prior-Entry-Effektes sein müsste, damit er auf den Bias-Effekt zurückzuführen ist. Um die maximale Größe eines Prior-Entry-Effektes, der von den Versuchspersonen kontrolliert werden kann, herauszufinden, ist es notwendig, diese über Prior-Entry und seine Mechanismen aufzuklären. Die Versuchspersonen erhalten hierfür in jedem Durchgang Rückmeldungen über die Richtigkeit ihrer Antworten in den Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge. Wenige Fehler zu machen bedeutet zugleich einen kleinen Prior-Entry-Effekt. Bei Korrektheit der Bias-Hypothese sollte es die gegebene Rückmeldung erleichtern, Antwortbias zu vernachlässigen und selbst bei Unsicherheit bezüglich der zeitlichen Reihenfolge, die richtige Antwort zu geben. Daraus könnte schließlich ein geringerer Prior-Entry-Effekt resultieren.

Die Forschungsergebnisse von Weiß und Scharlau (2012) zeigen, dass durch sichtbare Hinweisreize ausgelöste Prior-Entry-Effekte von der strategischen Kontrolle beeinflussbar sind, obwohl die Effekte nur gering waren. Nicht jedoch in dem PLP Paradigma. Weiter fanden sie heraus, dass Prior-Entry-Effekte, selbst bei Präsentation von gut sichtbaren Hinweisreizen nicht ganz verschwanden. Dies ist ein weiterer Beweis dafür, dass Prior-Entry-Effekte, die anhand des Verhaltens der Versuchspersonen gemessen werden, mit deren von außen gerichteter Aufmerksamkeit in Zusammenhang stehen. In diesem Kontext stimmen auch die Forschungsergebnisse von Vibell et al. (2007) damit überein, in denen Latenzverschiebungen in EKPs, die die Wahrnehmungsverarbeitung untersuchen, gefunden wurden. Durch elektrophysiologische Messungen haben die Autoren Prior-Entry-Effekte untersucht. Das Resultat ihrer Forschung war folgendes:

Wenn die Aufmerksamkeit zwischen visuellen und taktilen Modalitäten verschoben wird, entstehen Latenzverschiebungen der frühen

ereigniskorrelierten Potentiale, welche im EEG sichtbar werden.

Wie bereits in früheren Studien (Scharlau, 2004) konnte gezeigt werden, dass Verzerrungen klein oder gar nicht vorhanden sind, wenn die Aufmerksamkeit durch maskierte periphere Primes manipuliert wird. Wie die Autoren bereits 2011 herausfanden, war die Genauigkeit der zeitlichen Einschätzung geringer, wenn die Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Reiz gelenkt wurde und das unabhängig von Rückmeldungen.

Ein Ergebnis weiterer Studien (Vibell et al., 2007) besagt, dass die Aufmerksamkeit einer Person neuronale Prozesse im Gehirn beschleunigen kann, dies zeigt sich vor allem bei der visuellen Wahrnehmung, wofür es ebenfalls elektro-physiologische Belege gibt, gleich den Studien von Spence & Parise (2010).

In eine ihrer früheren Forschungen untersuchten Weiß und Scharlau (2011) das Phänomen des „Prior Entry“ und kamen zu dem Schluss, dass es zwei Arten der Manipulation bei Prior-Entry-Experimenten gibt: Es besteht die Möglichkeit, dass einem von beiden Zielreizen Aufmerksamkeit zugewandt wird (bei Prior-Entry-Durchgängen), andererseits ist es aber auch möglich, dass keinem von beiden Zielreizen Aufmerksamkeit zugewandt wird (bei Kontrolldurchgängen), dies wird SOA (=“stimulus onset asynchrony“) genannt.

Mit der Aufmerksamkeitsmanipulation gehen, wie vermutet, einige Probleme einher: So wird, wenn die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Modalität gelenkt wird, derjenige Reiz in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge als zuerst erschienen bewertet, der in der gleichen Modalität war, die die Versuchspersonen besonders beachten sollten. (Spence et al., 2001).

Bei diesen Messungen von Weiss & Scharlau (2011) ergab sich folgendes Problem:

Simultane Einschätzungen kamen in den Kontrolldurchgängen häufiger vor als in den Prior-Entry-Durchgängen, allerdings war bis zu den Studien von Weiss & Scharlau (2011) nicht bekannt, wie häufig das eine im Gegensatz zu dem anderen Antwortverhalten auftrat.

Ein anderes Problem der Untersuchung war, dass die Genauigkeit in der Bestimmung der zeitlichen Reihenfolge schlechter war, wenn die Aufmerksamkeit

der Versuchspersonen manipuliert wurde.

Hier entsteht ganz klar die Schwierigkeit zwischen der Trennung von Simultanität und Unsicherheit im Urteilen zu unterscheiden, die die bereits gestellte Frage ganz berechtigt in den Raum stellt: Wie lässt sich am besten zwischen den diversen Antwortverhalten bezüglich Reizabfolgen differenzieren? Auf diese Frage wird versucht, im Folgenden eine Antwort zu finden:

Ganz entscheidend ist, was Weiß und Scharlau (2011) in zwei Experimenten feststellen konnten: PSS, wie bereits erwähnt wurde, ist oft mit „Unsicherheit“ verwechselt worden- den Studien von Weiß und Scharlau (2011) zufolge, spielt diese bei PSS besonders dann eine Rolle, wenn Prior-Entry-Effekte vorhanden sind. Überraschend war zu sehen, dass in beiden Experimenten die zeitliche Unterscheidung der Beobachter schlechter war, wenn die Aufmerksamkeit manipuliert wurde. Das ist aus zweierlei Gründen überraschend: Erstens wurde in bisherigen Studien (Scharlau, 2004; Scharlau & Neumann, 2003) beobachtet, dass bei Prior Entry mit maskierten peripheren Hinweisreizen keine Differenz in der Unterscheidung zwischen Reizen gefunden werden konnte. Zweitens haben Stelmach und Herdman (1991), entgegen ihres Modells, eine bessere Unterscheidungs-Genauigkeit vorgefunden.

Kurz gesagt kommen Weiß und Scharlau (2011) zu folgendem Ergebnis: Maskierte periphere Hinweisreize beschleunigen die Reaktionszeit durch einen Aufmerksamkeits-relevanten Mechanismus, zu beobachten ist dieser vor allem in Aufgaben zum zeitlichen Reihenfolgeurteil. So haben Versuchspersonen schneller geantwortet, wenn ihre Beeinflussung groß war. Die zeitliche Nähe zwischen dem Hinweisreiz und dem Zielreiz führte in ihrem Experiment auch zu einer schnelleren Reizverarbeitung.

Schließlich lässt sich die gestellte Frage nach dem Unterschied zwischen Simultanität und Asynchronität wie folgt beantworten: Wenn die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen durch Hinweisreize manipuliert wurde, ist das PSS nicht der Punkt,

an dem die Versuchspersonen eine subjektive Simultanität der Stimuli wahrnehmen. Wird die Aufmerksamkeit nicht manipuliert, kann das PSS tatsächlich als der Punkt der subjektiven Simultanität gewertet werden.

2.3 Biologische Grundlagen:

Nach dem Prior-Entry-Gesetz beschleunigte die Aufmerksamkeit neuronale Übertragungen in den sensorischen Pfaden, wodurch beachtete Reize schneller bewusst gemacht werden, als unbeachtete (Titchener, 1908). Bisher wurde zwar bereits viel auf dem Gebiet der Prior-Entry-Effekte geforscht, jedoch gibt es nur wenige biologische Beweise für das tatsächliche Vorhandensein von Prior-Entry-Effekten. Vibell et al. (2007) gelang es, den ersten elektrophysiologischen Beweis zu finden.

In ihrer Studie, einem intermodalen Experiment, in der die Versuchspersonen entscheiden mussten, ob ein visueller oder auditiver Reiz zuerst erschien, kamen die Autoren zu dem Schluss, dass die Aufmerksamkeit neuronale Prozesse während der visuellen Wahrnehmung tatsächlich beschleunigen kann. Dieses Experiment führte zu vielen Diskussionen bezüglich der möglichen Ursachen. Unter anderem wurde physiologischen Faktoren (es bestand unter anderem die Annahme, dass die Verarbeitung auditiver Reize schneller gelingt als die visueller Reize) große Bedeutung zugeschrieben. Die Untersuchungsergebnisse lieferten einen Beweis dafür, dass durch die selektive Aufmerksamkeit die visuelle Wahrnehmung in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge beeinflussen kann. Abhängig davon, ob die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen auf den visuellen oder den taktilen Reiz gelenkt wurde, kam es zu einer Verschiebung in der wahrgenommenen Latenz der visuellen oder taktilen Reize.

Gemeinsam mit den Verhaltensmessungen konnte eine Verschiebung der Latenz von visuellen ereigniskorrelierten Potentialen (erfolgte anhand einer EEG-Messung) beobachtet werden. Diese zeigte eine Verschiebung der Analyse von wahrgenommenen Reizen im Gehirn an. Wie bereits in bisherigen Studien zur Beurteilung der zeitlichen Reihenfolge (Zampini et al., 2005; Spence et al., 2001) manipulierten Vibell et al. (2007) die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen um die Regulierung der visuellen EKPs bestmöglich untersuchen zu können. Durch das zur Aufmerksamkeitsmanipulation orthogonale Antwortkriterium

(in diesem Fall die räumliche Anordnung) wurde versucht, den Effekt von Antwortbias zu minimieren.

Die Verschiebung der Latenz während der Reizverarbeitung, welches sich in EKPs zeigt, ist der bisher größte Beweis, dass es den Prior-Entry-Effekt tatsächlich gibt. Im Experiment von Vibell et al. (2007) war das visuelle P1-Potential zu beachten. Dieses wurde durch die Präsentation peripherer visueller LED-Reize ausgelöst. Das visuelle P1-Potential und das visuelle N1-Potential, welches dem P1 folgte, werden als die Wiedergabe aufeinanderfolgender Phasen der Analyse von wahrgenommenen visuellen Reizen in verschiedenen ventralen und dorsalen Bereichen betrachtet (Foxe & Simpson, 2004; Di Russo, Martinez, Sereno, Pitzalis, & Hillyard, 2002; Schroeder et al., 1995; Gomez Gonzalez, Clark, Fan, Luck, & Hillyard, 1994).

Der Beweis für die Annahmen, dass Wahrnehmungsprozesse in Bezug auf die P1- und N1-Potentiale beschleunigt ist, gelang durch eine topographische Zergliederung. Die selektive Aufmerksamkeit hatte, wie sich zeigte, keinen Einfluss auf die Topographien, sodass daraus zu schließen war, dass die neuronalen Prozesse, abhängig davon, ob die Aufmerksamkeit auf die visuellen oder auf die taktilen Reize gelenkt wurde, nicht klar voneinander unterscheiden werden konnten. Der Höhepunkt in den Messungen wurde früher erreicht, als die Aufmerksamkeit auf die visuellen Reize gelenkt wurde. Es wurde zudem eine Verschiebung der P3-Potentiale festgestellt, die ebenfalls dazu beitrug, einen Beweis für die Existenz von Prior-Entry zu liefern. Da die Regulierung der P3-Potentiale unabhängig davon ist, in welchem Abstand die Reize präsentiert werden, ist dieses Potential eher als Ergebnis eines Prior-Entry-Effektes zu werten.

Im Gegensatz zu den frühen visuellen P1- und N1-Potentialen, die deren Latenzverschiebung nur 3 bis 4 ms lang dauerte, war das P3-Potential um eines länger (14ms). Dieses Ergebnis zeigt, dass Prior-Entry-Effekte zunehmen, sobald die neurale Verarbeitung von einer wahrnehmungsgebundenen Verarbeitung zu späteren kognitiven und bewegungsgesteuerten Verarbeitung fortfährt.

Ein weiteres Ergebnis konnte in diesem Experiment gewonnen werden: Die Informationsverarbeitung erfolgt schneller, wenn die Aufmerksamkeit der Testpersonen auf sensorische Modalitäten anstelle von räumlichen Platzierungen gelenkt wird. In anderen Untersuchungen (siehe Hotting, Rosler, & Roder, 2003;

Talsma & Kok, 2001; Eimer & Schröger, 1998) wurde herausgefunden, dass es Unterschiede in der Regulierung von räumlichen Informationen und Informationen über Modalitäten gibt. Diese Unterschiede manifestieren sich in der sensorischen Verarbeitung (Spence et al., 2001).

Aus diesem Grunde wäre ein direkter Vergleich zwischen EKP-Effekten in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge hilfreich, um die Unterschiede in der Regulierung zu erkennen, je nachdem, ob die Aufmerksamkeit auf eine räumliche Platzierung oder eine sensorische Modalität gelenkt wird. Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass sowohl Unterschiede in der Latenz als auch im Umfang von der Aufmerksamkeitsorientierung im menschlichen Gehirn abhängig sind.

Im Folgenden wird näher auf zwei bestimmte Arten des Prior-Entry-Effektes eingegangen: der audiovisuelle und der temporale Prior-Entry-Effekt, die in bisherigen Forschungen oft untersucht wurden (z.B. Zampini et al., 2005; Seibold, et al., 2011).

2.4 Untersuchung audiovisueller Prior-Entry-Effekte:

In bisherigen Studien wurde die Prior-Entry-Hypothese meist anhand von Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge geprüft, im Experiment von Zampini et al. (2005) wurden die Versuchspersonen aufgefordert, anzugeben, ob die ihnen dargebotenen auditiven und visuellen Reize gleichzeitig oder aufeinanderfolgend präsentiert wurden (durch Verwendung von Gleichzeitigkeitsbeurteilungen).

Schneider und Bavelier (2003) verteidigten die Anwendung von Gleichzeitigkeitsurteilen mit dem Argument, da es ihrer Meinung nach in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge schwer ist zu unterscheiden, ob die Regulierung sensorischer Prozesse, Entscheidungsprozesse oder eine Kombination von beidem, zur Urteilsfällung beitragen. Außerdem sei diese Untersuchungsmethode weniger durch Antwortbias zu verzerren, weil sie nicht davon abhängt, ob eine Versuchsperson die zeitliche Reihenfolge von präsentierten Reizen korrekt wahrnimmt. Selbst in orthogonalen Versuchsdesigns, wie es Spence et al. (2001) verwendeten, wurde das Antwortverhalten durch bestimmte Antworttendenzen beeinflusst.

Wenn Versuchspersonen gefragt wurden, auf welche Seite (links oder rechts) der erste Reiz präsentiert wurde und sie ihre Aufmerksamkeit einer bestimmten Modalität zuwenden sollten, lautete die Antwort der meisten Versuchspersonen, der in der zu beachtenden Modalität auftrat, sei der erste Reiz gewesen.

Um diese Probleme zu umgehen, schlugen Schneider & Bavelier (2003) die Verwendung von Gleichzeitigkeitsurteilen vor. Da die Bewertung von der Zeit abhängig, die zwischen zwei Reizen liegt, sollte es nach Meinung der Autoren zu keiner Änderung der Entscheidungskriterien kommen, die dann den Punkt der subjektiven Simultanität beeinflusst.

Wie bereits erwähnt, müssen visuelle Reize vor auditiven oder taktilen Reizen auftreten, damit die Reize als simultan gewertet werden. Auch sollen die Reize an derselben Stelle präsentiert werden, was sich durch die multisensorische Bindung erklären lässt: Wenn zwei Reize, die aus unterschiedlichen Modalitäten stammen, und die gleiche Empfindung auslösen, werden sie, wenn sie an der gleichen Stelle gezeigt werden, als simultan eingeschätzt.

In dem Experiment von Zampini et al. (2005) würde ein Prior-Entry-Effekt dann bestehen, wenn der Punkt der subjektiven Simultanität für audiovisuelle Reizpaare signifikant unterschiedlich ist, in Abhängigkeit davon, ob die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen auf den auditiven oder den visuellen Reiz gerichtet wird. Es bestand die Annahme, dass visuelle Reize, wenn die Aufmerksamkeit auf diese gerichtet war, nur kurz vor der Präsentation von auditiven Reizen dargeboten werden müssten, um als gleichzeitig wahrgenommen zu werden. Nicht jedoch, wenn die Aufmerksamkeit auditiven Reizen galt. Wie schon berichtet, wurden die Reize in Paaren präsentiert, unimodale Reizpräsentationen dienten dazu, die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen entweder auf visuelle oder auf auditive Reize zu lenken. Die Untersuchungsergebnisse ergaben, dass visuelle Reize tatsächlich vor auditiven Reizen präsentiert werden müssen, damit beide als simultan beurteilt werden. Entgegen der zuvor gefassten Hypothese musste die Aufmerksamkeit allerdings auf auditive Reize und nicht auf visuelle Reize gerichtet werden.

Weiter ergab die Datenanalyse, dass der Ton auf der linken Seite 5ms vor dem rechten Ton erklingen muss, damit Simultanität erreicht wird.

Dieses Ergebnis unterschied sich signifikant von der subjektiven Simultanität der visuellen gepaarten Reize - hier musste der rechte Reiz 5ms vor dem linken Reiz präsentiert werden, damit Versuchspersonen angaben, dass beide Reize gleichzeitig aufgetreten sind. Dies war ein Beweis für das Vorliegen eines audiovisuellen Prior-Entry-Effektes. So gesehen sind die Untersuchungsergebnisse von Zampini et al. (2005) der erste Beweis dafür, dass die Aufmerksamkeitszuwendung zu einer sensorischen Modalität (sei es auditiv oder visuell) zu einer schneller Reizwahrnehmung derselben Modalität führt. Ein Vorteil dieser Forschung war durch Anwendung von Gleichzeitigkeitsurteilen die gleichzeitige Vermeidung beeinflussten Antworttendenzen, wie es in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge oftmals der Fall ist. Ein weiterer wichtiger Punkt in dem sich dieses Experiment von anderen (z.B. Shore et al., 2001) unterschied, war die Untersuchung unterschiedlicher Sinnesempfindungen. Abgesehen davon, dass die Ergebnisse von Gleichzeitigkeitsurteilen und Reihenfolgeurteilen differieren, macht es einen erheblichen Unterschied, welche Sinne untersucht werden. So fanden Spence, Nicholls und Driver (2001) heraus, dass es Personen schwerer fällt, ihre Aufmerksamkeit von taktilen Modalitäten abzuwenden, als ihre Aufmerksamkeit von auditiven auf visuellen Modalitäten zu verschieben. Was für die zukünftige Forschung von Interesse wäre, ist die Untersuchung visuell-taktiler Prior-Entry-Effekte in Verbindung mit sowohl Gleichzeitigkeitsurteilen als auch zeitlichen Reihenfolgeurteilen, da man anhand der Studienergebnisse von Spence et al. (2001) davon ausgehen könnte, dass Prior-Entry-Effekte dann besonders groß sind, wenn taktile Modalitäten untersucht werden und diese Effekte größer sind als in den Untersuchungen anderer Modalitäten.

2.5 Untersuchung temporaler Prior-Entry-Effekte:

Seibold et al. (2011) entschlossen sich, entgegen der weit verbreiteten Methode, eine schnellere Wahrnehmungsverarbeitung der räumlichen Aufmerksamkeit zu testen, zeitliche Prior-Entry-Effekte zu untersuchen.

Durch ereigniskorrelierte Potentiale, die als Indikatoren für Prior-Entry-Effekte dienen, untersuchten sie, ob die auditive Wahrnehmungsverarbeitung durch zeitliche Aufmerksamkeit beschleunigt wird. Durch das Forschungsergebnis konnte ein erster Beweis dafür gefunden werden,

dass die Hypothese bestätigt werden kann und dass temporale Prior- Entry-Effekte existieren.

Bisher wurde nur von der Aufmerksamkeitsverlagerung zwischen verschiedenen räumlichen Platzierungen oder bestimmten Modalitäten gesprochen, in weiterer Folge wird näher auf die zeitliche Aufmerksamkeit eingegangen, welche die Reizverarbeitung beschleunigen kann (z.B. Bausenhart, Rolke, & Ulrich, 2007). Wenn ein Reiz durch ein ihm vorangegangenes Signal begleitet wird, reagieren Versuchspersonen auf diesen Reiz besonders schnell (Woodrow, 1914).

Im Gegensatz zur räumlichen Aufmerksamkeit wurde die temporale bisher oft als Leistung der motorischen Verarbeitung betrachtet (Niemi & Näätänen, 1981).

Durch Untersuchungen von u.a. Bausenhart et al. (2007) konnte allerdings gezeigt werden, dass die Wahrnehmung hier eine große Rolle spielt. So wurde gezeigt, dass Versuchspersonen besonders dann richtige Antworten gaben, wenn die Zielreize zeitlich beachtet wurden (Breitmeyer, 1984). Im Zusammenhang mit Studien, die die zeitliche Reihenfolge von Stimuli untersuchten, fanden Correa, Sanabria, Spence, Tudela und Lupianez (2006) heraus, dass Versuchspersonen in der Beurteilung der zeitlichen Reihenfolge von zwei Reizen besonders dann richtige Antworten gaben, wenn diese frühzeitig in einem beachteten Moment auftraten, hingegen war die Antwortgenauigkeit verringert, wenn die Reize zwar frühzeitig, jedoch in einem nicht beachteten Augenblick präsentiert wurden. So gesehen lässt sich feststellen, dass die zeitliche Aufmerksamkeit die Wahrnehmungsverarbeitung verbessert.

Aus diesem Grund stellen sich die Fragen, ob die gleichen Mechanismen an aufmerksamkeitsbezogenen und zeitlichen Effekten beteiligt sind und ob die schnellere Wahrnehmungsverarbeitung mithilfe der zeitlichen Aufmerksamkeit durch eine verminderte wahrnehmungsbezogene Latenz bedingt wird, wie es die Prior-Entry-Hypothese annimmt. Um diese Fragen beantworten zu können, bieten ereigniskorrelierte Potentiale eine geeignete Messmethode um die Geschwindigkeit der Wahrnehmungsverarbeitung zu untersuchen. In den Studien, die diese Fragestellungen untersuchten, fanden Correa et al. (2006) den Beleg dafür, dass es zu Latenzverschiebungen früher EKPs, vor allem dem P3-Potential kommt, wodurch eine schnellere Wahrnehmungsverarbeitung möglich ist.

Bei der Untersuchung von Hackley, Schankin, Wohlschläger und Wascher (2007), die sich mit der zeitlichen Aufmerksamkeit und ihrem Effekt auf die bereits zuvor erklärte N2PC-Komponente befassten, fanden sich keine Latenzeffekte, die eine durch die zeitliche Aufmerksamkeit beschleunigte schnellere visuelle Verarbeitung erklären würden. Da zeitliche Reizeigenschaften eine größere Rolle bei auditiven, als visuellen Modalitäten spielen, wie es die Studie von Repp und Penel (2002) gezeigt hat, untersuchten Seibold et al. (2011) den Effekt der zeitlichen Aufmerksamkeit bei auditiven Reizen.

Zu diesem Zweck wurde die N2PC-Komponente untersucht. Standardtöne und davon abweichende Töne, die sich hinsichtlich ihrer Intensität und Frequenz unterschieden, wurden den Versuchspersonen randomisiert präsentiert. Die N2-Komponente besteht aus zwei besonders relevanten Eigenschaften, die für diese Studie nützlich waren: Sie kann als Hinweis für wahrnehmungsgebundene auditive Verarbeitung gewertet werden und sie ist nicht anfällig für Überlagerungen anderer EKPs. Die Versuchspersonen mussten so schnell und so korrekt wie möglich auf Zielreize, die neben den Standard- und abweichenden Tönen präsentiert wurden, reagieren. Die Tatsache, dass Zielreize mit einbezogen wurden, ermöglichte die Kontrolle über die Effektivität der zeitlichen Aufmerksamkeit, die manipuliert wurde. Um diese zu überwachen, diente die Reaktionszeit, mit der auf Zielreize geantwortet wurde, als Indikator. Wie bereits erläutert, wurde jeder Reiz von einem Warnsignal, das ihm vorausging, begleitet.

Der zeitliche Intervall zwischen diesem Warnsignal und dem Reiz blieb innerhalb eines Blocks gleich, änderten sich aber über die verschiedenen Durchgänge. So bestand die Annahme, dass die Reaktionszeiten umso kürzer wären, je kürzer der Abstand zwischen Warnsignal und Reiz ist. Lange Zeitintervalle würden dementsprechend mit längeren Reaktionszeiten einhergehen. Würde also die zeitliche Aufmerksamkeit zu einer schnelleren wahrnehmungsgebundenen auditiven Verarbeitung führen, müssten theoretisch die Latenzeffekte der N2PC-Komponente (z.B. die unterschiedlichen EKP-Wellen, die durch Standardtöne und abweichende Töne evoziert werden) bei kürzeren Zeitintervallen kleiner ausfallen als bei großen. Die Annahme, dass in kurzen Vorperioden eine kürzerer Reaktionszeit zu beobachten ist, konnte anhand der Untersuchungsergebnisse bestätigt werden. Wie sich in den Analysen zeigte, erreichte die N2-Komponente

bei kurzen Zeitintervallen zwischen einem Ton und dem Zielreiz einen früheren Höhepunkt, was zu einer hohen zeitlichen Aufmerksamkeit der Versuchspersonen führte.

Auch die Annahme, dass die zeitliche Aufmerksamkeit frühe EKPs moduliert, wurde durch die Untersuchungsergebnisse bestätigt.

Allgemein lässt sich feststellen, dass die Latenzverschiebungen die in den EKPs zu beobachten waren, dazu führen, dass die zeitliche Aufmerksamkeit die Wahrnehmungsverarbeitung beschleunigt.

Weiter stellte sich heraus, dass die zeitliche Aufmerksamkeit eine wichtige Rolle bei der Untersuchung auditiver Modalitäten spielt, wohingegen die räumliche Aufmerksamkeit in Zusammenhang mit visuellen Reizen wichtig ist. Diese Abhängigkeit der visuellen und auditiven Modalitäten von verschiedenen Aufmerksamkeitsprozessen scheint logisch, wenn man beachtet, dass visuelle Modalitäten die räumliche Orientierung ermöglichen und auditive Modalitäten das Sprach(-verständnis) sicherstellen.

Somit wurde bewiesen, dass nicht nur die räumliche Aufmerksamkeit und modalitätsspezifische Aufmerksamkeit die Wahrnehmung beeinflussen. Die Effekte der zeitlichen Aufmerksamkeit zeigen, dass es modalitätsbestimmte Unterschiede gibt, nämlich insofern, als dass die zeitliche Aufmerksamkeit innerhalb der auditiven Modalität automatisch passiert und unabhängig von den Anforderungen der Aufgabe geschieht. Allerdings bedarf es weiterer Forschungen, um herauszufinden, welche Rolle die zeitliche Aufmerksamkeit innerhalb verschiedener Modalitäten tatsächlich spielt. Zusätzlich wäre es interessant herauszufinden, welche neuronalen Mechanismen dabei mitwirken. Ausgeschlossen werden konnte die räumliche Beschränkung als verantwortlicher Mechanismus der zeitlichen Aufmerksamkeit. Seidler et al. (2011) gehen von einer top-down-Verarbeitung aus. Sie nehmen an, dass es durch diese top-down-Verarbeitung für einen gewissen Zeitraum, welchen in diesem Fall die zeitliche Aufmerksamkeit bildet, zu einem Anstieg der Neuronenaktivität kommt, welche in weiterer Folge zu einer frühzeitigen Aktivierung der Nervenzellen führt. Dass die zeitliche Aufmerksamkeit die Latenz von wahrnehmungsgebundenen EKPs verkürzt, und die neuronale Verarbeitung beeinflusst, bestätigt die

Hypothese von Rolke und Hofmann (2007), der zufolge eine körperliche Erregung solange in internen Aktivierungsvorgängen ausgeführt wird bis ein kritischer Wert erreicht wird bis schließlich eine Entscheidung zu einer Antwort möglich ist. Der „early onset hypothesis“ nach startet diese Ansammlung innerer Aktivierung früher, wenn die Aufmerksamkeit auf das Erscheinen eines Reizes fokussiert ist.

3. Empirischer Teil:

3.1 Einführung:

In diesem Verhaltensexperiment mussten die Versuchspersonen die zeitliche Reihenfolge in der zwei farbige Kreise ihre Farbe wechselten, bewerten. Hauptziel dieses Experimentes war es herauszufinden, wie viele Durchgänge-synchrone und asynchrone oder ausschließlich synchrone - für das später folgende EEG- Experiment nötig seien.

Es gab insgesamt zwei Versuchsgruppen, von denen der einen Gruppe nur synchrone Reize und der anderen Gruppe sowohl asynchrone als auch synchrone Reize präsentiert wurden.

Der Gruppe der nur synchrone Reize präsentiert wurden, wurden genauso viele synchrone Reize wie der anderen Gruppe gezeigt, allerdings keine asynchronen Reize.

In der zweiten Gruppe war die Reihenfolge von asynchronen und synchronen Reizen zufällig gemischt. Zusätzlich zu den Ergebnissen des Verhaltens-experiments wurden wurde untersucht, ob Intertrial-Priming-Effekte für Farbe, Platzierung und für die zeitliche Bewertung der Versuchspersonen gefunden werden konnte.

4. Ziel der Untersuchung:

Die Prior-Entry Studie ist der Vorläufer für die EEG-Studie. Im Unterschied zu bisherigen Studien auf diesem Gebiet wurde in diesem Experiment nicht die Aufmerksamkeit an sich manipuliert (weder endogen, noch exogen), lediglich der Ort der Aufmerksamkeit wurde variiert.

5. Methode:

Um visuelle Prior-Entry-Effekte untersuchen zu können, wurden in den Testräumen an der psychologischen Fakultät der Universität Wien Computertestungen durchgeführt.

5.1. Stichprobe:

Getestet wurden insgesamt 23 Versuchspersonen, allesamt hauptsächlich Psychologiestudierende, die über das RSAP rekrutiert wurden, und Freunde aus dem privaten Umfeld. Psychiatrische sowie neurologische Vorgeschichten wurden nicht berücksichtigt, allerdings wurde in der Einladung zu diesem Experiment darauf hingewiesen, dass Probanden, die unter Epilepsie oder Klaustrophobie leiden, nicht an der Studie teilnehmen könnten.

Als Entschädigung für den Zeitaufwand wurde den Versuchsteilnehmern in Abhängigkeit von der Versuchsdauer bis zu €8.- gezahlt. Versuchspersonen, die sowohl asynchrone als auch synchrone Reize bewerteten und daher doppelt so lange getestet wurden wie Versuchspersonen, die nur synchrone Reize beurteilten, bekamen 8€ pro Stunde, den anderen Versuchspersonen wurden 5€ pro Stunde für ihre Teilnahme gezahlt.

Von diesen insgesamt 26 Versuchspersonen schlossen 23 das Experiment ab, die übrigen drei waren nur Testpersonen der Probetestung.

5.2 Erhebungsinstrument:

Maximal zwei Versuchspersonen konnten gleichzeitig in einem Testraum an der psychologischen Fakultät der Universität Wien getestet werden. Der Testraum war dafür schwach beleuchtet und mit einem CRT-Monitor ausgestattet, der eine Bildwiederholrate von 85 Hz aufwies.

CRT-Monitore („Cathode Ray Tube“ gehören zu den wichtigsten Arten von Monitoren, die sich durch besondere Helligkeitseigenschaften von gewöhnlichen LCD-Monitoren („liquid crystal display“) unterscheiden (Elze, 2010). Vor allem in der Experimentalpsychologie, in der häufig mit visuellen Reizen gearbeitet wird,

ist es wichtig, diese im richtigen Zeitintervall zu präsentieren. Im Unterschied zu LCD-Monitoren verfügen CRT-Monitore über einen Elektronenstrahl, der sich im CRT befindet. Dieser durchsucht das Bildraster von Pixeln von links nach rechts, wobei die Durchsuchung ganz oben anfängt. Nachdem der Strahl das letzte Pixel, das ganz unten auf der rechten Seite liegt, überschritten hat, geht es wieder zurück bis zur obersten linken Stelle. Die Zeit, in der der Strahl zurückwandert, wird als „vertikale Bahn“ bezeichnet. Die Zeit, die zwischen zwei vertikalen Bahnen liegt, wird „Rahmen“ genannt. Die Dauer dieses Rahmens ist der Kehrwert der Bildwiederholrate des Monitors. Hauptaufgabe des Rahmens ist die Kontrolle über die Reizpräsentationen in Experimenten. Einzelne Stellen der CRT sind mit Phosphor bedeckt, deren Helligkeit bei Stimulation sofort ansteigt. Die SOF-Methode („sum of frames“), welche das Zusammenzählen von Rahmen während der Reizpräsentation bezeichnet, ist für CRT-Monitore nur dann geeignet, wenn die präsentierten Reize zeitlich hintereinander dargeboten werden, gemäß der SOA. Eine Alternative zur SOF wäre nach Robson (1998) gezielte Helligkeitsänderungen, die sich von physikalischen Zeitdauern, wie sie im SOF berechnet werden, unterscheiden. So könnte, nach Meinung von Robson (1998) die Helligkeit im letzten Rahmen halbiert werden, womit eine Antwort der Retina ausgelöst wird. Bridgeman (1998) schlägt eine andere, im weiteren Verlauf als „Bridgeman Modell“ bezeichnete Herangehensweise vor:

Dieses Modell berechnet die Dauer eines Reizes auf einem CRT-Monitor mithilfe SOF, subtrahiert davon einen einzelnen Rahmen und addiert die Auflösungszeit von Phosphor. Der Nachteil dieser Methode ist, dass die Dauer eines Reizes über die Zeit während der ein Signal sich von Null unterscheidet definiert wird. Dabei werden Änderungen in der Helligkeit dieser Zeit nicht berücksichtigt. Abschnittsverzögerungen zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Punkt auf dem Bildschirm werden zusätzlich vernachlässigt. Diese Verzögerungen haben allerdings bei der Präsentation eines einzelnen Rahmens eine große Bedeutung, da die Zeit, in der ein Bildschirm vom höchsten bis zum tiefsten Punkt aufgebaut wird, beinahe einen Rahmen beträgt. So ist ein Reiz, der im Rahmen i ganz unten dargeboten wird, zeitlich nahe an einen Reiz gereiht, der im Rahmen $i+1$ ganz oben präsentiert wird.

Ein Vorschlag wäre, die Dauer der Reizpräsentationen nur über die Anzahl der dargebotenen Rahmen zu definieren und die Angabe in Millisekunden ganz wegzulassen (Elze, 2010).

Alle Versuchspersonen saßen in einem Abstand von 64 cm vom Bildschirm entfernt und platzierten ihr Kinn auf einem eigens aufgestellten Kinnhalter um ihre Bewegungen auf ein Minimum zu reduzieren. Mithilfe von Matlab und der Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997; Kleiner, Brainard, & Pelli, 2007; Pelli, 1997) wurden die visuellen Reize hergestellt und präsentiert. Die Antworten, bei denen es nicht um die Geschwindigkeit sondern um die Richtigkeit ging, wurden anhand numerischer Tasten einer USB Computertastatur gegeben.

5.3 Stimuli:

In jedem einzelnen Durchgang hatten die Versuchspersonen die Aufgabe zwei farbige Reize hinsichtlich der Reihenfolge zu bewerten, in denen diese ihre Farbe änderten. Es gab fünf mögliche Farben, die alle in der gleichen Leuchtdichte auftraten. Für die Hälfte aller Versuchspersonen waren die CIE Lab Farbwerte von den fünf Farben für den ersten Monitor: rot 81.6/67.4, grün 63.8/-153.5, gelb - 69.6/56.8, violett -15.0/59.6 und blau 84.1/-77.0. Alle Leuchtdichten lagen zwischen 64.4 und 64.6 cd/m². Alle Werte wurden mithilfe eines EyeOne Pro Farbmessgeräts ermittelt (X-Rite Inc., Grand Rapids, MI, USA).

In jedem Durchgang konnten zwei farbige Kreise, die einen Durchmesser von 1° Blickwinkel hatten, an zwei von vier möglichen Stellen erscheinen.

Alle vier möglichen Stellen, an denen die Reize auftreten konnten, waren an den Endpunkten eines virtuellen Kreuzes platziert und hatten dieselbe Ausmittlung von 3° Blickwinkel. In der Mitte des Bildschirms erschien ein Fixationskreuz, auf das die Versuchspersonen ihren Blick richteten. Es gab wie bereits erwähnt vier mögliche Platzierungen der Reize: oberhalb des Fixationskreuzes, unterhalb des Fixationskreuzes sowie rechts oder links vom Fixationskreuz. Graue sogenannte „Platzhalter“-Reize (CIE Farbwerte für den ersten Monitor waren -3.1/-20.2 und für den zweiten Monitor -2.8/-23.3) die die gleiche Form, Größe und Leuchtdichte wie die anderen Reize hatten - ebenfalls zwischen 64.5 und 64.6 cd/m²- wiesen am Beginn jedes Durchgangs auf die vier möglichen Platzierungen der Reize hin. Die beiden Reize, die an den Platzierungen auftraten, an denen es keine Farb-

änderung gab, blieben während des gesamten Durchgangs grau. Es gab drei mögliche Optionen in denen die anderen beiden Reize ihre Farbe ändern konnten: einer der beiden Reize änderte zuerst seine Farbe, der andere Reiz änderte zuerst seine Farbe oder beide Reize änderten gleichzeitig ihre Farbe (Näheres im Abschnitt „Durchführung“ sowie Abbildungen 1,2 und 3). Der graue Hintergrund, der in jedem Ausschnitt und für die leeren Bildschirme zwischen den Reizausschnitten zu sehen war, hatte im ersten Monitor die Farbwerte -3.1/-24.7 und im zweiten Monitor -2.5/-29.1. Außerdem hatte er in beiden Monitoren eine Leuchtdichte von 81.6 cd/m².

5.4. Durchführung:

Nachdem von den Versuchspersonen eine schriftliche Einverständniserklärung unterschrieben wurde und sie den Ishihara Test machten um eine mögliche Rot-Grün-Sehschwäche auszuschließen, wurde vor Beginn der Testung noch ein Sehschärfetest durchgeführt. Anschließend wurde jede einzelne Versuchsperson, maximal konnten zwei Personen gleichzeitig getestet werden, instruiert. In 48 Probedurchgängen konnten sich die Teilnehmenden mit dem Experiment vertraut machen. Es gab insgesamt vier Durchgänge für alle zwölf Kombinationen. Ein Durchgang, sowohl in der asynchronen- synchronen, als auch in der synchronen Versuchsgruppe bestand aus insgesamt fünf Bildschirmen.

Drei Reizausschnitte wurden von zwei leeren Bildschritten getrennt. Jeder einzelne der fünf Bildschirme wurde für jeweils 12 ms gezeigt. In jedem Durchgang änderten sich die Farben der Reize in den drei Reizausschnitten.

In der synchronen Gruppe wurden ausschließlich synchrone Farbwechsel durchgeführt, wohingegen in der asynchronen- synchronen beide Arten von Farbwechsel stattfanden. Im ersten Reizausschnitt wurden graue Platzhalter-Reize, die sich auf allen vier möglichen Platzierungen befanden, gezeigt. Der zweite Reizausschnitt war derjenige, der asynchrone von synchronen Durchgängen unterschied.

In einem Durchgang der asynchronen Gruppe wechselte an dieser Stelle einer der vier Platzhalter-Reize seine Farbe. In der synchronen Gruppe wurden im zweiten Reizausschnitt beide Farbwechsel pseudo-randomisiert durchgeführt.

Im dritten, dem letzten Reizausschnitt, zeigten beide pseudo-randomisiert ausgewählten Platzierungen die zwei Reize in neuen Farben. (Näheres dazu siehe Abbildung 1, 2 und 3).

Der Bildschirm wurde schwarz, nachdem der dritte Reizausschnitt gezeigt wurde. 500 bis 800 ms nach jedem einzelnen Durchgang erklang ein Ton („pink noise“, der mithilfe des Programms „Matlab“ mit der speziellen „powernoise“ –Funktion unter www.maxlittle.net/software/powernoise.zip erzeugt wurde. Näheres dazu siehe Little, McSharry, Roberts, Costello und Moroz (2007). Dieser Ton, der durch Kopfhörer übermittelt wurde, zeigte den Versuchspersonen an nun zu antworten. Die Versuchspersonen hatten dann möglichst genau anzugeben, welcher Reiz ihrer Meinung nach zuerst seine Farbe geändert hatte oder ob beide Reize ihre Farben gleichzeitig geändert hatten. Durch Drücken der numerischen Tasten auf einer USB- Computertastatur konnten die Versuchspersonen ihre Antworten geben. Zuerst, um ihre Bereitschaft zu signalisieren nun antworten zu wollen, drückten sie die Taste 5. Waren sie der Meinung, der Reiz unterhalb des Fixationskreuzes änderte zuerst seine Farbe, mussten sie die Taste 2 drücken. Änderte der Reiz oberhalb des Fixationskreuzes zuerst seine Farbe, drückten sie die Taste 8.

Wenn sie meinten, der Reiz rechts neben dem Fixationskreuz änderte seine Farbe zuerst, hatten sie die Taste 6 zu drücken, war es ihrer Meinung nach der linke Reiz, der seine Farbe zuerst änderte, drückten sie die Taste 4. Waren sie sich unsicher, oder der Meinung, beide Reize hätten synchron ihre Farbe gewechselt, drückten sie in beiden Fällen erneut die Taste 5. Nachdem sie ihre Antwort eingegeben hatten, erhielten sie kein Feedback über die Richtigkeit ihrer Antwort, sondern der nächste Durchgang begann.

Hierfür trennte ein zeitlicher Abstand von 1800 bis 2200 ms die Antworteingabe vom nächsten Durchgang. An dieser Stelle sei anzumerken, dass die Versuchspersonen ihren Blick auf das Fixationskreuz gerichtet hatten, ganz im Sinne eines nicht-orthogonalen Antwortformats, das in diesem Experiment verwendet wurde. Anders als bei Spence & Parise (2010), die sich gegen die Anwendung eines nicht-orthogonalen Antwortformats ausgesprochen hatten, trafen deren Bedenken auf dieses Experiment nicht zu.

Die Autoren sprachen sich gegen ein Antwortformat aus, das nicht ausreichend zwischen der Unsicherheit einer Antwort und Aufmerksamkeitsmanipulation differenzierte. Um dies ein wenig ausführlicher zu erklären, hier ein Beispiel: Wenn die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen auf die linke Seite gelenkt wird und sie dann angeben soll, ob ein bestimmter Reiz zuerst links oder rechts aufgetreten ist. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird der Reiz, der links erscheint früher wahrgenommen als der rechte, dies ist allerdings nicht alleine auf einen Prior-Entry-Effekt zurückzuführen. Ein möglicher Grund für dieses Antwortverhalten ist unter anderem, dass, wenn Versuchspersonen unsicher sind, welcher von zwei Reizen zuerst aufgetreten ist, derjenige gewählt wird, in dessen Richtung die Aufmerksamkeit der Versuchsperson gelenkt wurde. Hier wird anstelle eines Prior-Entry-Effektes eine Tendenz in eine bestimmte Antwortrichtung sichtbar.

Wie bereits zuvor erwähnt, betrifft das Bedenken von Spence und Parise (2010) dieses Experiment nicht, da erstens die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen nicht manipuliert wurde und außerdem die Möglichkeit bestand, die Unsicherheit der Versuchsperson durch Drücken der Taste 5 zu signalisieren. Somit wurde ein wahrnehmungsgebundener Prior-Entry-Effekt gefördert.

In jedem Durchgang änderten zwei Reize wie erwähnt ihre Farbe an zwei von vier Platzierungen. Insgesamt waren sechs verschiedene Positionskombinationen realisierbar (siehe Abbildung 4).

Aus Sicht des EEG-Experiments, welches im Anschluss an das Verhaltensexperiment durchgeführt wurde, wurde besonders jenen Positionskombinationen besondere Beachtung geschenkt, bei denen mindestens ein Reiz auf der horizontalen Achse (entweder links oder rechts vom Fixationskreuz) lag, da gerade diese Positionen vermutlich zu einer aufmerksamkeitsauslösenden Aufteilung von Prozessen auf die rechte und linke Gehirnhälfte (= Lateralisation) des ERP führen.

Der Grund liegt in der stärkeren Aktivierung der N2PC-Komponente, die bereits am Anfang erklärt wurde. Insofern waren vier Platzierungen von besonderem Interesse: wenn beide Reize auf der horizontalen Achse lagen und die Platzierung damit „horizontal-horizontal“ war.

„Links-horizontal-vertikal“ sowie „rechts-horizontal-vertikal“ ermöglichten jeweils zwei Kombinationen. Die vier möglichen Reizplatzierungen, bei denen ein Reiz entweder oberhalb oder unterhalb des Fixationskreuzes lag und der andere Reiz entweder rechts oder links daneben wurden zu zwei Bedingungen zusammengefasst, da angenommen wird, dass ein Reiz der oben liegt, die gleiche Lateralisation auslösen kann wie ein Reiz der unten liegt. Das heißt, in der Bedingung „links-horizontal-vertikal“ lag ein Reiz links und der andere entweder oberhalb oder unterhalb des Fixationskreuzes. Dementsprechend befanden sich in der Bedingung „rechts-horizontal-vertikal“ ein Reiz rechts vom Fixationskreuz und der andere darüber oder darunter. Das Verhältnis beider Reizkombinationen in jeder der zwei Reizplatzierungen „rechts-horizontal-vertikal“ und „links-horizontal-vertikal“ blieb gleich. Im Gegensatz zur Bedingung „horizontal-horizontal“ war die Ausrichtung „vertikal-vertikal“ wegen des oben genannten Arguments für das anschließende EEG-Experiment von keinem besonderen Interesse. Nichtsdestotrotz wurde auch diese Bedingung in dieses und das EEG-Experiment eingeschlossen.

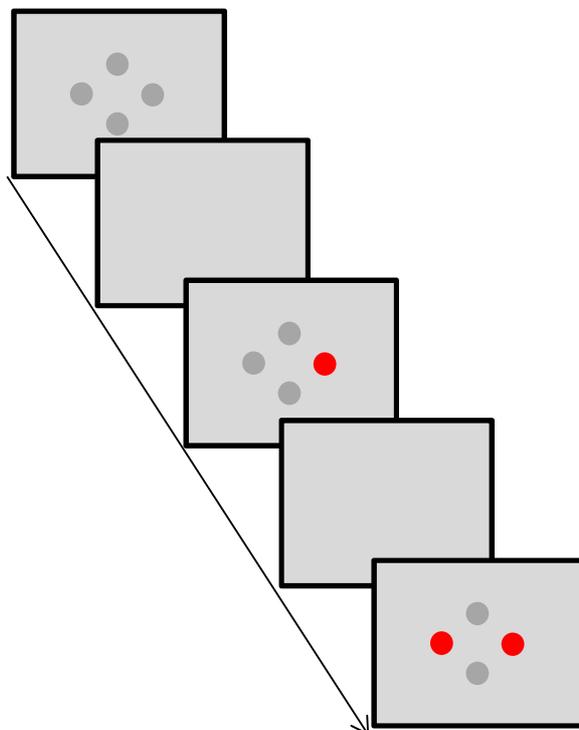


Abbildung 1 Asynchroner rechts-horizontal-horizontal Reiz. Es wurde kein Maßstab festgelegt.

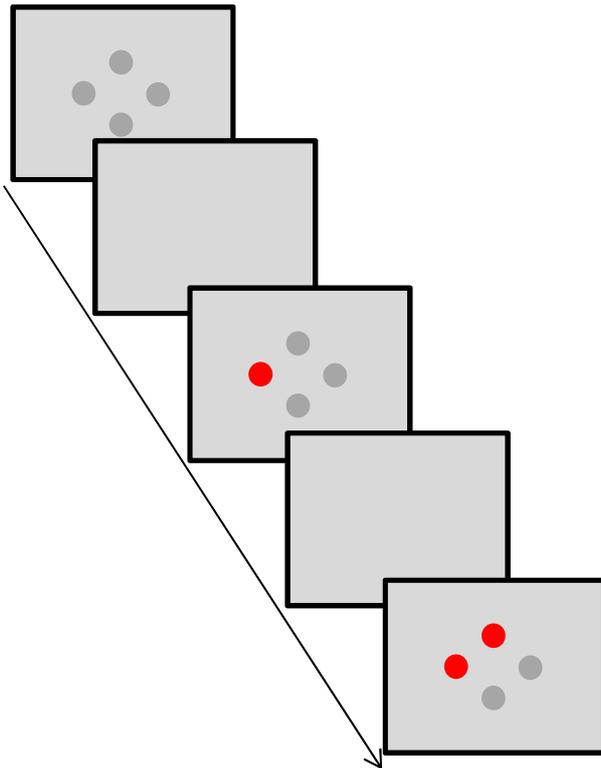


Abbildung 1 Asynchroner links-horizontal-vertikal Reiz. Es wurde kein Maßstab festgelegt.

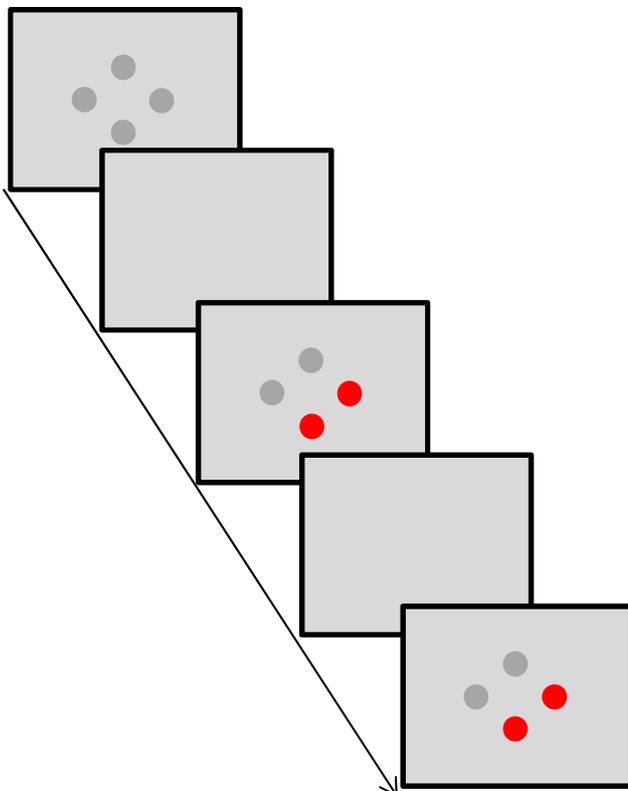


Abbildung 2 Synchroner rechts-horizontal-vertikal. Beide Reize treten gleichzeitig auf. Es wurde kein Maßstab festgelegt.

Die drei Stufen der zeitlichen Reihenfolge (1. asynchroner Reiz einer Farbe/ Platzierung zuerst, 2. asynchroner anderer Reiz/Platzierung zuerst und 3. synchrone Reize) wurden mit den vier Stufen der Reizplatzierungen kombiniert (1. horizontal-horizontal, 2. rechts-horizontal-vertikal, links-horizontal-vertikal und 4. vertikal-vertikal). Dies ergab schließlich zwölf Kombinationen. Um die Anzahl der Durchgänge zu minimieren wurden die irrelevanteren Kombinationen (asynchroner Reiz/ Platzierung zuerst, anderer asynchroner Reiz/Platzierung zuerst und die „vertikal-vertikal“- Durchgänge halbiert. Daraus ergab sich, dass die Versuchspersonen der synchronen Gruppe 80 Durchgänge an horizontal-horizontal Reizplatzierungen bearbeiteten und jeweils 40 Durchgänge für die Anordnungen „links-unten“, „links-oben“, „rechts-unten“, „rechts-oben“.

Die Versuchspersonen aus der asynchronen-synchronen Gruppe bearbeiteten gleich viele synchrone wie asynchrone-synchrone Durchgänge, wovon die eine Hälfte der Bedingung „asynchroner Reiz einer Farbe zuerst“ und die andere Hälfte der Bedingung „zweiter Reiz einer Farbe zuerst“ zuzuordnen war. Es wurde bereits erwähnt, dass die Durchgänge beider Versuchsgruppen pseudo-randomisiert verteilt waren.

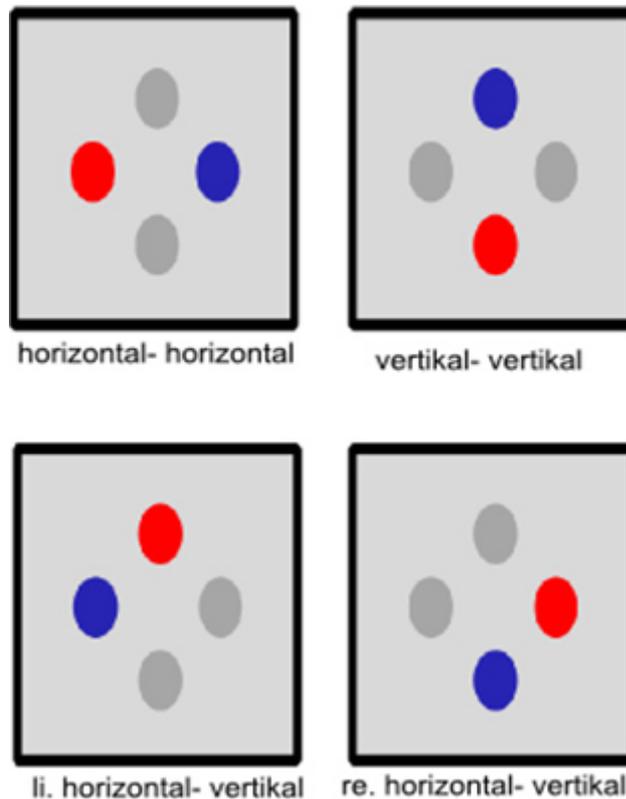


Abbildung 3 Ausgewähltes Beispiel der Anordnung von Hauptreizen. Keine Abbildung der Reizanordnung “links horizontal-vertikal unten” und “rechts horizontal-vertikal/oben”. Alle Anordnungen können in allen drei möglichen zeitlichen Bedingungen (asynchron –ein Reiz zuerst, asynchron- anderer Reiz zuerst oder synchrone Reize) auftreten. Außerdem können alle Anordnungen mit farbigen Reizen an anderen Stellen erscheinen. (Verweis auf Abbildungen 1,2 und 3 zur näheren Ausführung der zeitlichen Reihenfolge).

6. Ergebnisse:

Zwar gab es keine Annahmen hinsichtlich der verschiedenen Fehlerraten in den Versuchsgruppen, allerdings gab es die Hypothese, dass auch in der synchronen Versuchsgruppe Fehler gemacht werden würden, allerdings nicht so viele wie in der asynchronen-synchronen Versuchsgruppe, da wir davon ausgingen, dass nach einiger Zeit ersichtlich wäre, dass alle Reize tatsächlich nur synchron wären.

Bevor das Experiment tatsächlich startete, fanden drei Probetestungen statt. Der ersten Probe-Testperson wurden insgesamt 1120 Durchgänge präsentiert, die sie ohne Pause bewerten musste. Dieses Experiment dauerte knapp eine Stunde.

Nach Rücksprache mit dieser Versuchsperson wurden der zweiten und dritten Testperson 560 Durchgänge präsentiert, allerdings mit einer Pause zwischendurch, die eine Minute dauerte. Hier dauerte das Experiment nur noch halb so lang, also etwa 30 Minuten. Wie bereits erwähnt, begünstigten wir Fehlerdurchgänge, überraschend war allerdings, da bei diesen ersten drei Teilnehmern die Fehlerrate jeweils bei knapp 50% lag. Weiter konnte beobachtet werden, dass die Taste „2“ in beiden Versuchsgruppen im Vergleich zu den anderen Möglichkeiten sehr häufig gedrückt wurde. Beispielsweise bei der Reizanordnung: „links-oben“ sowie „links rechts“ wurde seitens der Versuchsteilnehmer häufiger mit „links“ geantwortet. Woran das nun tatsächlich lag, ob die Taste „2“ einfach griffbereiter war oder ob das doch eher dem Zufall entsprach, konnte nicht evaluiert werden. Wie bereits erwähnt, wurden insgesamt 25 Versuchspersonen getestet.

Von diesen 24 Personen, da ja eine Person aus der Auswertung ausgeschlossen wurde, bearbeiteten 12 Personen 277 Durchgänge mit ausschließlich synchronen Stimuli, die 12 anderen bearbeiteten sowohl 277 Durchgänge synchroner als auch 277 Durchgänge asynchroner- synchroner Reize.

Es wurde bereits erwähnt, dass, insgesamt 23 Personen getestet wurden, wobei eine Versuchsperson aus der synchronen Gruppe aus der Auswertung ausgeschlossen wurde, da sie nur einen Fehler gemacht hatte und somit zu einer Fehlerrate von 0.36% gelangte. Die anderen Versuchspersonen dieser Gruppe lieferten Fehlerraten zwischen 61.7% und 93.1%.

Nicht in die Statistik mit eingerechnet wurden jene Durchgänge, in denen Versuchspersonen den Antwortknopf (Taste 5) zu früh drückten oder darauf vergaßen die Taste 5 zu drücken bevor sie die richtige Platzierungstaste (Tasten 2,4,5,6 oder 8) drückten. Ebenfalls nicht mitgerechnet wurden Durchgänge, in denen Versuchspersonen eine Taste drückten, an deren Stelle auf dem Display überhaupt kein Farbwechsel stattgefunden hatte, dies betraf 2.1% aller Durchgänge.

Nun zu den Ergebnissen: Entgegen der Erwartung wurden in der synchronen Versuchsgruppe signifikant mehr Fehler gemacht, als in der zweiten Gruppe.

Mögliche Ursachen hierfür waren einerseits eine missverstandene Instruktion, andererseits eine zu schwere Aufgabenstellung.

Ein weiteres Ergebnis war das folgende: ob die Farbe „B“ als „zuerst aufgetreten“ bewertet wurde, hing primär davon ab, ob die Farbe „A“ ihren Ort geändert oder beibehalten hat- dies bezeichnet man als sogenannten Intertrial Effekt. Kurz gesagt: das Antwortverhalten eines Durchgangs hängt von der Antwort des vorigen Durchgangs ab. Gleichzeitig wird die Aufmerksamkeit auf Wiederholtes gelenkt, sprich: man erwartet, dass eine bestimmte Farbe im zweiten Durchgang wieder an derselben Stelle auftritt, wie im Durchgang zuvor.

Wie schon berichtet, wurden in der Gruppe, in der sowohl synchrone als auch asynchrone Reize präsentiert wurden, weniger Fehler gemacht was die Beurteilung der Reizen hinsichtlich ihrer zeitlichen Reihenfolge betrifft (53.4%) als in der Gruppe, in der ausschließlich synchrone Reize präsentiert wurde (75.8%). Ein Zweistichproben t-Test ergab für diesen Unterschied ein signifikantes Ergebnis von ($t(20) = -3.68, p < 0.01$). In der Gruppe, der ausschließlich synchrone Reize präsentiert wurde, gaben die Versuchspersonen zudem häufiger an, asynchrone Reize beobachtet zu haben als in der zweiten Versuchsgruppe. Zur Wiederholung: Versuchspersonen sollten die Taste 5 dann drücken, wenn sie a) der Meinung waren beide Reize änderten synchron ihre Farbe oder b) wenn sie nicht sicher waren, welcher von beiden Reizen seine Farbe zuerst geändert hatte. Wichtig ist hier zu erwähnen, dass die bereits erwähnte Fehlerrate aus jenen Fehlern bestand, die die Versuchspersonen machten, wenn sie sich in ihrem Urteil sicher waren.

Versuchspersonen in der zweiten Versuchsgruppe erhielten ebenfalls die Anweisung die Taste 5 zu drücken, wenn sie sich entweder unsicher waren oder meinten, beide Reize hätten synchron ihre Farbe geändert. Für diese Gruppe bestanden mehr Fehlermöglichkeiten. Fehler aus dieser Gruppe schlossen Unsicherheit bezüglich der zeitlichen Reihenfolge ein sowie fälschlicherweise als synchron beurteilte Reize.

Daraus ergibt sich, dass die Fehlerrate der asynchron- synchronen Gruppe im Gegensatz zur ausschließlichen synchronen Gruppe deutlich überschätzt wurde.

Sowohl die Instruktion, als auch die verschiedenen Antwortalternativen spielten hier wohl eine entscheidende Rolle. Scheinbar schon die Andeutung, dass es um die Beurteilung von Reizen hinsichtlich ihrer zeitlichen Reihenfolge ging, ließ die meisten Versuchspersonen darauf schließen, dass Reize nicht synchron erscheinen könnten.

6.1 Intertrial- Effekt der Platzierung:

Es bestand die Erwartung, Intertrial-Effekte der Platzierung einer Farbe in TOJ zu finden. Genauer gesagt wurde erwartet, einen Interaktionseffekt der Platzierung von Farbe A (wiederholt vs. von vorherigem auf nächsten Durchgang verändert) und einen Interaktionseffekt der Platzierung von Farbe B (wiederholt vs. von vorherigem auf nächsten Durchgang verändert) zu erhalten, abhängig davon, welche Farbe (A oder B) als „zuerst verändert“ beurteilt wurde. Intertrial Effekt bedeutet in diesem Sinne, dass eine Wechselwirkungen zwischen den sukzessiven Durchgängen besteht.

Bisherigen Forschungen zufolge gibt es Priming- Effekte der Aufmerksamkeit und der Orientierung hin zu der Stelle, wenn eine bestimmte Farbe in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen an der gleichen Stelle präsentiert wird.

In diesem Experiment würde sich ein solcher Effekt im Antwortverhalten manifestieren: die Farbe, die in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen an derselben Stelle erscheint, wird als die Farbe bezeichnet, die ihre Farbe als erstes geändert hat. Die Hypothesenprüfung erfolgte anhand der Daten aus der Versuchsgruppe, der nur synchrone Reize präsentiert wurde. Zur Berechnung wurde ein allgemeines lineares gemischtes Modell mit logarithmischer Funktion herangezogen. Diese wurde je nach Antwort an die Variablen „Farbe A zuerst (ja/nein)“ oder Farbe B zuerst (ja/nein)“ angepasst. Die Versuchspersonen wurden als Zufallsvariable betrachtet. Eine Versuchsperson wurde von der Auswertung ausgeschlossen, da es während dieser Testung aufgrund eines Programmfehlers keine Informationen zu den Farben in den verschiedenen Durchgängen gab. Der Vergleich der beiden fixen Effekte wurde folgendermaßen festgehalten: Platzierung von Farbe A (verändert minus wiederholt) und die Platzierung von Farbe B (verändert minus wiederholt).

Mithilfe des statistischen Programmes „R“ (R Core Team, 2013) und dem „Package lme4“ (Version 1.0-6, Bates, Maechler, Bolker, & Walker, 2013) wurden die Modelle berechnet. Für alle fixen Effekte und deren Korrelationen wurden Steigungen und zufällige Schnittpunkte berechnet.

Für beide Antwortvariablen „Farbe A zuerst (ja/nein)“ und „Farbe B zuerst (ja/nein)“ lautete die glmer-Formel: $\text{Antwort} \sim \text{OrtFarA} * \text{OrtFarB} + (\text{OrtFarA} * \text{OrtFarB} | \text{Versuchsperson})$, Familie = binomial.

Bis auf einen signifikanten Haupteffekt für die Platzierung von Farbe A (verändert minus wiederholt) im Verhältnis zu den Antworten von „Farbe B zuerst“ ($\beta = 0.39, \pm 0.21, z = 1.91, p = 0.06$) gab es keinen Beweis dafür, dass die gleiche Platzierung einen Einfluss auf das Urteil der zeitlichen Reihenfolge hat. Aus dem Ergebnis geht hervor, dass Versuchspersonen angaben, Farbe B hätte die Farbe im zweiten Durchgang zuerst geändert, wenn Farbe A die Stelle vom ersten auf den zweiten Durchgang geändert hatte ($\text{logit}^{-1}(-1.51) = 18.2\%$). Diese Effekte waren unabhängig davon, ob Farbe B seine Platzierung änderte oder nicht (siehe Tabelle 1). Weiter wurde eine ANOVA mit Messwiederholung mit den zwei Faktoren „Platzierung von Farbe A (wiederholt vs. verändert)“ und „Platzierung von Farbe B (wiederholt vs. verändert)“ und einer abhängigen Variable und dem mittleren Maß für die Antwortalternativen „Farbe A zuerst“ und „Farbe B zuerst“ für jeder einzelne Versuchsperson pro Bedingung gerechnet.

Diese Varianzanalyse ergab jedoch keinen signifikanten Effekt. Die Ergebnisse für die abhängige Variable „Farbe A zuerst“ ergaben alle $F(8) < 1.5$; für die abhängige Variable „Farbe B zuerst“ war der Haupteffekt der Platzierung von Farbe A $F(8) = 2.23, p = 0.17$. Die Interaktion von der Platzierung von Farbe A * Platzierung von Farbe B lautete $F(8) = 2.14, p = 0.18$. Der Haupteffekt der Platzierung von Farbe B hatte einen Wert von $F(8) < 1$.

Parameter	Schätzung	Std. Fehler	z-Wert	Pr(> z)
Intercept	- 1.308	0.220	- 5.950	0
PlatzierungFarbe A	0 .396	0.207	1.911	0.056
Platzierung Farbe B	0 .194	0.219	0.889	0.374
PlaFarA x PlaFarB	- 0.598	0.360	- 1.659	0.097

Tabelle 1 Koeffizienten der fixen Effekte für die Intertrial-Effekte der Platzierung von Farbe A (wiederholt vs. verändert) und der Platzierung von Farbe B (wiederholt vs. verändert) anhand der Wahrscheinlichkeit der Antwort „Farbe B zuerst“.

6.2 Intertrial- Effekte der Farbe, Urteil der zeitlichen Reihenfolge und Platzierung:

Eine weitere Annahme betraf die Beurteilung der zeitlichen Reihenfolge von zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen, auch hier sollte es, wie angenommen, Intertrial- Effekten geben. Die Hypothese lautete: wenn in Durchgang n-1 eine falsch geantwortet wird, (entweder Farbe A oder Farbe B als zuerst verändert beurteilen), würde dies zu einer fehlerbehafteten Aufmerksamkeit führen, infolgedessen im Durchgang n ähnlich geantwortet würde. Dieser Effekt würde dementsprechend ausfallen, je nachdem, ob die Farbe, der die Aufmerksamkeit im ersten Durchgang zugewandt wird, im nächsten Durchgang an derselben Stelle auftritt oder ob sie ihre Platzierung geändert hat. Diese Hypothesenprüfung erfolgte durch Aufstellen eines allgemeinen gemischten Modells mit einer zweistufigen Antwortvariablen. Die Durchführung glich der bereits oben Geschilderten. Der Unterschied zur bisherigen Durchführung lag in der Ausprägung der fixen Faktoren.

Es gab drei fixe Faktoren: 1. Antwort im Durchgang n-1 („Farbe A zuerst“ vs. „Farbe B zuerst“), 2. Platzierung derjenigen Farbe, auf die im Durchgang n-1 reagiert wurde (wiederholt vs. verändert) und der dritte Faktor war die Platzierung der Farbe auf die im Durchgang n-1 nicht reagiert wurde (wiederholt vs. verändert). Erneut wurden Kodierungen für die Unterschiedskontraste der verschiedenen Faktoren vorgenommen. Für den ersten Faktor lautete die Kodierung „Farbe A zuerst“ minus „Farbe B zuerst“, die Kodierung „wiederholt“ für den zweiten Faktor und „verändert“ für den dritten Faktor.

Wie auch zuvor wurden zwei Modelle für die beiden zweistufigen Variablen „Farbe A zuerst (ja/nein)“ und „Farbe B zuerst (ja/nein)“ aufgestellt.

Zur Berechnung dieser zwei Modelle dienten ausschließlich Durchgänge, denen die Urteile „Farbe A zuerst“ oder „Farbe B zuerst“ vorangegangen waren. Jene Durchgänge, in denen Urteile der Synchronität gefällt wurden, wurden aus der Berechnung ausgeschlossen. Davon betroffen waren 27.4% aller Fälle. Daraus ergab sich, dass jede Versuchsperson im Durchschnitt 195.7 ± 35.1 Durchgänge in diesem Modell ausmachte.

Wie in den Tabellen 2 und 3 ersichtlich ist, ergaben sich für die Variablen „Farbe A zuerst (ja/nein)“ und „Farbe B zuerst (ja/nein)“ die gleichen fixen Effekte.

Für das Modell von „Farbe A zuerst“ betrug der Haupteffekt für die Antwort im Durchgang $n-1$ $\beta = -0.48 \pm 0.22$, $z = -2.13$, $p < 0.05$. Das Ergebnis zeigt an, dass Versuchspersonen eher diese Antwortalternative wählten, wenn sie im vorherigen Durchgang ebenso geantwortet hatten (54.8%). Etwas geringer war das Resultat für „Farbe B zuerst“ (42.9%). Wie man an Abbildung 1A erkennen kann zeigt der Interaktionseffekt zwischen der Antwort im Durchgang $n-1$ * Platzierung der Farbe, der die Aufmerksamkeit zugewandt wird $n-1$ ($\beta = 1.20 \pm 0.52$, $z = 2.30$, $p < 0.05$) an, dass der Haupteffekt der Antwort im vorherigen Durchgang davon abhing, ob die Farbe, der man seine Aufmerksamkeit widmete, im nächsten Durchgang an der gleichen oder einer anderen Stelle erschien. Wurde in Durchgang $n-1$ die Antwort „Farbe A zuerst“ gegeben und trat sie im Durchgang n wieder an der gleichen Stelle an, lag die Wahrscheinlichkeit bei 58.9 %, dass auch in diesem Durchgang wieder die Antwort „Farbe A zuerst“ gewählt wurde. Im Gegensatz dazu lag die Wahrscheinlichkeit bei Farbe B im gleichen Fall bei 32.8%.

Umgekehrt verhielt es sich, wenn die Farben ihre Platzierung wechselten: Wurde im ersten Durchgang die Farbe A als „zuerst“ beurteilt und änderte dann ihre Stelle, sank die Wahrscheinlichkeit auf 50.6%, dass die Antwort „Farbe A zuerst“ gegeben wurde. Das Urteil zugunsten der Farbe B unter den gleichen Bedingungen stieg hier auf 53.7%. Da keine anderen Effekte zu beobachten waren, war der Intertrial Effekt nicht abhängig davon, ob die Farbe, die als „später auftretend“ beurteilt wurde, ihre Platzierung geändert hatte.

Für das Modell von „Farbe B zuerst“ kehrte sich die Richtung der Effekte um, wie man an den Tabellen 2 und 3 sehen kann. Dieses Ergebnis war nicht überraschend, da die abhängige Variable in diesem Fall „Farbe B zuerst (ja/nein)“ anstelle von „Farbe A zuerst (ja/nein)“ war.

Eine schwache Signifikanz für die Antwort im Durchgang n-1 ($\beta = 0.38 \pm 0.19$, $z = 1.97$, $p = 0.05$) zeigte an, dass die Wahrscheinlichkeit für die Antwort „Farbe B zuerst“ höher war, wenn die Antwort im vorherigen Durchgang die gleiche war (25.7%), die Wahrscheinlichkeit für Farbe A lag in diesem Fall bei 19.1%.

Wie auch schon beim vorherigen Modell, fand sich hier ein signifikanter Interaktionseffekt für die Antwort im Durchgang n-1 + Platzierung der Farbe, der die Aufmerksamkeit zugewandt wurde n-1 ($\beta = -1.16 \pm 0.44$, $z = -2.63$, $p < 0.01$). Wie auch in Abbildung 1B erkennbar, ist dieser Haupteffekt davon abhängig, welche Farbe im Durchgang n-1 als zuerst aufgetreten beurteilt wurde.

Veränderte die als erstes gewählte Farbe ihre Position nicht, waren Antworten zugunsten der Antwortalternativen „Farbe B zuerst“ wahrscheinlicher (28.9%) im Vergleich zu Durchgängen zugunsten der „Farbe A zuerst“ bei der die Wahrscheinlichkeit bei 13.5% lag. Änderte sich die Platzierung der Farbe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen, waren Antworten für „Farbe B zuerst“ weniger wahrscheinlich (22.7%) als für „Farbe A zuerst“ (26.4%). An dieser Stelle sei angemerkt, dass die beiden Modelle für „Farbe A zuerst (ja/nein)“ und „Farbe B zuerst (ja/nein)“ sich nicht vollständig ergänzen, da es wie erwähnt drei Antwortmöglichkeiten gab: „Farbe A zuerst“, „Farbe B zuerst“ und „Farben A und B synchron/ unsicher“.

Parameter	Schätzung	Std. Fehler	z- Wert	Pr(> z)
Intercept	-0.047	0.125	-0.374	0.708
Antwort n-1	-0.476	0.224	-2.128	0.033
Farbe n-1(darauf geantwortet)	0.265	0.194	1.362	0.173
Farbe n-1 (n. darauf geantw.)	0.191	0.172	1.105	0.269
Antw. n-1 x Far n-1 (geantw.)	1.203	0.523	2.300	0.021
Antw. n-1 x Far n-1 (n. geantw.)	0.603	0.462	1.304	0.192
Far n-1 geantw. x Far n-1 n.g.	-0.286	0.432	-0.663	0.508
Antw. n-1 x Far n-1 g. x Far n-1 n.g	-0.771	0.909	-0.849	0.396

Tabelle 2 Koeffizienten der fixen Effekte für die Effekte der Antwort aus Durchgang n-1 (Farbe A vs. Farbe B), Platzierung der Farbe, auf die im Durchgang n-1 nicht reagiert wurde (wiederholt vs. verändert) und die Interaktion aufgrund der Wahrscheinlichkeit der Antwort „Farbe A zuerst“.

Parameter	Schätzung	Std. Fehler	z. Wert	Pr(> z)
Intercept	-1.253	0.205	-6.128	0
Antwort n-1	0.379	0.193	1.956	0.049
Farbe n-1 (darauf geantwortet)	0.253	0.206	1.231	0.218
Farbe n-1 (n. darauf geantw.)	0.161	0.207	0.778	0.436
Antw. n-1 x Far n-1 (geantw.)	-1.162	0.442	-2.631	0.009
Antw. n-1 x Far n-1 (n. geantw.)	-0.512	0.475	-1.080	0.280
Far n-1 geantw. x Far n-1 n. g.	-0.494	0.490	-1.008	0.314
Antw. n-1 x Far n-1 g. x Far n-1 n. geantw.	0.536	0.718	0.746	0.456

Tabelle 3 Koeffizienten der fixen Effekte für die Effekte der Antwort aus Durchgang n-1 (Farbe A vs. Farbe B), Platzierung der Farbe, auf die im Durchgang n-1 nicht reagiert wurde (wiederholt vs. verändert) und die Interaktion aufgrund der Wahrscheinlichkeit der Antwort „Farbe B zuerst“.

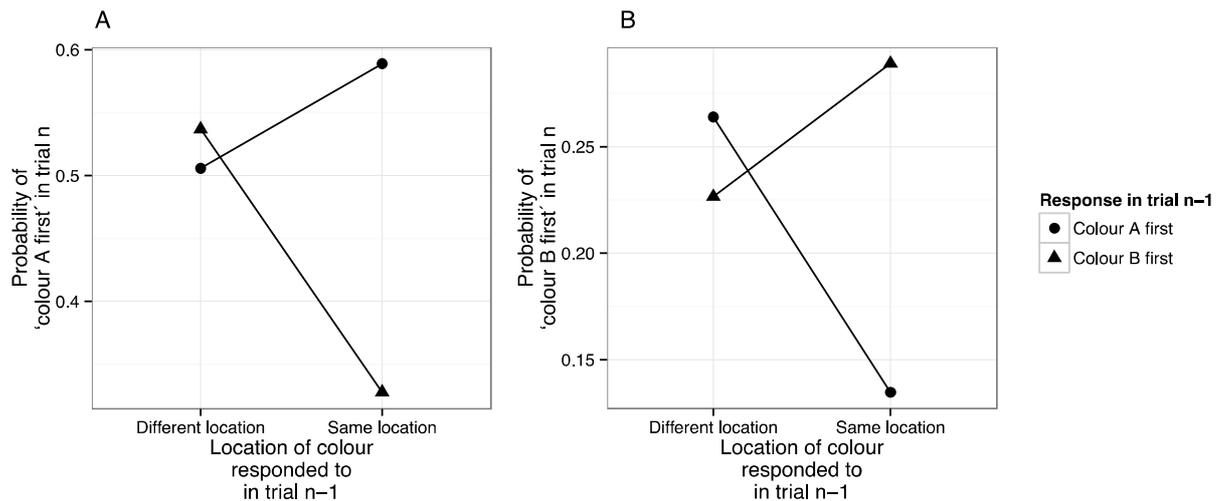


Abbildung 1 Intertrial-Priming-Effekt der Platzierung und der Beurteilung der zeitlichen Reihenfolge. Man erkennt die Interaktionseffekte der Antwort im Durchgang n-1 (Farbe A zuerst vs. Farbe B zuerst) und der Platzierung der Farbe, auf die man reagiert hat (wiederholt vs. verändert) in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen. In Abbildung 1A sieht man den Interaktionsaffekt in Bezug auf die Antwort „Farbe A zuerst“. Abbildung 1B beschreibt die Wechselwirkung für „Farbe B zuerst“. Die Berechnungen der zwei Schätzungen erfolgten anhand der Modellschätzungen für die fixen Effekte beider Interaktionsfaktoren (Verweis auf die Tabellen 1 und 2).

7. Diskussion und Ausblick:

Anhand der Datenanalyse lässt sich nur ein schwacher Intertrial-Priming-Effekt für die Platzierung der Farbe A (wiederholt vs. verändert) im Verhältnis zu den Antworten „Farbe B zuerst“ erkennen. Im Gegensatz dazu konnte kein Intertrial-Priming-Effekt für die Platzierung der Farbe B (wiederholt vs. verändert) im Verhältnis zu „Farbe A zuerst“ gefunden werden. Ein großer Effekt des Intertrial-Priming konnte dafür gefunden werden, wenn Farbe A in einem Durchgang zuerst ihre Farbe änderte, sie im darauffolgenden Durchgang wieder als zuerst verändert beurteilt wurde. Das Ergebnis lässt darauf schließen, dass Versuchspersonen ihr Antwortverhalten größtenteils beibehalten und einmal gegebene Antworten im nächsten Durchgang wiederholen.

Dieses Verhalten lässt stark auf eine Beeinflussung der Wahrnehmung schließen. Nur wenn ein Reiz wieder an der gleichen Stelle auftritt wie im Durchgang zuvor, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass er auch im darauffolgenden Durchgang wieder als „zuerst erschienen“ beurteilt wird. Im Gegensatz dazu macht es keinen Unterschied, ob ein Reiz, der im Durchgang „n-1“ seine Farbe als zweites gewechselt hat und dann im Durchgang „n“ seine Platzierung geändert hat. Kurz gesagt: wenn ein bestimmter Reiz von den Versuchspersonen als „zuerst verändert“ beurteilt wird, wird diesem Reiz im nächsten Durchgang besonders viel Aufmerksamkeit geschenkt.

Besonders spannend wäre es auch für die zukünftige Forschung, Prior-Entry-Effekte bei Menschen zu testen, die an neuropsychologischen Krankheiten leiden. Auf diesem Gebiet gibt es bisher nur wenig Erfahrung (z.B. Baylis, Simon, Baylis, & Roden, 2002; Berberovic, Pisella, Morris, & Mattingley, 2004). So hat man zum Beispiel räumliche Prior-Entry-Effekte in Aufgaben zur zeitlichen Reihenfolge gemessen. Bei den teilnehmenden Patienten zeigte sich, dass sie Probleme haben, sich solchen Reizen zuzuwenden, die sich auf jener Seite kontralateral zu ihrem Gehirnschaden befinden (oft betroffene Gehirnareale sind der superior temporale Cortex sowie der Parietallappen der rechten Gehirnhälfte). Das Problem in diesen Untersuchungen war, dass die Patienten, wenn sie sich unsicher waren, meistens auf den Reiz reagierten, der auf ihrer gut funktionierenden Seite platziert war.

Das hat gezeigt, dass es den Versuchspersonen schwer fiel, ihre Aufmerksamkeit auf die Seite zu lenken, die beeinträchtigt war. Doch dieser Effekt wurde nicht nur bei neurologischen kranken Menschen, sondern auch bei Gesunden entdeckt: In einem Experiment von Botvinick und Cohen (1998) in der ein taktiler Reiz präsentiert wurde, reagierten die Versuchspersonen, die durch die Gummihand-Illusion irritiert waren, langsamer, als wenn ein taktiler Reiz die andere Hand, die nicht „beeinträchtigt war“, traf. Die Gummihand-Illusion ist ein Versuch, bei dem eine Versuchsperson an einem Tisch sitzt und eine Hand auf den Tisch legt. Die zweite Hand liegt auf ihrem Oberschenkel. Anstelle der zweiten Hand liegt eine Gummihand auf dem Tisch. Werden die Hand auf dem Oberschenkel und die Gummihand synchron berührt, glauben Versuchspersonen, die Berührung auch in der Gummihand zu spüren.

8. Conclusio:

Die genannten Artikel wurden deshalb ausgewählt, da sie die Thematik gut repräsentieren und veranschaulichen. Da dieses Thema sehr komplex ist, wurde versucht, es von mehreren Seiten zu ergründen und auch kritisch zu betrachten. Durch die teilweise gegensätzlichen Ergebnisse wird es dem Leser ermöglicht, sich eine eigene Meinung über die bestmögliche Untersuchungsmethode zu machen. Allerdings ist die Forschung auf diesem Gebiet noch lange nicht abgeschlossen. Es ist klar ersichtlich, dass auf diesem Themengebiet mehrere vorherrschende Meinungen existieren. Es scheint noch keinen einstimmigen Konsens darüber zu geben, welche Faktoren unterschiedliches Antwortverhalten bedingen, beziehungsweise wie diese am besten voneinander zu trennen und entsprechend zu testen sind. Auch scheint es nicht ganz klar zu sein, ob die gleichen Mechanismen sowohl in uni- als auch bimodalen Untersuchungsmethoden wirken. Auch die Relevanz, die zentrale und periphere Hinweisreize spielen, ist noch nicht ganz klar definiert.

Auch bei diesem Experiment ging nicht ganz klar hervor, welche Mechanismen bei der Entscheidungsfindung prägend waren. Zur Diskussion steht, ob die hohe Fehlerrate in der synchronen Gruppe nicht möglicherweise durch die Instruktion „Reize hinsichtlich ihrer zeitlichen Abfolge zu bewerten“, provoziert wurde, da die Aufgabenstellung ja explizit darauf hinweist, dass Reize zeitversetzt präsentiert werden.

9. Danksagung:

Unterstützt wurde die Arbeit von der DFG-grant SCHA 1515/5, besonderer Dank gilt Ulrich Ansorge und Ingrid Scharlau.

10. Literaturverzeichnis:

- Ansorge, U., Kiss, M., Worschech, F., & Eimer, M. (2011). The initial stage of visual selection is controlled by top-down task set: new ERP evidence. *Attention, Perception & Psychophysics*, *73*(1), 113–122. doi:10.3758/s13414-010-0008-3
- Bates, D. M., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2013). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. Retrieved from <https://github.com/lme4/lme4/>
- Bausenhart, K. M., Rolke, B., & Ulrich, R. (2007). Knowing when to hear aids what to hear. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *60*, 1610-1615.
- Baylis, G. C., Simon, S. L., Baylis, L. L., & Roden, C. (2002). Visual extinction with double simultaneous stimulation: What is simultaneous? *Neuropsychologia*, *40*, 1027-1034.
- Berberovic, N., Pisella, L., Morris, A. P., & Mattingley, J. B. (2004). Prismatic adaptation reduces biased temporal order judgements in spatial neglect. *Neuroreport*, *15*, 1199-1204.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, *10*(4), 433–436. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9176952>
- Breitmeyer, B. G. (1984). *Visual masking: An integrative approach*. New York, USA: Oxford University Press.
- Bridgeman, B. (1998). Durations of stimuli displayed on video display terminals: $(n-1)/f$ plus persistence. *Psychology Science*, *9*, 232-233.
- Correa, A., Sanabria, D., Spence, C., Tudela, P., & Lupianez, J. (2006). Selective temporal attention enhances the temporal resolution of visual perception: Evidence from a temporal order judgment task. *Brain Research*, *1070*, 202-205.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, *134*(1), 9–21. doi:10.1016/j.jneumeth.2003.10.009
- Di Russo, F., Martinez, A., Sereno, M. I., Pitzalis, S. & Hillyard, S. A. (2002). Cortical sources of the early components of the visual evoked potential. *Human Brain Mapping*, *15*, 95-111.
- Dowdall, J. R., Luczak, A., & Tata, M. S. (2012). Neuropsychologia Temporal variability of the N2pc during efficient and inefficient visual search. *Neuropsychologia*, *50*, 2442–2453.

- Eimer, M. (1996). The N2pc component as an indicator of attentional selectivity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *99*, 225–34. doi:10.1016/0013-4694(96)95711-9
- Eimer, M., & Schröger, E. (1998). ERP effects of intermodal attention and cross-modal links in spatial attention. *Psychophysiology*, *35*, 313-327.
- Elze, T. (2010). Misspecifications of stimulus presentation durations in experimental psychology: A systematic review of the psychophysics literature. *PLoS ONE*, *5*(9): e12792. doi:10.1371/journal.pone.0012792
- Foxe, J.J & Simpson, G.V. (2002). Flow of activation from V1 to frontal cortex in humans. A framework for defining „early“ visual processing. *Experimental Brain Research*, *142*, 139-150.
- Geiger, M. (1903). Neue complicationsversuche [New complication studies]. *Philosophische Studien*, *18*, 347-436.
- Gomez Gonzalez, C. M., Clark, V. P., Fan, S., Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Sources of attention- sensitive visual event-related potentials. *Brain Topography*, *7*, 41-51.
- Hotting, K., Rosler, F., & Roder, B. (2003). Crossmodal and intermodal attention modulate event-related brain potentials to tactile and auditory stimuli. *Experimental Brain Research*, *148*, 26-37.
- Kleiner, M., Brainard, D., & Pelli, D. (2007). What's new in Psychtoolbox-3? In *Perception 36 ECVF Abstract Supplement* (p. 14).
- Little, M. A., McSharry, P. E., Roberts, S. J., Costello, D. A. E., & Moroz, I. M. (2007). Exploiting nonlinear recurrence and fractal scaling properties for voice disorder detection. *Biomedical Engineering Online*, *6*, 23. doi:10.1186/1475-925X-6-23
- Luck, S. J., Hillyard, S. A., Mouloua, M., Woldorff, M. G., Clark, V. P., & Hawkins, H. L. (1994). Effects of spatial cuing on luminance detectability: Psychophysical and electrophysiological evidence for early selection. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *20*, 887–904.
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1994). Priming of pop-out: I. Role of features. *Memory & Cognition*, *22*, 657–72. doi:10.3758/BF03209251
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1996). Priming of pop-out: II. The role of position. *Perception & Psychophysics*, *58*, 977–91. doi:10.3758/BF03206826
- McDonald, J. J., Teder-Sälejärvi, W., Di Russo, F., & Hillyard, S. (2005). Neural basis of auditory-induced shifts in visual time-order perception. *Nature Neuroscience*, *8*, 1197–202. doi:10.1038/nn1512

- Mollon, J.D., & Perkins, A.J. (1996). Errors of judgement at Greenwich in 1796. *Nature*, *380*, 101-102.
- Niemi, P., & Näätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, *89*, 133-162.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, *10*(4), 437–442.
- R Core Team. (2013). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <http://www.r-project.org>
- Repp, B. H., & Penel, A. (2002). Auditory dominance in temporal processing: New evidence from synchronization with simultaneous visual and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *28*, 1085-1099.
- Robson, T. (1998). Topics in computerized visual- stimulus generation. In: Carpenter RHS, Robson JG, eds. *Vision Research: A Practical Guide to Laboratory Methods*. Oxford: Oxford University Press. (pp 81-105).
- Rolke, B., & Hofmann, P. (2007). Temporal uncertainty degrades perceptual processing. *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*, 522-526.
- Schankin, A. (2005). *Wie entsteht visuelles Bewusstsein?: Eine EKP- Studie über den Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Bewusstsein* (1. Auflage). Göttingen, Deutschland: Cuvillier Verlag.
- Scharlau, I. (2004). Evidence against response bias in temporal order tasks with attention manipulation by masked primes. *Psychological Research*, *68*, 224-236.
- Schneider, K.A., & Bavelier, D. (2003). Components of visual prior entry. *Cognitive Psychology*, *47*, 333-366.
- Schroeder, C. E., Steinschneider, M., Javitt, D.C., Tenke, C. E., Givre, S.J., Mehta, A.D. (1995). Localization of ERP generators and identification of underlying neural processes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Suppl., *44*, 55-75.
- Seibold, V. C., Fiedler, A., & Rolke, B. (2011). Temporal attention shortens perceptual latency: A temporal prior entry effect. *Psychophysiology*, *48*, 708-717.
- Shore, D.I., Spence, C. & Klein, R.M. (2001). Visual prior entry. *Psychological Science*, *12*, 205-212.
- Spence, C., Nicholls, M.E., & Driver, J. (2001). The cost of expecting events in the wrong sensory modality. *Perception & Psychophysics*, *63*, 330-336.

- Spence, C., & Parise, C. (2010). Prior-entry: a review. *Consciousness and Cognition*, *19*, 364–79. doi:10.1016/j.concog.2009.12.001
- Spence, C., Shore, D.I., & Klein, R.M. (2001). Multisensory prior entry. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 799-832.
- Stelmach, L. B.& Herdman, C. M. (1961). Directed attention and perception of temporal order, *Journal of Experimental Psychology: Human*, *17*, 539-550.
- Sternberg, S., & Knoll, R. L. (1973). The perception of temporal order: Fundamental issues and a general model. In S. Kornblum (Ed.), *Attention and performance IV*, New York, USA: Academic Press. (pp. 629-685).
- Talsma, D., & Kok, A. (2001). Nonspatial intermodal selective attention is mediated by sensory brain areas: Evidence from event-related potentials. *Psychophysiology*, *38*, 736-751.
- Titchener, E. B. (1908). *Lectures on the elementary psychology of feeling and attention*. New York: MacMillian Company. Abruf von <http://ia600209.us.archive.org/6/items/lecturesonelemen00titchuoft/lecturesonelemen00titchuoft.pdf>
- Vibell, J., Klinge, C., Zampini, M., Spence, C., & Nobre, C. (2007). Temporal order is coded temporally in the brain: early event-related potential latency shifts underlying prior entry in a cross-modal temporal order judgment task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*, 109–20. doi:10.1162/jocn.2007.19.1.109
- Weiss, K., & Scharlau, I. (2011). Simultaneity and temporal order perception: Different sides of the same coin? Evidence from a visual prior entry study. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *64*(2), 394-416.
- Weiss, K., & Scharlau, I. (2012). At the mercy of prior entry: Prior entry induced by invisible primes is not susceptible to current intentions. *Acta Psychologica*, *139*, 54-64.
- Wolber, M., & Wascher, E. (2005). The posterior contralateral negativity as a temporal indicator of visuo-spatial processing. *Journal of Psychophysiology*, *19*, 182–194. doi:10.1027/0269-8803.19.3.182
- Woodrow, H. (1914). The effect upon reaction time of variation in the preparatory interval. In J. Angell, H. Warren, J. Watson, & S. Franz (Eds.), *The psychological monographs*. Princeton, New Jersey: Psychological Review Company. (pp. 16-65)
- Woodworth, R. S., & Schlossberg, H. (1961). *Experimental psychology* (revised edition). New York, USA: Holt, Rinehart and Winston.
- Zampini, M., Shore, D. I., & Spence, C. (2003). Audiovisual temporal order judgments. *Experimental Brain Research*, *152*, 198-210.

Zampini, M., Shore, D.I., & Spence, C. (2005). Audiovisual prior entry.
Neuroscience Letters, 381, 217-222.

Curriculum Vitae:

Persönliche Daten:

Name: Tanja El Etr
Geburtsort: Graz
Nationalität: Österreich

Schulische Ausbildung:

28.6.2007: Matura am BG Ursulinen, Graz
1999-2007: BG Ursulinen, Graz
1995-1999: Volksschule Ursulinen, Graz

Universitäre Ausbildung:

2009-2014: Diplomstudium Psychologie, Universität Wien
2008-2009: Bachelorstudium Wirtschaftsrecht, WU Wien
2007-2008: Bachelorstudium Bildungswissenschaften, Universität Wien

Sonstige (Berufs-) erfahrung:

Dezember 2012- März 2013: Pflichtpraktikum im Rahmen des Psychologiestudiums an der Kinder-und Jugendpsychiatrie am AKH Wien

Zusammenfassung:

Ziel der vorliegenden Studie war es, Titcheners These (1908), der zufolge beachtete Objekte schneller wahrgenommen werden als nicht beachtete, zu bestätigen. Zahlreiche Studien beschäftigten sich mit dieser Thematik (u.a. Spence & Parise, 2010; Zampini, Shore & Spence, 2003). Im Unterschied zu diesen Experimenten wurde in dieser Studie die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen nicht manipuliert. Ausgehend von der Annahme, dass bestimmte Reizeigenschaften oder die räumliche Anordnung von Reizen die Wahrnehmungsgeschwindigkeit beeinflussen kann, wurden den Versuchspersonen vier farbige Reize auf einem Computermonitor präsentiert, die sie hinsichtlich ihrer zeitlichen Reihenfolge bewerten sollten. Hierbei galt es zu entscheiden, ob zwei Reize ihre Farbe gleichzeitig oder zeitversetzt änderten. Es gab zwei Versuchsgruppen: der ersten wurden sowohl asynchrone als auch synchrone Reize präsentiert, der zweiten wurden ausschließlich synchrone Reize gezeigt. Durch Drücken der Taste 2 gab man an, der untere Reiz habe zuerst seine Farbe geändert. Taste 4 bedeutete, der linke Reiz sei der erste gewesen, der seine Farbe geändert hatte. Drückte eine Versuchsperson die Taste 5, signalisierte sie damit ihre Bereitschaft nun antworten zu wollen, nochmaliges Drücken ebendieser Taste zeigte, dass sie sich entweder unsicher war oder dass beide Reize synchron ihre Farbe geändert hatten. Wurde die Taste 6 gedrückt, bedeutete dies, dass nach Meinung der Versuchsperson der rechte Reiz zuerst seine Farbe geändert hatte. Schließlich zeigte das Drücken der Taste 8 an, dass der obere Reiz seine Farbe zuerst geändert hatte. Das Ergebnis der Auswertung der insgesamt 23 Versuchspersonen war Folgendes: in der synchronen Versuchsgruppe wurden signifikant mehr Fehlurteile abgegeben. Mögliche Ursachen sind zum Beispiel eine missverstandene Instruktion sowie eine zu komplexe Aufgabenstellung.

Weiter zeigte sich folgendes Ergebnis: das Antwortverhalten eines Durchgangs hängt von der Antwort des vorigen Durchgangs ab. Gleichzeitig wird die Aufmerksamkeit auf Wiederholtes gelenkt, sprich: man erwartet, dass eine bestimmte Farbe im zweiten Durchgang wieder an derselben Stelle auftritt, wie im Durchgang zuvor. Dies wird als Intertrial Effekt bezeichnet. So zeigt sich, dass die Wahrnehmung in gewisser Weise beeinflusst wird.

Dieses Experiment lieferte den deutlichen Beweis, dass einmal angewandtes Antwortverhalten im darauffolgenden Durchgang beibehalten wird.