



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Visuelles Prior Entry–eine EEG Studie

verfasst von

Mag. sc. hum. Esther Drexler, BEd.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl: A 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreut von: Univ.- Prof. Dr. Ulrich Ansorge



„Wir sehen die Dinge nicht wie sie sind, sondern wie *wir* sind.“

Talmud



### **Zusammenfassung**

Die Verarbeitung und neuronale Abbildung zeitlicher Ereignisse ist seit Längerem sowohl eine psychologische Frage, wie auch das Phänomen Zeit selbst und ihre Wahrnehmung in der Philosophie seit der Antike bis heute Diskurse angeregt haben. Vor mehr als einem Jahrhundert beschäftigte sich Edward Bradford Titchener (1908) mit Gesetzen der Aufmerksamkeit und postulierte die Existenz des Prior Entry Effekts, welcher besagt, dass beachtete Reize schneller neuronal verarbeitet werden als unbeachtete. Zunächst wurde Prior Entry in Verhaltensexperimenten untersucht. In weiterer Folge zog man hirnpfysiologische Methoden wie EEG heran, um Aussagekraft und Exaktheit zu erhöhen. Mehrere Untersuchungen, die Prior Entry analysierten, lieferten widersprüchliche Ergebnisse. Folgende Arbeit beschäftigt sich zunächst mit grundlegenden Begriffen zur Erforschung von Prior Entry sowie den neurologischen Grundlagen der visuellen Reizverarbeitung. Danach wird auf Komponenten im EEG eingegangen. Anschließend an den theoretischen Hintergrund werden Methodik und Ergebnisse des unimodalen visuellen EEG-Experiments erörtert. Den Abschluss bildet eine Diskussion mit anschließender Conclusio.

Schlüsselwörter: Prior Entry, EEG, Wahrnehmung, verdeckte Aufmerksamkeit

### **Abstract**

The question of how timing processes play a role with regard to perception and neuronal mechanisms is a topic that not only psychologists have been interested in. Since ancient times, philosophers have discussed the phenomenon of time and the question of whether we have a special awareness or sense of it. More than a century ago, Edward Bradford Titchener (1908) set his focus on exploring attention and alertness and their potential impact on our perception. Titchener (1908) postulated the existence of an effect called Prior Entry, suggesting that neuronal information processing is quicker once a person pays attention to, or expects a stimulus. In early days, behavioural settings were state of the art, while later on, scientific methods such as EEG served to make test results more significant and precise. The phenomenon of Prior Entry has been analysed in several studies, and results have been contradicting. This paper focuses on basic terms for exploring Prior Entry and on the neurological background of visual processing in our brain. The theoretical background, as well as the method and results of this unimodal visual EEG-experiment, are discussed and interpreted.

**Keywords:** Prior Entry, EEG, perception, covert attention

## Inhaltsverzeichnis

Einführung .....	9
Historischer Hintergrund .....	9
Definition von Prior Entry .....	9
Behaviorale Experimente .....	10
Simultan- und Reihenfolgeurteile.....	10
Empfundene Simultanität und wahrnehmbare Differenz .....	12
Unsichere Urteile.....	13
Synchrone und asynchrone Versuchsbedingungen .....	13
Uni- und multimodale Settings.....	13
Aufmerksamkeit .....	14
Arten der Aufmerksamkeitsverlagerung .....	15
Hinweisreize .....	16
Zeitliche Aufmerksamkeit .....	17
Aufmerksamkeit und Reizverarbeitung.....	17
Orthogonales Design .....	18
Intertrial Effekt .....	19
Komplexe Settings.....	20
Hirnhysiologische Korrelate.....	21
Sehbahn .....	21
Ermittlung ereigniskorrelierter Potentiale .....	22
Frühe Komponenten im EEG .....	23
EEG Studien zu Prior Entry .....	24
Fehlerquellen und Kritik.....	27
Ziele und Fragestellungen der aktuellen Studie .....	28
Hypothese schnellerer Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeitszuwendung....	28

Hypothese der Unterdrückung nicht beachteter Reize .....	28
Methode .....	29
Behaviorale Vorstudie .....	29
Kurzbeschreibung .....	29
EEG-Studie .....	30
Versuchspersonen .....	30
Apparat .....	30
Reizvorgabe .....	31
Ablauf .....	32
EEG-Aufzeichnung .....	36
Datenanalyse und Datenauswertung .....	37
Ergebnisse .....	39
Intertrial Effekte .....	40
Verallgemeinertes lineares gemischtes Modell .....	40
EEG-Studie .....	43
Schnellere Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeitszuwendung .....	44
Unterdrückung nicht beachteter Reize .....	46
Diskussion .....	48
Conclusio .....	52
Literatur .....	53
Abbildungsverzeichnis .....	59
Tabellenverzeichnis .....	60
Anhang .....	61

## **Einführung**

Sinneswahrnehmungen sind in unserem Leben allgegenwärtig. Einige genießen, andere empfinden wir als unangenehm oder schmerzlich, manche suchen oder wiederum meiden wir. Ihre Erforschung und die Analyse damit verbundener und zusammenwirkender ablaufender biologischer und neurologischer Prozesse interessiert PsychologInnen schon seit Langem. Wir werden uns unserer Sinneseindrücke im Alltag mitunter bewusst, oft aber auch nicht. Dabei widmen wir uns ihnen gezielt, jedoch wirken Reize auch auf uns ein, wenn wir nicht absichtlich unsere Aufmerksamkeit darauf richten. Doch macht dies Unterschiede in unseren Wahrnehmungsprozessen? Hat Aufmerksamkeit eine Auswirkung auf die Verarbeitung und Wahrnehmung von Sinneseindrücken? Schon seit geraumer Zeit beschäftigen sich WissenschaftlerInnen mit dem Thema Aufmerksamkeit.

## **Historischer Hintergrund**

Forschungen zu Wahrnehmung und Aufmerksamkeit datieren zurück ins 19. Jahrhundert, als sich die Psychologie als eigenständige wissenschaftliche Disziplin aus ihrem medizinisch-physiologischen und philosophischen Umfeld abzukapseln begann. Hermann von Helmholtz (1867), Franz Brentano (1874) und Wilhelm Wundt (1896) gelten als Vorreiter auf ihrem Gebiet. Im ersten Institut für experimentelle Psychologie, dem Labor Wundts in Leipzig, wurden erste Versuche zum Thema Aufmerksamkeit durchgeführt (Schneider & Bavelier, 2003). Geiger (1903) untersuchte in seinem Pendel-Experiment die Wahrnehmung der Position des Kolbens eines Metronoms durch Versuchspersonen. Dabei wurden einerseits visuelle, andererseits auditive Hinweisreize gegeben, was zu unterschiedlich exakten Reizurteilen je nach sensorischer Modalität führte (Vibell, Klinge, Zampini, Spence, & Nobre, 2007).

In weiterer Folge erstellte Titchener (1908) sieben fundamentalen Gesetze der Aufmerksamkeit. Das vierte Gesetz beschäftigt sich mit Prior Entry.

## **Definition von Prior Entry**

Titchener (1908) formulierte jenes kurze Zeitintervall zwischen der sinnlichen Wahrnehmung eines Reizes und dessen Bewusstwerdung als abhängig vom Fokus der Aufmerksamkeit einer Person. Aufmerksamkeit bedingt nach Ansicht Titcheners (1908), dass Reize zeitlich früher verarbeitet werden, als Reize, denen keine Aufmerksamkeit geschenkt wird. Diese–allein auf vorangehende Aufmerksamkeit basierende schnellere Reizverarbeitung

noch bevor der Reiz ins Bewusstsein gelangt–wird *Prior Entry* genannt. Hier ein Beispiel, den visuellen Bereich betreffend:

Wird ein Lichtreiz erwartet, weil zuvor am gleichen räumlichen Ort ein Lichtreiz als Hinweisreiz zu sehen war, der die Aufmerksamkeit in diese Richtung gelenkt hat, so erfolgt unter der Annahme von Prior Entry die Verarbeitung nun in einem kürzeren Zeitraum.

Wie später erörtert wird, bezieht sich Prior Entry nicht nur auf visuelle Sinneseindrücke. Auch die Fokussierung der Aufmerksamkeit kann auf im nachfolgenden Text erwähnte unterschiedliche Arten erfolgen. Ob Prior Entry tatsächlich existiert oder nicht, wurde zahlreich, mit unterschiedlichen Methoden und auch einander widersprüchlichen Ergebnissen–die einerseits für, aber auch gegen Prior Entry sprechen–untersucht.

### **Behaviorale Experimente**

Der Zugang in Verhaltensexperimenten zu Prior Entry erfolgt hauptsächlich über Urteile von Versuchspersonen zur zeitlich wahrgenommenen Abfolge von Reizdarbietungen (Spence & Parise, 2010; Schneider & Bavelier, 2003). Die gebräuchlichsten Untersuchungsmethoden sind Reihenfolgeurteile oder *TOJ* (von engl.: temporal order judgements) und Simultanurteile oder *SJ* (von engl.: simultaneity judgements).

#### **Simultan- und Reihenfolgeurteile**

TOJ dienen nach Spence und Parise (2010) zur Ermittlung der zeitlichen Sequenz einer Reizdarbietung. Die Versuchsperson muss entscheiden, welcher Stimulus zuerst oder auch nachfolgend (Shore, Spence, & Klein, 2001) aufgetreten ist. Dabei geht es um die Korrektheit der Antwort der ProbandInnen und nicht darum, wie schnell diese erfolgt. Ein Beispiel aus dem visuellen Bereich wäre, welcher zweier dargebotener Lichtreize von der Versuchsperson als zuvor–oder auch dem anderen nachfolgend–wahrgenommen wurde.

Die Reize werden mit einer Spanne an zeitversetzter Reizdarbietung oder *SOA* (von engl.: stimulus onset asynchrony) präsentiert. Dieses Intervall oder SOA kann konstant mit gleichen Zeiten erfolgen (Spence, Shore, & Klein, 2001). Beispielsweise träte hier ein gegebener Reiz nach einer konstanten Zeitspanne von Millisekunden nach einem zuvor dargebotenen Reiz auf. Eine andere Möglichkeit wären variable SOAs (Stelmach & Herdman, 1991; Zampini, Guest, Shore, & Spence, 2005a). Hier unterscheiden sich die Intervalle zwischen den Reizen, hier die beispielhafte Illustration: Nun wird erneut ein Reiz nach einem

zuerst erfolgten Reiz dargeboten, allerdings wird die Zeitspanne des Intervalls zum zweiten Reiz verändert.

Neben TOJ kommen aber nach Spence und Parise (2010) auch SJ zur Anwendung. In diesen Bedingungen gibt die Person an, ob Reize gleichzeitig oder nicht präsentiert wurden. Genau gesagt geht es um die Korrektheit des Wahrnehmungsurteils der Person, ob die Reize von ihr als gleichzeitig interpretiert werden, oder ob sie diese als sukzessiv beobachtet hat. Es handelt sich also in SJ Aufgaben um gewahrte Gleichzeitigkeit oder Ungleichzeitigkeit in der Reizwahrnehmung. Um bei einem Beispiel aus dem visuellen Bereich zu bleiben–die Versuchsperson beurteilt, ob zwei Lichtreize gleichzeitig erfolgten oder sie sich nacheinander ereignet hätten.

In einigen Versuchen kommen Kombinationen von TOJ und SJ zur Anwendung (Stelmach & Herdman, 1991; Stone, 1926; Zampini et al., 2007). Dabei müssen Personen bewerten, ob Reize gleichzeitig dargeboten wurden, oder–wenn nicht–welcher vorher beziehungsweise nachher erfolgt wäre. Die Literatur spricht hier von dreifachen Antwortaufgaben (engl.: ternary-response tasks). ForscherInnen erwarteten hier durch diese kombinierte Variante, mit der Möglichkeit zwischen allen Optionen zu wählen, die genauesten Antworten (Spence & Parise, 2010). Jedoch zeigte sich der unerwünschte Effekt, dass Personen im Zweifelsfall–bei Unsicherheit in ihren Urteilen–eher zur Antwort der Simultanität tendierten (Schneider & Bavelier, 2003), und es kam zu Verzerrungen.

Es ist auch unklar, ob TOJ und SJ tatsächlich überhaupt gleiche Effekte messen würden (Spence & Parise, 2010), da stärkere Prior Entry Effekte in TOJ Studien als in SJ Studien verzeichnet werden konnten (Schneider & Bavelier, 2003; Shore et al., 2001; Stelmach & Herdman, 1991; Van der Burg, Olivers, Bronkhorst & Theeuwes, 2008; Zampini, Shore, & Spence, 2005b). Dieser Effekt wird nach Schneider und Bavelier (2003) mit Antwortfehlern der ProbandInnen aufgrund der Anweisung zu Reihenfolgeurteilen–welcher der Reize zuerst erfolgt wäre–in Verbindung gebracht. Shore et al. (2001) schlagen vor, dem Problem damit zu begegnen, auch Urteile, welcher Reiz nicht zuerst, sondern nachfolgend wäre, zu erheben. Aus beiden Antwortkategorien sollte dann ein Mittelwert gebildet werden, wodurch sich die Antworteffekte nun ausgleichen würden. Für Schneider und Bavelier (2003) und Zampini et al. (2005b) wäre trotzdem die sicherste Variante, statt mit TOJ, generell mit SJ Urteilen zu forschen. Möglicherweise würden dabei Prior Entry Effekte im Ausmaß geringer ausfallen. Bei dennoch signifikanten Ergebnissen wären SJ Studien nach Schneider und Bavelier (2003) und Zampini et al. (2005b) allerdings frei von Antwortfehlern. Personenbezogene Größen zur

Beurteilung von Reihenfolgen in der Reizwahrnehmung durch eine Versuchsperson sind subjektiv empfundene Simultanität und wahrnehmbare Differenz.

### **Empfundene Simultanität und wahrnehmbare Differenz**

Ein weiterer wichtiger Parameter im Zusammenhang mit Prior Entry ist nach Spence und Parise (2010) der Punkt der subjektiv empfundenen Simultanität oder *PSS* (von engl.: point of subjective simultaneity). Dieser *PSS* beschreibt die Dauer des kurzen Zeitintervalls oder der *SOA*, in dem ein/e ProbandIn einander zeitlich tatsächlich nachfolgende Stimuli dennoch als vermeintlich gleichzeitig wahrnimmt. Als Beispiel sei genannt, dass zwei Reize mit derart kurzer *SOA* dargeboten werden, dass die Versuchsperson sie als dennoch gleichzeitig beurteilt. Seibold, Fiedler und Rolke (2011) erkennen in Prior Entry eine Verschiebung des *PSS*. Diese Verschiebung lässt sich folgendermaßen illustrieren: Wenn–so wie es Prior Entry hypothetisch formuliert–Aufmerksamkeit eine schnellere Reizverarbeitung generieren sollte, dann müsste ein unbeachteter Reiz theoretisch eine gewisse Zeitspanne vor einem beachteten Reiz präsentiert werden, um von der Versuchsperson als gleichzeitig oder synchron wahrgenommen zu werden. Vibell et al. (2007) untermauern die Prior Entry Theorie mittels *PSS* in einer anderer Herangehensweise folgendermaßen: In der multimodalen Versuchsanordnung werden sowohl ein taktiler als auch ein visueller Zielreiz geboten. Es zeigte sich, dass der visuelle Zielreiz mit einer gewissen *SOA* vor dem taktilen Reiz gebracht werden musste, um dennoch von der Versuchsperson als gleichzeitig wahrgenommen zu werden. Es war also aufgrund der Physiologie der unterschiedlichen Reizmodalitäten ein Intervall zwischen den beiden Zielreizen nötig, um bei dem/der ProbandIn *PSS* zu erzielen. Wurde zuvor die Aufmerksamkeit allerdings auf visuelle Reize gelenkt, dann konnte das Intervall zwischen dem visuellen und dem taktilen Zielreiz kürzer sein, um dennoch bei den beiden Zielreizen die Empfindung der Gleichzeitigkeit zu erzielen.

Eng im Zusammenhang mit dem *PSS* steht die gerade noch wahrnehmbare Differenz oder *JND* (von engl.: just notable difference). Dies ist jenes Intervall zwischen der Darbietung von zwei aufeinanderfolgenden Reizen, bei dem eine verzögerte Darbietung des zweiten Reizes gerade noch als solche erkannt wird. Wäre die *SOA* zwischen beiden gegebenen Reizen kürzer, würde die Versuchsperson die gegebenen Reize wiederum als gleichzeitig empfinden. Nicht immer ist die Entscheidung für eine Versuchsperson eindeutig zu treffen, mitunter spielt auch Unsicherheit eine Rolle.

### **Unsichere Urteile**

Im Kontext von PSS gibt es ein Intervall, bei dem den ProbandInnen die Beurteilung der zeitlichen Reihenfolge gegebener Reize schwer fällt. Es herrscht hohe Unsicherheit über die Gleich- oder Ungleichzeitigkeit der erfolgten Reizdarbietung (Weiß & Scharlau, 2011). Dabei gehen Stelmach und Herdman (1991) sowie Shore et al. (2001) noch einen Schritt weiter und mutmaßen, dass Versuchspersonen bei subjektiver Unsicherheit dazu tendieren würden, Reize als simultan zu bewerten. Somit würden ProbandInnen, die sie sich nicht ganz sicher über die zeitliche Abfolge der Reize wären, eher die Antwort der Gleichzeitigkeit wählen, als ein Urteil darüber abzugeben, welcher Reiz zuerst erfolgt wäre. Daher würden die Aussagen der Versuchspersonen durch deren Unsicherheit verfälscht. Abgesehen von personenbezogenen Größen spielt auch die Art der Reizdarbietung eine Rolle.

### **Synchrone und asynchrone Versuchsbedingungen**

Analog zu TOJ und SJ Bedingungen, bei denen es um die Wahrnehmung der Versuchsperson hinsichtlich der Reizabfolge geht (Spence & Parise, 2010), besteht in Versuchen mit *synchroner* beziehungsweise *asynchroner* Bedingung (McDonald, Teder-Sälejärvi, Di Russo, & Hillyard, 2005; Zampini et al., 2005b) tatsächlich ein Unterschied in der Reizdarbietung. In einer synchronen Anordnung werden Reize exakt zum gleichen Zeitpunkt präsentiert, dagegen erfolgt die Darbietung der Reize in einer asynchronen Bedingung zeitversetzt. In beiden Fällen ist die Terminologie jedoch strikt auf die Darbietung der Reize beschränkt, und unabhängig davon, wie die ProbandInnen die Reizabfolgen wahrnehmen. So könnte eine synchrone Reizvorgabe mit zwei gleichzeitig präsentierten Reizen von der Versuchsperson fälschlicherweise als asynchron interpretiert werden. Beispielsweise werden zwei Lichtreize gleichzeitig präsentiert, der beachtete Reiz von dem/der ProbandIn jedoch als vorangehend wahrgenommen. Theoretisch könnte–wenn dem vermeintlich schnelleren Reiz zuvor tatsächlich Aufmerksamkeit geschenkt wurde–die falsche Interpretation der Vorzeitigkeit das Resultat eines Prior Entry Prozesses darstellen. Nun Genaueres zur Reizdarbietung.

### **Uni- und multimodale Settings**

Zur Untersuchung von Prior Entry werden Versuchspersonen Sinnesreize dargeboten. Mitunter handelt es sich um visuelle (Vibell et al., 2007; Schneider & Bavelier, 2003), aber auch auditive (Zampini et al., 2005b) und taktile (Spence et al., 2001) Reize. In vielen Studien findet sich ein *multimodales* (Vibell et al., 2007; Spence et al., 2001; Zampini et al., 2005b)

Design. Hier kommen mehrere Sinnesmodalitäten zum Einsatz. Beispielsweise lenkt in einem multimodalen Design ein Geräusch als auditiver Hinweisreiz die Aufmerksamkeit in eine Richtung, etwa nach rechts. Anschließend werden sowohl rechts und links visuelle Zielreize geboten (McDonald et al., 2005). In anderer Form wird beispielsweise ein visueller Hinweisreiz geboten und als Zielreize fungieren dann ein visueller und ein auditiver Reiz (Zampini et al., 2005b). In beiden Fällen handelt es sich um ein orthogonales Design, welches später näher erläutert wird.

In einem *unimodalen* Design wird nur eine Sinnesmodalität angesprochen (Schneider & Bavelier, 2003). So kann beispielsweise in einem unimodalen visuellen Setting ein Richtungspfeil als Hinweisreiz dienen, gefolgt von zwei oder mehreren visuellen Zielreizen (Schneider & Bavelier, 2003). Eine andere Möglichkeit auf visueller Ebene wären mehrere leere Platzhalter, bei denen in einer asynchronen Versuchsbedingung zuerst bei einem Platzhalter ein Leuchtpunkt als Hinweisreiz aufleuchtet, bevor dann bei mehreren oder allen Platzhaltern Leuchtpunkte zu sehen sind (Schneider & Bavelier, 2003). Zur Aufmerksamkeitslenkung durch Hinweisreize erfolgt später eine genauere Erläuterung, wie überhaupt das Thema Aufmerksamkeit den zentralen Kern der Erforschung von Prior Entry darstellt.

### **Aufmerksamkeit**

Die vorausgehende, auf einen Reiz gerichtete Aufmerksamkeit–unter der Annahme, dass dieser dadurch schneller verarbeitet wird (Titchener, 1908)–ist die Grundlage der Prior Entry Hypothese.

Aufmerksamkeit bedeutet, dass wir uns bestimmten Reizen zuwenden, wobei wir selektiv vorgehen, indem wir neben beachteten Reizen andere wiederum vernachlässigen (Egeth, 1967; Johnston & Dark, 1986). Posner (1980) unterscheidet bei Prozessen der Aufmerksamkeit zwischen reflexartiger *Orientierung* (engl.: orienting) als eine Anpassung der Aufmerksamkeit auf sensorische Reize. Dies wäre beispielsweise eine kurze Augenbewegung als Reaktion auf einen visuellen Reiz. Dem gegenüber stellt Posner (1980) den Begriff der *Entdeckung* (engl.: detecting), wobei ein Reiz in seiner neuronalen Verarbeitung eine Schwelle überschreitet und dadurch eine Reaktion der Versuchsperson erzielt wird. Im Setting einer Reiz-Reaktions-Aufgabe beruht beispielsweise verbale Rückmeldung oder ein Tastendruck durch die Versuchsperson als Reaktion auf einen visuellen Reiz, auf einem Entdeckungsprozess.

Eine weitere Herangehensweise ist die Unterscheidung zwischen räumlicher beziehungsweise *ortsbasierter* (engl.: space-based) und *objektbasierter* (engl.: object-based) Aufmerksamkeit (Lee & Choo, 2013; Posner, 1980.) Ortsbasierte Aufmerksamkeit ist dahingehend definiert, dass sich der Fokus der Versuchsperson auf ein bestimmtes Areal richtet, unabhängig davon, welche Objekte sich in diesem Bereich befinden. Erscheint ein Zielreiz in diesem Areal, wird er schneller entdeckt.

Neben ortsbasierter Aufmerksamkeit (Posner, 1980) beschreiben Baylis und Driver (1993) sowie Duncan (1984) objektbasierte Aufmerksamkeit als speziell auf bestimmte Gegenstände gerichtet. Dabei werden neben dem beachteten Gegenstand oder Objekt, andere Gegenstände im Bereich des fokussierten Ortes außer Acht gelassen und damit von der Aufmerksamkeit nicht erfasst (Lee & Choo, 2013). Lee und Choo (2013) halten auch ein Zusammenwirken von ortsbasierter und objektbasierter Aufmerksamkeit für plausibel.

### **Arten der Aufmerksamkeitsverlagerung**

Wenn laut Prior Entry beachtete Reize schneller verarbeitet werden (Titchener, 1908) oder die Reizweiterleitung unbeachteter Reize abgeschwächt wird (Treisman, 1960; Weiß, Hilkenmeier, & Scharlau, 2013), dann spielt die Zuwendung zum Reiz und damit *Aufmerksamkeitsverlagerung* (engl.: attentional capture; Awh, Belopolsky, & Theeuwes, 2012) eine zentrale Rolle.

Verlagerung der Aufmerksamkeit kann nach Posner (1980) entweder *offen* (engl.: overt) oder *verdeckt* (engl.: covert) erfolgen. Offene Aufmerksamkeitsverlagerung wird von Kopfbeziehungsweise Augenbewegungen des Individuums zum Reiz hin begleitet, während bei verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerung Bewegungen des Kopfes und der Augen fehlen.

Weiters kann, je nachdem wie der Ausgangspunkt definiert ist, Aufmerksamkeitsverlagerung *endogen* und damit willentlich oder *exogen* und unwillkürlich erfolgen (James, 1890; Posner, 1980). Endogene Aufmerksamkeitsverlagerung ist ein aktiver Prozess, der zielgesteuert (engl.: top-down) vom Individuum selbst ausgeht (Posner, 1980). Dabei bedingen innere Faktoren, wie etwa Gedächtnis oder Wissen (Johnston & Dark, 1986), die Verlagerung der Aufmerksamkeit. In Versuchsbedingungen mit endogener Aufmerksamkeitsverlagerung erfolgt keine vorangehende Reizdarbietung oder Instruktion (Spence & Parise, 2010). Hingegen wirken bei einem exogenen, reizgetriebenen (engl.: bottom-up) Vorgang der Aufmerksamkeitsverlagerung Umweltreize von außerhalb auf das Individuum ein (Johnston & Dark, 1986). Exogene, passive Aufmerksamkeitslenkung kann in einem

Versuch beispielsweise durch Darbietung eines Hinweisreizes (engl.: cue; Posner, 1980; Schneider & Bavelier, 2003) oder auch durch vorangehende Instruktion (Spence et al., 2001), hervorgerufen werden.

### **Hinweisreize**

Eng mit räumlicher Aufmerksamkeit in Zusammenhang stehen Versuchsanordnungen, in denen Hinweisreize eine Rolle spielen. Posner & Cohen (1984) konnten im Hinweisreizparadigma (engl.: spatial cueing paradigm) zeigen, dass ein Hinweisreiz dazu beiträgt, die Aufmerksamkeit von Versuchspersonen zu manipulieren und deren Reaktion auf einen Zielreiz (engl.: target) zu verändern. Beispielsweise werden in einer Versuchsanordnung mit visueller Reizdarbietung verschiedene Computerdisplays präsentiert. Dabei soll der Fokus der ProbandInnen während des Experiments ständig auf die Bildschirmmitte–repräsentiert durch ein Fixationskreuz–gerichtet sein (Posner & Cohen, 1984). Nun liefert der Versuchsperson in einer Abfolge von Bildschirmdisplays zunächst ein Hinweisreiz auf dem Hinweisreizdisplay eine Information, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit auf einen Zielreiz hinweist. Dieser erscheint im danach folgenden Zielreizdisplay und verlangt eine vorher festgelegte Reaktion (Folk, Remington, & Johnston, 1992), beispielsweise einen Tastendruck.

Nach Posner und Cohen (1984) können sich Hinweisreize *zentral* oder *peripher* befinden (Schneider & Bavelier, 2003). Ein zentraler Hinweisreiz ist direkt an der Position der fokussierten Bildschirmmitte lokalisiert und weist–beispielsweise mittels eines Richtungspfeils–zum Zielreiz. Ein peripherer Hinweisreiz ist dagegen abweichend von der Bildschirmmitte, an der möglichen Position des Zielreizes, gelegen.

Hinweisreize können gültig oder *valid* sein, beziehungsweise auch als ungültiger oder *invalid*er Hinweisreiz fungieren. Vom *Validitätseffekt* (engl.: cueing effect) spricht man, wenn es bei validen Hinweisreizen zu schnelleren Reaktionszeiten auf Zielreize kommt (Ansorge, 2006). Ein valider Hinweisreiz gewährt–als peripherer Hinweisreiz–durch seine Lage eine überzufällig korrekte Voraussage der Lokalisation des Zielreizes. Oder er gibt–als valider zentraler Hinweisreiz–einen sicheren Hinweis zum Zielreiz. Dagegen liegt ein invalider peripherer Hinweisreiz nicht am Platz des nachfolgenden Zielreizes, oder weist als invalider zentraler Hinweisreiz in eine vom Zielreiz abweichende Richtung. Neben Effekten räumlicher Aufmerksamkeit wurden auch Effekte zeitlicher Aufmerksamkeit erforscht (Coull & Nobre, 1998).

### **Zeitliche Aufmerksamkeit**

Unter *zeitlicher* Aufmerksamkeit (engl. temporal attention) versteht man den Effekt, dass–wenn der Zeitpunkt des Auftretens einer Reizdarbietung absehbar ist–die Reizverarbeitung besser oder schneller erfolgt (Correa, Lupiáñez, Madrid, & Tudela, 2006). Ein allgemein bekanntes Beispiel wäre unser Warten auf das Aufleuchten des grünen Lichtes, wenn wir bei der roten Ampel stehen (Coull & Nobre, 1998) und uns das Intervall für dessen Erscheinen bekannt ist. Anders sei zeitliche Aufmerksamkeit folgendermaßen illustriert: Wenn eine Versuchsperson auf einen bestimmten Zielreiz reagieren soll–etwa durch einen Tastendruck (Wagner & Hoffmann, 2010)–und in der Reizdarbietungsabfolge der Zielreiz immer im gleichen zeitlichen Intervall nach einem Hinweisreiz erfolgt, dann kann die Versuchsperson die Zeitspanne besser einschätzen, und sie reagiert schneller auf den Zielreiz. Allerdings gibt es Unterschiede hinsichtlich der Präzision, denn bei verschiedenen langen Intervallen oder SOAs, können Versuchspersonen kürzere Intervalle offenbar besser vorhersehen als längere (Correa et al., 2006). Dies wird auf eine länger andauernde zusätzliche Reorientierungsphase bei längeren SOAs zurückgeführt, die bei kürzeren SOAs offenbar nicht stattfindet. Möglicherweise liegt sowohl räumlicher als auch zeitlicher Aufmerksamkeitszuwendung ein generelles System zugrunde (Coull & Nobre, 1998). Jedenfalls bestehen noch Unklarheiten, ob frühe Wahrnehmungsprozesse oder motorische Prozesse zu einem späteren Zeitpunkt für verbesserte Reaktion unter zeitlicher Aufmerksamkeit verantwortlich sind (Correa et al., 2006).

In Verbindung mit Untersuchungen zu Prior Entry sind Effekte zeitlicher Aufmerksamkeit insofern interessant, als zu beachten gilt, dass Zielreize nicht immer mit gleicher SOA zu präsentieren sind. Würden Zielreize mit stets gleicher SOA nach einem vorangehenden Hinweisreiz erfolgen, so könnte die zeitliche Erwartung der Versuchspersonen verfälschend einwirken, da sie unter Umständen durch eine Art Lerneffekt schneller auf den Zielreiz reagiert (Stelmach & Herdman, 1991; Zampini et al., 2005a). Prior Entry ist hingegen so definiert, dass einzig die auf den Reiz gerichtete Aufmerksamkeit der Grund für einen schnelleren Verarbeitungsprozess ist.

### **Aufmerksamkeit und Reizverarbeitung**

Aufmerksamkeit kann zwei Effekte bedingen, nämlich einerseits Prior Entry im Sinne schnellerer Reizverarbeitung von beachteten Reizen (Titchener, 1908), andererseits beeinflusst Aufmerksamkeit laut Spence und Parise (2010) möglicherweise auch die Präzision der nachfolgenden Antwort, das heißt Urteile fallen in deren Qualität besser aus. Darüber hinaus

erwähnen Weiß et al. (2013) noch einen möglichen *Posterior Entry* Effekt, bei dem–neben dem beachteten Reiz–der unbeachtete unterdrückt beziehungsweise die Verarbeitung verlangsamt wäre (Treisman, 1960).

Im Falle exogen gelenkter Aufmerksamkeit in Versuchsanordnungen (Spence und Parise, 2010) ist auf die Vermeidung nachfolgender Antwortfehler durch die Versuchspersonen zu achten. Das Antwortverhalten der ProbandInnen kann in deren Entscheidung unbeabsichtigt beeinflusst werden. Eine Gefahr der Verzerrung wäre das Lenken der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Sinnesmodalität. Die Versuchsperson wäre dadurch in ihrer Antwort, betreffend welcher Modalität der Zielreiz zuerst erfolgte, voreingenommen, und sie gäbe dieser Dimension den Vorrang bei Reihenfolgeurteilen. Um dies durch ein Beispiel zu untermalen würde sich die Situation folgendermaßen darstellen: Die Versuchsperson wird instruiert, speziell auf visuelle Reize zu achten. Wird anschließend verlangt, zu entscheiden, welcher von zwei Zielreizen–ein visueller und ein auditiver–denn zuerst aufgetreten sei, so besteht aufgrund der vorherigen Instruktion eine Tendenz, dem visuellen Reiz den Vorzug zu geben.

Auch bei Unsicherheit über die zeitliche Abfolge der Zielreize würden sich nach Zampini et al. (2005b) ProbandInnen eher für jene Sinnesmodalität entscheiden, auf welche die Aufmerksamkeit zuvor gelenkt wurde. Dies hätte dann jedoch nichts mit Prior Entry zu tun, sondern wäre schlicht der Effekt von Entscheidungsbeeinflussung. Unterschiedliche Ergebnisse in älteren behavioralen Studien, besonders Studien mit positiven Ergebnissen zu Prior Entry, könnten laut Spence und Parise (2010) auf derartigen Fehlern beruhen. Es wäre aber auch erdenklich, dass Studien, die keine Prior Entry Effekte aufzeigen konnten, möglicherweise erfolglos verlaufen waren, weil die exogene Aufmerksamkeitslenkung misslungen sei, das heißt der Hinweisreiz oder die Instruktion im Vorfeld war ineffektiv und damit wirkungslos. Eine Möglichkeit, der Entscheidungsbeeinflussung zu begegnen, ist die Idee des orthogonalen Designs (Spence et al., 2001).

### **Orthogonales Design**

Um entsprechenden Antwortfehlern durch Beeinflussung zu begegnen, entwickelten Spence et al. (2001) ein sogenanntes *orthogonales* Design. Durch Instruktion, beziehungsweise auch durch einen Hinweisreiz, wird hier die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Sinnesmodalität gelenkt. Im Unterschied dazu wird danach ein Zielreiz in einer anderen Dimension geboten. Anschließend wird gefragt, wo der als zuerst wahrgenommene Zielreiz in der Versuchsanordnung lokalisiert gewesen sei–auf der linken oder rechten Seite. McDonald et al. (2005) verwendeten in ihrer multimodalen Studie einen lateral links oder rechts präsentierten

Ton als auditiven Hinweisreiz und als visuelle Zielreize fungierten beidseitig lateral präsentierte Lichtreize. Der Ton sollte somit die Aufmerksamkeit auf die rechte beziehungsweise linke Seite lenken.

Weitere Studien zu Prior Entry mit orthogonalem Design stammen unter anderem von Vibell et al. (2007) mit visuellen, auditiven und taktilen Zielreizen. Bei Zampini et al. (2005b) waren es Versuche mit visuellen und auditiven Zielreizen, Zampini et al. (2007) untersuchten Prior Entry bezogen auf visuelle Zielreize gekoppelt mit Zielreizen der Schmerzwahrnehmung.

Bei der Darbietung von Reizen in einer Versuchsanordnung kann es allerdings auch zu unerwünschten Artefakten, wie zum Beispiel Beeinflussung, kommen.

### **Intertrial Effekt**

Werden mehrere ähnliche Aufgaben (engl.: tasks) hintereinander präsentiert, besteht die Möglichkeit einer Beeinflussung im Sinne des *Intertrial Effekts*. Dieser besagt, dass das Lösen oder eine erwartete Reaktion einer aktuellen Aufgabenstellung durch eine vorhergehende Aufgabenstellung verzerrt wird (Krummenacher, Grubert, & Müller, 2010). So kann in einer Suchaufgabe beim aktuellen Zielreiz eine Merkmalsgleichheit hinsichtlich einer Dimension– dies wären etwa Farbe oder Orientierung (Found & Müller, 1996)–zum Zielreiz der vorigen Aufgabe bestehen. Der neue Zielreiz wird dadurch nun schneller identifiziert. Beispielsweise soll eine Versuchsperson konstant nach einem roten visuellen Zielreiz unter grünen Störreizen oder Distraktoren suchen (Mortier, Theeuwes, & Starreveld, 2005). Befindet sich nun der rote Zielreiz an der gleichen Stelle am Bildschirmdisplay wie in der Aufgabe davor, so wird er schneller entdeckt.

Auch wenn es sich nicht um Suchaufgaben unter Distraktoren handelt, sondern in einer Reizdarbietungsabfolge vorab definierte Zielreize identifiziert werden sollen (Mortier et al., 2005), wirken redundante Eigenschaften der Zielreize beeinflussend. Wiederholen sich die Reizdarbietungen, so wird hervorstechenden auffälligen Merkmalen nach dem *Priming of pop-out Effekt* sowohl hinsichtlich Farbe und Form (Maljkovic & Nakayama, 1994) und auch bezüglich der örtlichen Positionierung (Maljkovic & Nakayama, 1996) tendenziell mehr Beachtung durch die Versuchspersonen geschenkt. Nach wie vor umstritten ist, ob Intertrial Effekte auf Prozessen beruhen, die die Aufmerksamkeit im Vorfeld beeinflussen, oder ob es sich um nachfolgende Selektionsprozesse handelt (Krummenacher et al., 2010).

Bei Untersuchungen zu Prior Entry sind mögliche Intertrial Effekte in der Untersuchungsplanung zu beachten. So könnte beispielsweise bei der Erforschung von Prior

Entry in visuellen Reizdarbietungsbedingungen die Farbe, Form und Position der Zielreize aufeinanderfolgender Aufgaben eine Rolle spielen. Zur beispielhaften Illustration einer Verfälschung (engl.: bias): Wenn in einer TOJ oder SJ Bedingung einer der beiden visuellen Zielreize an der gleichen Position oder Farbe wie in der Aufgabe davor erscheint, könnte dieser aufgrund eines Intertrial Effekts fälschlicherweise–verglichen mit dem anderen Zielreiz–als zuvor erschienen wahr genommen werden. Nicht die gerichtete Aufmerksamkeit, wie die Prior Entry These besagt, würde die schnellere Reizverarbeitung erzielen, sondern ein Lerneffekt durch die vorangehende Aufgabe wäre ihre eigentliche Ursache. Doch reine singuläre Reize, wie etwa nur visuelle Eindrücke, entsprechen nicht unserer natürlichen Umgebung. Daher haben sich ForscherInnen auch mit weiteren Themen bezüglich Prior Entry befasst.

### **Komplexe Settings**

Prior Entry wurde auch in erweitertem Kontext untersucht. Interessant sind dabei Versuche mit bedeutungsgeladenen Hinweisreizen. So befassten sich Van Damme, Gallace, Spence, Crombez, und Moseley (2009) in einer Studie mit beängstigenden Bildern als Hinweisreize. Dabei gab es verschiedene Kategorien, wie körperlich bedrohliche, allgemein erschreckende und neutrale Bilder. Je nach Einstufung der Hinweisreize zeigten sich bei den Reaktionen der VersuchsteilnehmerInnen unterschiedliche Resultate. Wurde bei körperlich bedrohlichen Bildern als Hinweisreiz ein größerer Prior Entry Effekt bei nachfolgenden taktilen Zielreizen verzeichnet, so offenbarte sich dieser bei allgemein bedrohlichen Bildern bezüglich nachfolgender auditiver Zielreize. Van Damme et al. (2009) beschrieben damit unterschiedliche Effekte bezüglich der Sinnesmodalitäten je nach Bedeutung des Hinweisreizes für die Versuchsperson. Spence und Parise (2010) kritisieren jedoch das nicht vorhandene orthogonale Design der Studie sowie die hinsichtlich der Sinnesmodalitäten geblockte Versuchsanordnung der Zielreize.

Wie Spence und Parise (2010) in ihrem Review-Artikel erwähnen, wurde Prior Entry in einigen Studien auch vor dem Hintergrund neurologischer Störungen und Erkrankungen von ProbandInnen untersucht. Bei neurologischen Schäden, die Auswirkungen wie Neglekt, Abschwächung oder Auslöschung zur Folge hatten, zeigten sich Defizite bei der Wahrnehmung präsentierter Reize kontralateral zur entsprechenden Läsion. Baylis, Simon, Baylis, und Rorden (2002); Robertson, Mattingley, Rorden, und Driver (1998); Rorden, Mattingley, Karnath, und Driver (1998) untersuchten visuelle Reize. Karnath, Zimmer, und Lewald (2002) beschäftigten sich mit auditiven, Guerrini, Berlucchi, Bricolo, und Aglioti (2003) erforschten taktile Reize. Nach Spence und Parise (2010) kam es allerdings zu Antwortfehlern, da die PatientInnen im

Zweifelsfall bei TOJ Aufgaben bezüglich ihrer Antworten ihre gesunde Seite bevorzugten. Doch auch in orthogonalen TOJ Studien konnten robuste Prior Entry Effekte beobachtet werden (Dove, Eskes, Klein, & Shore, 2007; Sinnet, Juncadella, Rafal, Azañón, & Soto-Faraco, 2007). Chronische SchmerzpatientInnen konnten ihre Aufmerksamkeit schlechter auf die schmerzende Seite richten (Moseley, Gallace, & Spence, 2009).

Die Erforschung von Prior Entry in Zusammenhang mit neurologischen Erkrankungen oder Störungen reicht bereits weit hinein in das Themengebiet zugrundeliegender hirnpfysiologischer Prozesse.

### **Hirnpfysiologische Korrelate**

Eine weitere zusätzliche Herangehensweise, neben rein behavioralen Untersuchungen zu Prior Entry, ist der Einsatz von EEG (von Elektroenzephalographie) zur Ermittlung von ereigniskorrelierten Potentialen oder ERPs (von engl.: event related potentials). Zunächst jedoch als Voraussetzung zu den pfysiologischen Grundlagen der Sehbahn, da unsere Versuche sich ausschließlich mit visuellen Reizen beschäftigten.

#### **Sehbahn**

Vereinfacht dargestellt und schematisiert betrachtet, treffen Lichtreize auf die Linse des menschlichen Auges, werden dort gebrochen und passieren den Augapfel (Bulbus oculi). An dessen Rückwand auf der Netzhaut (Retina) befinden sich lichtempfindliche Nervenzellen, die Photorezeptoren, die diese Reize in elektrische Impulse umwandeln. Deren Weiterleitung zum und im Gehirn (Firbas, Gruber, & Mayr, 2002; Waldeyer & Mayet, 1993) erfolgt durch den Sehnerv (Nervus opticus), welcher zur Sehnervenkreuzung (Chiasma opticum) verläuft. Dort wird ein Teil der Fasern, deren nasaler Anteil, gekreuzt. Anschließend spricht man von diesem Teil der Sehbahn als Tractus opticus, dessen Hauptanteil den Seitlichen Kniehöcker (Corpus geniculatum laterale) als Teil des Thalamus des Zwischenhirns (Diencephalon) passiert, und schließlich als Sehstrahlung (Radiatio optica) zum primären visuellen Kortex am Hinterhauptlappen (Lobus occipitalis) gelangt (s. Abb. 1.).

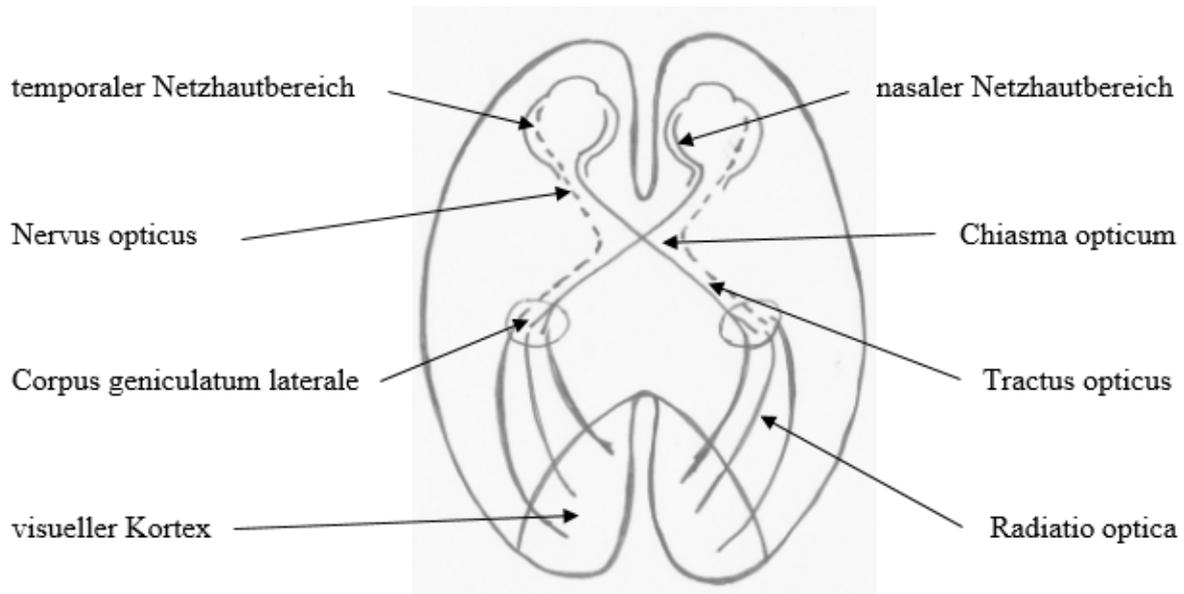


Abbildung 1. Schematisierter Verlauf der Sehbahn (adaptiert von Firbas et al., 2002; Thews, Mutschler, & Vaupel, 1999).

Somit wird, wie in Abbildung 1 ersichtlich, die rechte Seite des visuellen Feldes zum linken visuellen Kortex projiziert, und umgekehrt. Diese Projektion auf die andere Seite nennt man kontralateral, das Gegenteil davon–also auf die gleiche Seite–wäre ipsilateral.

Der primäre visuelle Kortex, das Areal V1 am Hinterhauptlappen, nimmt fast ein Sechstel des Großhirns (Telencephalon) in Anspruch. Mehr als 30 weitere Areale sind zudem noch mit der Verarbeitung visueller Informationen durch Wahrnehmungsprozesse beschäftigt (Felleman & Van Essen, 1991). Sie nehmen außerdem noch anhand von Interpretationen und der Einleitung nachfolgender Reaktionen in der Durchführung dieser Aufgaben weit über die Hälfte der Großhirnrinde ein. Um exakte Auskunft über neurologische Abläufe zu erlangen, werden in zahlreichen Versuchen hirnhysiologische Methoden eingesetzt.

### **Ermittlung ereigniskorrelierter Potentiale**

Die zusätzlich unterstützende Ableitung ereigniskorrelierter Potentiale bei Untersuchungen zu Prior Entry gewährt–im Gegensatz zu reinen behavioralen Studien–nähere Hinweise über neuronale Aktivitäten im Gehirn der Versuchspersonen und damit über den Informationsfluss zwischen dem Zeitpunkt der Reizwahrnehmung und der Reaktion darauf (Wolber & Wascher, 2005). Als Grundlage einer EEG Untersuchung sind im Vorfeld kognitive Modelle notwendig, um während und nach der Ableitung der ERP neuronale Prozesse beobachten, verstehen, analysieren und interpretieren zu können. Für die Untersuchung von Prior Entry sind frühe, also unmittelbar auf die Reizdarbietung folgende, Potentiale wie die P1,

N1, P2, N2, besonders aber die N2pc, auch PCN genannt, relevant (Eimer, 1996; Wolber & Wascher, 2005).

### **Frühe Komponenten im EEG**

Die Komponente P1 (Wolber & Wascher, 2005) ist die erste Positivierung in der EEG Ableitungskurve und tritt mit einer Latenz von etwa 100 ms nach der Reizdarbietung auf. Sie ist die erste Reaktion auf eine visuelle Reizvorgabe. Dementsprechend ist N1 die erste Negativierung in der EEG Ableitung mit einer Latenz von etwa 180 ms nach der Reizdarbietung. Die exakte Bedeutung früher EEG Komponenten ist noch nicht restlos geklärt, doch P1 und N1 werden mit aufmerksamkeitsbedingtem Gating, also einer Art Schleusen- und Filterfunktion bei Wahrnehmungsprozessen, in Verbindung gebracht. P2 als zweite Positivierung und N2 als zweite Negativierung in der EEG Ableitung bringt man in Zusammenhang mit der Entdeckung und Lokalisation von visuellen Reizen in Suchaufgaben, besonders vor allem mit Prozessen, die mit Aufmerksamkeit auf visuelle Reize zu tun haben.

Gute EEG Ableitungsergebnisse für die P2 erzielt man nach etwa 200 ms (Ansorge, Kiss, Worschech, & Eimer, 2011) nach Reizdarbietung im hinteren, also posterioren, Schädelbereich (Wolber & Wascher, 2005). Besonders mit Aufmerksamkeit wird die N2pc (von engl.: posterior contralateral) Komponente in Verbindung gebracht, sie ist sensibel auf laterale visuelle Reizdarbietung. Als Effekt der Sehbahnkreuzung tritt sie stärker kontralateral als ipsilateral zum gebotenen visuellen Reiz auf (Ansorge et al., 2011) und ist somit als Differenz zwischen den beiden ERP Komponenten erkennbar. Ein Synonym ist PCN (von engl.: posterior contralateral negativity). Die Messung der N2pc erfolgt am Hinterhauptbereich, nahe dem Visuellen Cortex (Eimer, 1996).

Der Zusammenhang der N2pc mit selektiver Aufmerksamkeit sowie Filterprozessen bei visuellen Reizen (Eimer, 1996) ist hoch. Dabei kann die Aufmerksamkeitsverlagerung sowohl durch exogene wie auch durch endogene Prozesse (Ansorge et al., 2011) induziert werden. Unnötige Information wird zugleich unterdrückt, es gibt zusätzlich Hinweise auf eine mögliche Abschwächung irrelevanter oder störender Reizinformationen. Die N2pc reagiert ausschließlich auf lateralisierte Reize, die abweichend links oder rechts von der visuellen Mittellinie erscheinen. Sie ist sowohl für unterschiedliche Farb- wie auch Forminformationen von Zielreizen unter Distraktoren in Suchaufgaben sensibel (Eimer, 1996).

Im Zusammenhang mit EEG Untersuchungen zu Prior Entry gilt die N2pc als vielversprechendste Komponente (McDonald et al., 2005; Vibell et al., 2007). Wird

beispielsweise einem lateralen visuellen Reiz, egal ob exogen oder endogen induziert, durch Aufmerksamkeit Beachtung geschenkt, so sollte sich dies kontralateral an der N2pc im ERP zeigen. Nach der These von Prior Entry wird vermutet, dass der beachtete Reiz durch die vorangehende zuteil gewordene Aufmerksamkeit schneller verarbeitet wird. Im Vergleich der beiden ERP kontra- und ipsilateral zum vorgegebenen Reiz, müsste kontralateral die Latenz der N2pc etwas kürzer sein, sie also mit einer geringeren Zeitversetzung eintreten als ipsilateral. Diese kürzere Latenz der N2pc, also die schnellere Verarbeitung aufgrund vorangegangener Aufmerksamkeit, wäre der postulierte entscheidende Hinweis für eine schnellere Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeitszuwendung und damit eine Untermauerung der Prior Entry Hypothese, doch dazu gibt es widersprüchliche Resultate.

### **EEG Studien zu Prior Entry**

Die beiden EEG Ausgangsstudien für diese Studie stammen von McDonald et al. (2005) und Vibell et al. (2007). McDonald et al. (2005) untersuchten Prior Entry in einem multimodalen auditiv-visuellen Setting unter Aufzeichnung von EEG. Dabei kam ein audiovisueller Apparat mit zwei horizontal angebrachten Lautsprechern und zwei horizontalen Leuchtdioden oder LED zum Einsatz. Unter Konzentration auf einen zentral gelegenen Fixationspunkt lenkte ein auditiver Hinweisreiz exogen die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen auf die rechte oder linke Seite. Nach einer SOA von 100 bis 300 ms wurden als TOJ-Bedingung synchrone, beziehungsweise asynchrone horizontale verschiedenfarbige Lichtreize auf gleicher oder verschiedener Seite zum auditiven Hinweisreiz geboten. Anschließend wurde die bewusst wahrgenommene visuelle Reizabfolge erfragt. Dabei beobachtete man folgende Tendenzen im Antwortverhalten der Versuchspersonen: Bei zeitversetzter–also asynchroner–visueller Reizdarbietung trat Verunsicherung der ProbandInnen in der Beurteilung der Reizabfolge auf, wenn der zuvor gegebene auditive Hinweisreiz sich in der Lateralität zum zeitlich ersten dargebotenen visuellen Zielreiz unterschied. In Bedingungen der gleichzeitigen–also synchronen–visuellen Reizdarbietung kategorisierten die Versuchspersonen den visuellen Zielreiz, der auf der gleichen Seite zum auditiven Hinweisreiz erfolgte, als den früheren der beiden erscheinenden Lichtreize. Im Versuch wurden neuronale Prozesse mittels EEG ermittelt. Dadurch, dass wahrgenommene visuelle Reize bis zum Eintreffen zur neuronalen Verarbeitung im visuellen Areal des Okzipitallappens der Großhirnrinde einer Nervenbahnkreuzung unterliegen, erfolgt die Auswertung der ERP–wie bereits erwähnt–zu einem von der Mittellinie des Sehfelds abweichenden horizontalen Reiz auf der kontralateralen Seite im Hinterhauptbereich. Folgende

Erwartungen stellte man an die Analyse der ERP: Würde schnellere neuronale Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeitszuwendung erfolgen, also im Sinne von Prior Entry, würde sich–bei zeitgleicher Reizdarbietung zweier horizontaler Lichtreize–dies in einer Verschiebung der Komponenten im ERP auf der kontralateralen Seite zum beachteten und als früher wahrgenommenen Lichtreiz zeigen. Es könnte jedoch auch sein, dass erst Prozesse nach der neuronalen Verarbeitung im visuellen Kortex die Wahrnehmung der visuellen Zielreize beeinflussten und es somit keine nennenswerten Unterschiede zwischen den kontralateralen und ipsilateralen ERP gäbe, was auf mögliche andere Effekte, jedoch nicht auf Prior Entry hinweisen würde. Letztlich könnten sich auch erhöhte Amplituden in den ERP als Hinweis für die räumliche Aufmerksamkeit der Versuchspersonen zeigen, was auf eine verstärkte Signalwahrnehmung in frühen neuronalen Verarbeitungsprozessen hindeuten würde und möglicherweise von den ProbandInnen als zeitliche Differenz interpretiert werden könnte.

Wurden die beiden visuellen Zielreize gleichzeitig präsentiert, so berichteten die Versuchspersonen signifikant jenen Zielreiz als zuvorkommend, der sich auf der Seite des zuvor gegebenen auditiven Hinweisreizes befand. Was die Auswertung der ERP anbelangte, so waren aufgrund der neuronalen Verarbeitung kontralateral zum Hinweisreiz höhere Amplituden der C1, P1, N1, P2 und N2 Komponenten zu beobachten, allerdings keine Latenzeffekte beim Vergleich der kontralateralen mit der ipsilateralen Seite im visuellen Kortex. Für McDonald et al. (2005) sprachen diese Ergebnisse nicht für Prior Entry. Die dennoch beobachteten Auswirkungen der behavioralen Komponente des Experiments bezüglich der vermeintlichen zuvorkommenden visuellen Zielreize nach exogener auditiver Fokussierung durch den Hinweisreiz bei tatsächlicher Gleichzeitigkeit, wurden anhand der höheren Amplitudenwerte erklärt, welche wiederum als verstärkte Wahrnehmung der ProbandInnen interpretiert wurden. Somit wurden Zielreize durch die Aufmerksamkeitslenkung bloß stärker wahrgenommen und dadurch fälschlicherweise als zuvorkommend eingestuft, jedoch nicht schneller verarbeitet.

Im Gegensatz zu McDonald et al. (2005) konnten Vibell et al. (2007) neben Amplitudenerhöhungen in ERP auch Latenzeffekte als elektrophysiologische Korrelate, und damit Hinweise auf Prior Entry verzeichnen. Während unter TOJ Bedingungen die Versuchspersonen auf einen Fixationspunkt sahen, erhielten diese lateral angeordnete Hinweisreize. Dabei handelte es sich entweder um visuelle Reize mittels LED oder taktile Berührungsreize mittels eines Apparates durch einen Plastikstreifen auf den jeweils rechten oder linken dort platzierten Zeigefinger. Um Störungen zu reduzieren, wurde lateral beidseitig

weißes Rauschen durch Lautsprecher dargeboten, und die ProbandInnen erhielten zusätzlich Ohrstöpsel. Als Zielreize fungierten lateral beidseitig dargebotene visuelle oder taktile Reize, mit variabler SOA rechts und links. Es gab sowohl ein Drittel unimodale Versuchsbedingungen, die aus Reizen gleicher Sinnesmodalitäten bestanden, oder zwei Drittel bimodale Bedingungen, mit visuellen und taktilen Reizen gemischt. Die Versuchspersonen wurden gebeten, nicht im Sinne der Schnelligkeit, sondern der Exaktheit zu antworten. Die Antwort erfolgte–je nachdem, auf welcher Seite einer der Zielreize als erster wahrgenommen wurde–mittels eines anzuhebenden Fußpedals auf der dem Reiz entsprechenden rechten oder linken Seite. Vibell et al. (2007) leiteten ebenso mittels EEG die ERP ab, fehlerhafte Aufzeichnungen, durch mittels Augenelektroden aufgezeichnete Augenbewegungen, wurden ausgeschlossen.

Im ERP nicht ausgewertet wurden unimodale Zielreizbedingungen, da diese im Experiment nur zur Aufmerksamkeitsmodulierung verwendet wurden, daher setzte man modalitätenübergreifend parallel visuelle und taktile Zielreize ein. Die Analyse der taktilen Zielreizbedingungen wurde aufgrund niedriger Amplituden in den ERP nicht durchgeführt, es blieb daher nur die Prüfung visueller Zielreizbedingungen. Vibell et al. (2007) analysierten empfundene PSS der ProbandInnen, und es zeigte sich, dass der visuelle Zielreiz um eine SOA von 60 ms vor dem taktilen dargebracht werden musste, um subjektiv wahrgenommene Simultanität zu erzielen. Bei einem vorher gegebenen visuellen Hinweisreiz genügten allerdings kürzere SOAs zwischen visuellem und taktilen Zielreiz. Ging jedoch ein taktiler Hinweisreiz voran, so waren längere SOAs nötig um wahrgenommene Gleichzeitigkeit zwischen visuellem und taktilen Zielreiz–also PSS–bei den ProbandInnen zu erzielen. Dies werteten Vibell et al. (2007) als Beleg für Prior Entry im behavioralen Teil ihres Experiments. In der Analyse der ERP offenbarten sich Latenzeffekte bei den Potentialen P1, N1, P2, N2 und P300. Signifikant früher konnten Latenzspitzen bei den P1 und N1 Potentialen kontralateral zum gebotenen Zielreiz verzeichnet werden. Dies galt allerdings wiederum nur bei erwarteter Sinnesmodalität und nicht, wenn es sich um die unerwartete handelte, also erneut gegeben durch die reine Ergebnisauswertung der visuellen Zielreize, welchen ein visueller Hinweisreiz vorausging. Ebenso waren Amplitudeneffekte in den ERP zu erkennen, eindeutig zu interpretieren waren hier besonders die Effekte der P1 Potentiale. Die Latenzverschiebungen im kontralateralen ERP bedeuteten für Vibell et al. (2007) einen deutlichen Hinweis auf die Existenz von Prior Entry. Die Widersprüchlichkeit der beiden Studien McDonald et al. (2005) und Vibell et al. (2007) bilden die Basis für die vorliegende EEG Studie. Allerdings sind mögliche Fehlerquellen und Artefakte bei der Erforschung von Prior Entry zu berücksichtigen.

## Fehlerquellen und Kritik

Zunächst untersuchte man Prior Entry mittels behavioraler Studien, in denen nur Aussagen der Versuchspersonen verwertet werden konnten, was als subjektiv kritisiert wurde. Daher kamen zusehends hirnelektrophysiologische Messungen wie EEG zur Anwendung, welche neurologische Prozesse besser analysierbar machen sollten (Spence & Parise, 2010). EEG-Untersuchungen nutzten häufig übergreifende multimodale Settings in Kombination verschiedener Sinnesmodalitäten. Die Ergebnisse waren nicht immer eindeutig. Schneider und Bavelier (2003) vermuteten sensorische Bahnung in multimodalen Versuchen, die möglicherweise fälschlich den Eindruck von Prior Entry erwecken könnten. So würde das Gehirn zwei zeitverzögerte Reize unterschiedlicher Sinnesmodalitäten zu einem als zeitlich gleichzeitig wahrgenommenen Ereignis verbinden. Dieses Bauchredner Phänomen (engl.: temporal ventriloquism) beruht auf intermodaler Integration. Eine weitere Fehlerquelle neben sensorischer Bahnung, die allein auf gleicher Neuronenaktivität basiert, wäre Entscheidungsbeeinflussung durch Aufmerksamkeitslenkung. Schneider und Bavelier (2003) zeigen mögliche Fehlerquellen bei der Erforschung von Prior Entry (s. Abb. 2.).

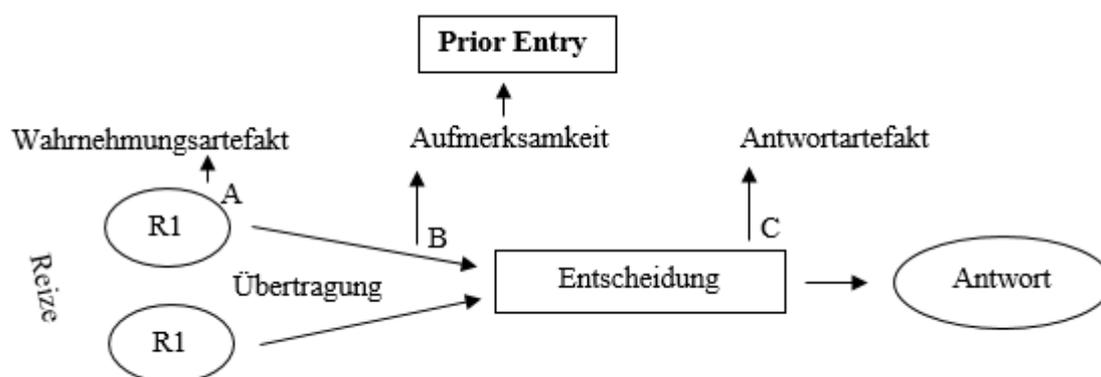


Abbildung 2. Mechanismen im Zuge des Wahrnehmungsprozesses (adaptiert von Schneider, & Bavelier, 2003).

Prior Entry zeigt sich in Abbildung 2 nur bei (B)–hier hat Aufmerksamkeit Auswirkung auf die Reizübertragung. Davon abzugrenzen sind Interaktionsprozesse zwischen Zielreizen (A) sowie der Einfluss kognitiver Effekte auf den Entscheidungsprozess (C). Wahrnehmungsartefakte durch sensorische Bahnung sowie Antwortartefakte durch Beeinflussung könnten daher fälschlich als Prior Entry interpretiert werden.

Die Fehleranfälligkeit von Prior Entry Untersuchungen nahmen Weiß und Scharlau (2012) zum Anlass zu erörtern, ob Prior Entry gezielt beeinflusst, und damit auch verhindert

werden könne. Durch Instruktion in einem visuellen TOJ-Setting wurden ProbandInnen angehalten, den Effekt bewusst zu verkleinern. Die Versuchspersonen erhielten–nach erfolgter Antwortgabe über die zeitliche Reihenfolge der Reizdarbietung–Rückmeldung darüber, ob ihr Urteil korrekt gewesen wäre. Es zeigte sich, dass nur bei sichtbaren visuellen Hinweisreizen, welche die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen exogen beeinflussten, Prior Entry zwar willentlich reduziert werden konnte, jedoch ließ sich der Effekt nicht komplett unterbinden.

Generell fielen nach Spence und Parise (2010) Prior Entry Effekte in EEG-Studien weitaus geringer aus als in behavioralen Studien. Werden in Studiendesigns Entscheidungs- und Antwortfehler ausgeschaltet, so zeigen sich immer noch Prior Entry Effekte, unabhängig von jeweils untersuchten Sinnesmodalitäten. In Untersuchungen bewegt man sich zukünftig laut Spence und Parise (2010) zudem auch in Richtung der Erforschung realistischer Reize, wobei gleichzeitig sensorische Eindrücke im Alltag ohnehin zumeist komplex sind und hauptsächlich mehrfach miteinander assoziierte Sinnesreize eine Rolle spielen. In diesem Kontext offenbaren sich für die Zukunft auch Forschungsansätze über Effekte des Verbindens beziehungsweise Segregierens von Reizen. Beispielsweise würde ein Bild einer Katze mit dem Laut ihres Miauens verstärkt vom Gehirn als zusammengehörig wahrgenommen und damit die Reize auch bei Zeitverzögerung eher verbunden werden, der gleiche Laut mit einem Hundebild jedoch eher als getrennt wahrgenommen werden. TOJ Urteile könnten somit bei zueinander passenden Reizen schwieriger ausfallen. Abgesehen von Untersuchungen mit derart realistischen Reizen, die als sehr komplex anzusehen sind, gibt es nach wie vor auf grundlegender Ebene Forschungsbedarf.

### **Ziele und Fragestellungen der aktuellen Studie**

In der aktuellen Studie wurde Prior Entry unimodal visuell mittels EEG anhand von verdeckter Aufmerksamkeitslenkung erforscht. Die zwei Fragestellungen lauteten:

#### **Hypothese schnellerer Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeitszuwendung**

Untersucht wurde, ob–unter Annahme des Prior Entry Effekts–Aufmerksamkeit auf einen dargebotenen Reiz dazu führt, dass dieser schneller verarbeitet wird (Titchener, 1908).

#### **Hypothese der Unterdrückung nicht beachteter Reize**

Ebenso wurde analysiert, ob ein unbeachteter Reiz unterdrückt oder langsamer verarbeitet wird (Weiß et al., 2013).

## **Methode**

Dem EEG-Experiment ging eine behaviorale Vorstudie voraus.

### **Behaviorale Vorstudie**

Ziel der behavioralen Vorstudie war, die Anzahl der zu präsentierenden Aufgaben in der nachfolgenden EEG-Studie zu ermitteln und zu eruieren, ob sowohl simultane als auch asynchrone Aufgabenstellungen vorgegeben werden sollten, oder es genügen würde, sich auf simultane Aufgaben zu beschränken. Zusätzlich wurden mögliche Intertrial-Effekte ermittelt. Zum besseren Verständnis erfolgt eine kurze Beschreibung des Settings.

### **Kurzbeschreibung**

23 Versuchspersonen, ausschließlich Studierende der Psychologie, die für die Teilnahme 8 € erhielten, nahmen an der Studie bis zum Schluss teil. Sie mussten normalsichtig sein, oder die Korrektur durch eine passende Sehhilfe war nötig. Die VersuchsteilnehmerInnen gaben ihr schriftliches Einverständnis zum Experiment. Die ProbandInnen wurden randomisiert in zwei Versuchsgruppen eingeteilt. Der einen Versuchsgruppe mit 11 Personen wurden nur zeitlich synchrone, der anderen Versuchsgruppe mit 12 Personen sowohl zeitlich synchrone als auch asynchrone Reize präsentiert.

Die behaviorale Vorstudie war der nachfolgenden EEG-Studie sehr ähnlich. Unterschiede bestanden darin, dass, statt nur einer Versuchsperson wie in der EEG-Studie, zwei ProbandInnen gleichzeitig getestet werden konnten. Diese mussten ihr Kinn in eine dafür vorgesehene Stütze platzieren, was in der EEG-Studie entfiel. Der Signalton zur Eingabe erfolgte in der behavioralen Studie über Kopfhörer, während die EEG-TeilnehmerInnen diesen über Lautsprecher empfangen. Nähere Details und Ergebnisse zur behavioralen Vorstudie, die wichtige Grundlagen für diese EEG Studie erforschte, finden sich in der Diplomarbeit meiner Kollegin Tanja El Etr (2014).

## **EEG-Studie**

Ziel der Studie war es, die beiden Hypothesen, nämlich dass beachtete Reize schneller, beziehungsweise unbeachtete Reize langsamer verarbeitet werden würden, unter Zuhilfenahme der hirnelektrophysiologischen Methode des EEG zu erörtern. Die Versuchsanordnung wurde dabei an die behaviorale Vorstudie angelehnt.

### **Versuchspersonen**

Die Durchführung des Experiments in der Scan Unit der Psychologischen Fakultät der Universität Wien erfolgte mit 22 Versuchspersonen. Davon waren 17 Personen weiblich und 5 Personen männlich, wobei das mittlere Alter 23 Jahre mit einer Standardabweichung von  $\pm 4$  betrug, und der Range von 18 bis 36 Jahren lag. Es waren hauptsächlich PsychologiestudentInnen, rekrutiert mittels RSAP (von Rekrutierungssystem der Allgemeinen Psychologie). Es galten EEG-übliche Teilnahmebeschränkungen hinsichtlich körperlicher und psychischer Beeinträchtigungen. Dabei gab es die Einschränkung, dass die VersuchsteilnehmerInnen weder an Klaustrophobie noch an Epilepsie erkrankt sein durften, was mittels eines Fragebogens abgeklärt wurde. Außerdem war Normalsichtigkeit oder die Korrektur durch eine Sehhilfe nötig. Wissenschaftlich-ethischen Richtlinien wurde anhand vorhergehender Instruktion mittels ProbandInneninformationsblatt und der Einholung der Einverständniserklärung der jeweiligen Versuchsperson sowie durch Anonymisierung der Personenangaben und gewonnenen Daten entsprochen. Die Händigkeit der Testpersonen wurde zusätzlich mit dem Edinburgh Händigkeits-Inventar (Oldfield, 1971) überprüft. Es wurden nur RechtshänderInnen zugelassen.

Alle Testpersonen erhielten als Aufwands- und Zeitempfindung 10 €. Darüber hinaus wurde ihnen eine VersuchsteilnehmerInnen-Stunde zur Anrechnung für Prüfungsleistungen im Psychologiestudium als Aufwandsentschädigung gewährt.

### **Apparat**

Die EEG-Ableitung erfolgte in einem lichtgedimmten, strahlungsabgeschirmten und schalldichten Raum. Pro Versuchsdurchführung konnte nur eine Person getestet werden. Alle Aufgaben wurden mittels eines 21 Zoll CRT-Monitors (Philips Brilliance 201P) mit einer konstanten Bildwiederholrate von 85 Hz dargeboten. Die Erstellung und Präsentation der Aufgaben erfolgte via MATLAB und Psychophysics Toolbox extension (Brainard, 1997; Kleiner, Brainard, & Pelli, 2007, Pelli, 1997).

Da sie bei der EEG-Ableitung störend gewesen wäre, kam keine Kinnstütze zum Einsatz, jedoch betrug der Abstand vom Auge der Versuchsperson zum Bildschirm etwa 60-70 cm. Im Unterschied zur behavioralen Vorstudie wurden keine Kopfhörer verwendet, ein Signalton wurde mittels Standardlautsprechern gegeben. Als Eingabegerät wurde der Nummernblock einer USB Standardtastatur verwendet. Zur Kommunikation und Überwachung durch die Versuchsleitung wurden eine Gegensprechanlage und eine Videokamera mit einem außerhalb der Kammer angeschlossenen Standardmonitor zur Beobachtung der Versuchsperson eingesetzt.

### **Reizvorgabe**

Die ProbandInnen sollten unter ständiger Betrachtung eines Fixationskreuzes in der Mitte des Bildschirms entscheiden, ob an zwei von vier möglichen Platzhaltern zwei verschiedenfarbige Kreise als Zielreize gleichzeitig oder zeitversetzt aufleuchteten. Der Bildschirmhintergrund war stets in der Farbe Hellgrau gehalten, mit dem CIE Lab Farbwert -3.9/-23.5 und mit einem Helligkeit- beziehungsweise Luminanzwert von 57.7 cd/m<sup>2</sup>. Die vier Platzhalter in Dunkelgrau mit dem CIE Lab Farbwert -1.6/-19.3 formten dabei die Endpunkte eines imaginären Kreuzes, wobei zwei Platzhalter links und rechts des Fixationskreuzes und die weiteren beiden Platzhalter oben und unten davon lokalisiert waren. Die Größe eines einzelnen Platzhalters lag bei einem Sehwinkel von 1°, der Abstand zwischen dem Fixationskreuz zu einem Platzhalter war ein Sehwinkel von 3°. Die Größe, Helligkeit und Lokalisation der Farbkreise als Zielreize entsprach exakt den Platzhaltern, wobei alle Luminanzwerte zwischen 40.3 und 40.4 cd/m<sup>2</sup> betrugten. Die unterschiedlichen Farben der Zielreize waren isoluminant. Insgesamt gab es für Farbkreise der Zielreize fünf CIE Lab Farbwerte, diese waren für die Farbe Rot 58.6/46.2, Grün 67.3/-130.8, Gelb -48.5/38.5, Violett -12.6/39.4 und Blau 61.0/-63.5. Alle Farb- und Luminanzwerte wurden mittels EyeOne Pro colour measuring device (X-Rite Inc., Grand Rapids, MI, USA) bestimmt. Zunächst wurden nach einem leeren Bildschirm nur die vier grauen Platzhalter präsentiert. Anschließend blieben an zwei Plätzen die grauen Platzhalter bestehen, während an den anderen beiden Plätzen Farbwechsel folgendermaßen stattfanden: In der synchronen Bedingung wechselten beide gleichzeitig die Farbe, in der asynchronen Bedingung zuerst nur einer an einer Stelle und dann beide (s. Abb. 3.).

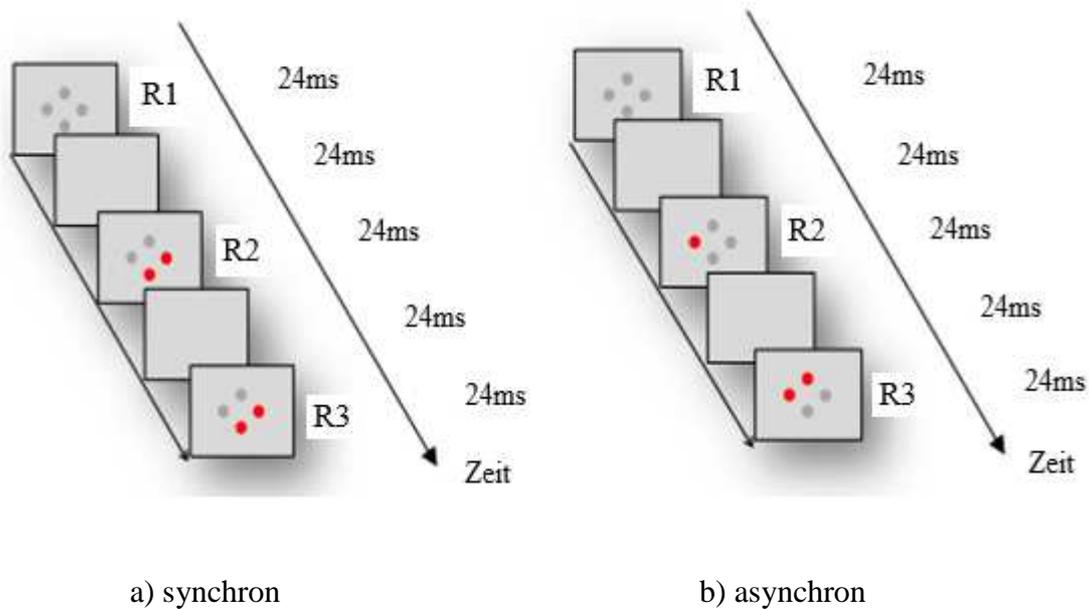


Abbildung 3. Verschiedene Arten der Reizdarbietung. Es zeigte in beiden Bedingungen Reizbildschirm 1 (R1) zunächst vier leere Platzhalter. R1 folgte ein leerer Bildschirm. Der Unterschied zwischen den beiden Bedingungen bestand darin, dass bei Reizbildschirm 2 (R2) in der a) synchronen Bedingung bereits zwei Kreise aufleuchteten, aber in der b) asynchronen Bedingung nur ein Kreis färbig erschien. R2 folgte erneut ein leerer Bildschirm. Beide Bedingungen endeten mit Reizbildschirm 3 (R3) mit zwei erleuchteten Kreisen.

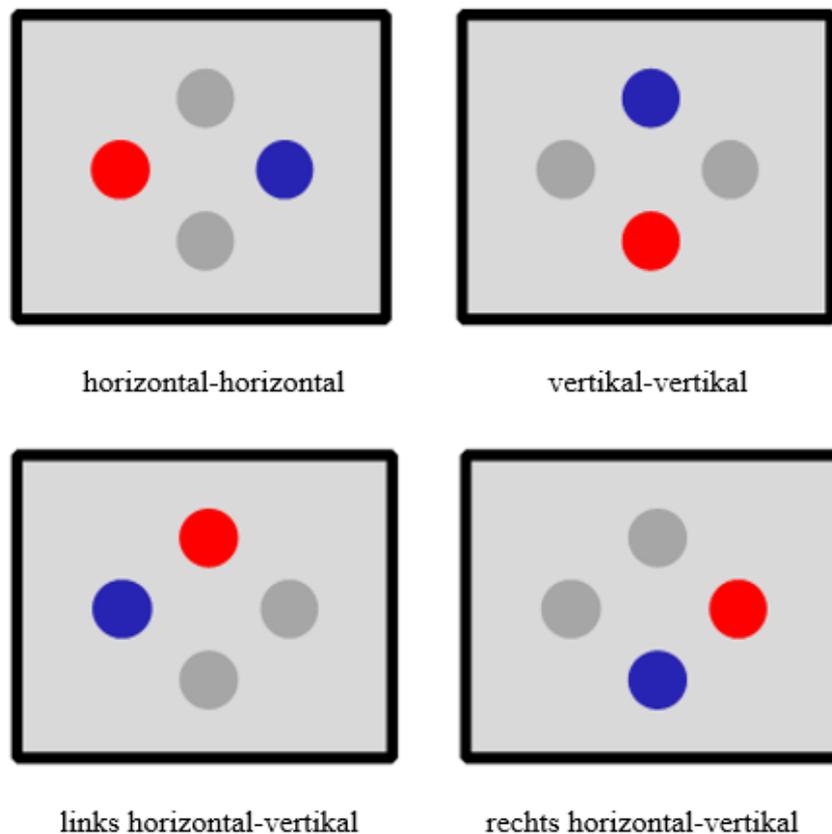
### Ablauf

Die insgesamt 560 Durchgänge hatten die ProbandInnen, nach erfolgter verbaler und schriftlicher Instruktion und Durchführung von zehn Übungsdurchgängen zu absolvieren. Der Versuchsablauf pro ProbandIn erfolgte in vier Blöcken mit je 140 Durchgängen. Dazwischen wurden drei Pausen in individuell unterschiedlicher Länge, je nach Bedürfnis der Versuchsperson, angesetzt.

Die Reizdarbietung eines einzelnen Durchgangs erfolgte nach einem leeren hellgrauen Bildschirm, gefolgt von drei verschiedenen Reizbildschirmfolgen, jeweils unterbrochen von zwei leeren Bildschirmfolgen. Jede Bildschirmfolge setzte sich aus zwei Bildraten mit der Dauer von 12 ms zusammen, somit dauerte jede einzelne Bildschirmfolge 24 ms und der gesamte Aufgabendurchgang 120 ms (s. Abb. 3). Im Anschluss an den Durchgang war wieder ein leerer hellgrauer Bildschirm zu sehen.

Den Versuchspersonen wurden die Farbkreise der Zielreize in verschiedenen Anordnungen präsentiert. Dabei gab es die Anordnung *horizontal-horizontal*, bei der sich beide Zielreize auf einer Ebene links und rechts des Fixationskreuzes befanden. Weiters kamen all

jene Anordnungen vor, bei denen ein horizontaler und ein vertikaler Zielreiz gemeinsam auftraten. Dies war etwa links horizontal mit oben vertikal oder unten vertikal–diese beiden Anordnungen wurden als eine Kombination *links horizontal-vertikal* zusammengefasst. Dann gab es noch die Anordnung rechts horizontal mit oben vertikal oder unten vertikal–auch wiederum als eine Kombination *rechts horizontal-vertikal* zusammengefasst. Zuletzt kam noch die Anordnung *vertikal-vertikal* mit beiden Zielreizen oberhalb und unterhalb des Fixationskreuzes vor. Es ergaben sich in Summe daher sechs mögliche Kombinationen für die örtliche Anordnung der Zielreize, die zu den vier Kategorien horizontal-horizontal, vertikal-vertikal, horizontal links-vertikal und horizontal rechts vertikal zusammengefasst wurden (s. Abb. 4).



*Abbildung 4.* Beispielhafte Farben und Anordnung der Zielreize. Hier sind als Auswahl die Farben Rot und Blau zu sehen. Zunächst sieht man in der oberen Zeile die horizontal-horizontal beziehungsweise vertikal-vertikale Anordnung. In der unteren Zeile ist bei der linken horizontalen Bedingung nur die Anordnung oben vertikal angeführt. Zusätzlich gab es noch die Anordnung links horizontal mit unten vertikal, beide Anordnungen wurden als Kombination links horizontal-vertikal zusammengefasst. Neben der Anordnung rechts horizontal mit unten vertikal gab es noch die Anordnung rechts horizontal und oben vertikal,

beide Anordnungen wurden als Kombination rechts horizontal-vertikal zusammengefasst. Auf die Darstellung einer der beiden Anordnungen wurde in der Grafik verzichtet. Jegliche Anordnungen kamen sowohl in synchronen als auch in asynchronen Reizbedingungen vor.

Alle Anordnungen fanden sich sowohl in der synchronen als auch in der asynchronen Reizdarbietungsform, daher gab es von allen Anordnungen noch drei Varianten. Bei synchronen Bedingungen erschienen beide Zielreize gleichzeitig, bei asynchronen Bedingungen gab es stets zwei Möglichkeiten, da von beiden Zielreizen der eine oder aber der andere zuerst aufleuchten konnte. Somit waren es letztlich 12 verschiedene Bedingungen.

Relevant für die in der ERP-Ableitung ermittelten N2pc Komponenten waren all jene Durchgänge, bei denen zumindest ein Zielreiz in einer horizontalen Anordnung präsentiert wurde, da die N2pc Komponente mit Aufmerksamkeitslenkung auf laterale Reize in Verbindung gebracht wird. Somit war die vertikal-vertikale Bedingung im EEG-Experiment nicht aussagekräftig, allerdings erfolgte die Darbietung von Durchgängen dieser Anordnung aus Gründen der Vollständigkeit dennoch, zumal diese Anordnung der Zielreize auch in der behavioralen Vorstudie vorkam.

Die präsentierten 560 Durchgänge setzten sich nunmehr wie folgt zusammen: 80 Durchgänge waren horizontal-horizontal synchron, darüber hinaus gab es je 40 Durchgänge mit je allen anderen fünf Varianten, also horizontal links-vertikal oben, horizontal links-vertikal unten, horizontal rechts-vertikal oben, horizontal rechts-vertikal unten und der Anordnung vertikal-vertikal. Dies ergab 200 weitere synchrone Durchgänge, gemeinsam also 280 synchrone Durchgänge. Genauso wurden 280 asynchrone Durchgänge präsentiert, allerdings noch differenziert dadurch, dass es für das Erscheinen–wie schon beschrieben–zwei Möglichkeiten gab. In der asynchronen horizontal-horizontalen Bedingung waren es daher 40 Durchgänge, bei denen zuerst der linke Platzhalter, und weitere 40 Durchgänge, bei denen zuerst der rechte Platzhalter aufleuchtete, gemeinsam also wieder 80 horizontal-horizontale Durchgänge. Genauso bei den anderen Anordnungen. Von den 40 Durchgängen horizontal links-vertikal oben waren 20 Durchgänge horizontal links-vertikal oben mit zuerst horizontal links, weitere 20 Durchgänge mit vertikal oben zuerst. Analog erfolgte die Anordnung bei den weiteren Bedingungen horizontal links-vertikal unten, horizontal rechts-vertikal oben, horizontal rechts-vertikal unten und vertikal-vertikal. Daraus resultierten dann alle 280 asynchronen Durchgänge, die gemeinsam mit den 280 synchronen Durchgängen insgesamt 560 Durchgänge ergaben, Alle Durchgänge wurden in pseudo-randomisierter Form dargeboten.

Um Artefakte möglichst klein zu halten, wurden die Versuchspersonen gebeten, sich so wenig wie möglich zu bewegen. Verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung wurde damit erzielt, dass stets das Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms zu visualisieren war. Nach einem präsentierten Durchgang war nicht die Schnelligkeit der Antwort durch die Versuchsperson entscheidend, sondern die Genauigkeit. Um vorschnelle Antworten zu vermeiden, wurden die Versuchspersonen aufgefordert, ihr Urteil erst nach einem akustischen Hinweisreiz zu geben. Dieser erfolgte, um keinen Lerneffekt bezüglich des zeitlichen Auftretens zu erzielen, variabel nach einem Intervall von 500 bis 800 ms nach der Reizdarbietung. Im Gegensatz zur behavioralen Vorstudie, bei der Kopfhörer verwendet wurden, erfolgte die akustische Reizdarbietung über Standardlautsprecher. Der Ton war ein 1/f-Rauschen oder auch Rosa Rauschen genannt. Charakteristisch daran ist, dass alle dargebotenen Frequenzen des akustischen Spektrums dabei von der Versuchsperson als gleich laut empfunden werden. Generiert wurde dieser Ton mittels der Powernoise Function von Matlab (Little, McSharry, Roberts, Costello, & Moroz, 2007).

Die Antworteingabe erfolgte auf dem Nummernblock einer Standard USB-Tastatur. Dabei sollten die ProbandInnen immer ihren rechten Zeigefinger benutzen, und–unabhängig von ihrer nachfolgenden Antwort–zunächst die mittlere Taste 5 betätigen. Erst dann sollte, wenn einer der beiden Punkte von den Testpersonen als früher erscheinend empfunden worden war, eine weitere Zahlentaste wie folgt gedrückt werden: Wurde der linke Farbkreis früher wahrgenommen, so musste die Person die linke Taste 4, beim oberen Farbkreis die obere Taste 8, beim rechten Farbkreis die rechte Taste 6 und beim unteren Farbkreis die untere Taste 2 drücken. Die Anordnung der Tasten entsprach somit der Anordnung der Platzhalter auf dem Bildschirm. Wenn beide Farbkreise für die Testperson als gleichzeitig aufleuchtend wahrgenommen wurden, genauso wie bei empfundener Unsicherheit, war ein zweites Mal die mittlere Taste 5 zu drücken. Die Versuchspersonen erhielten keine Rückmeldung darüber, ob die Antwort korrekt war.

### EEG-Aufzeichnung

Die Ableitung der ERP erfolgte mit einer Easycap Elektrodenhaube (EASYCAP GmbH Hersching, Deutschland) unter Einsatz von 61 Ag/AgCl Elektroden (s. Abb.5).

⊙ = relative Position der Anordnung M 10 zum 10-10 System

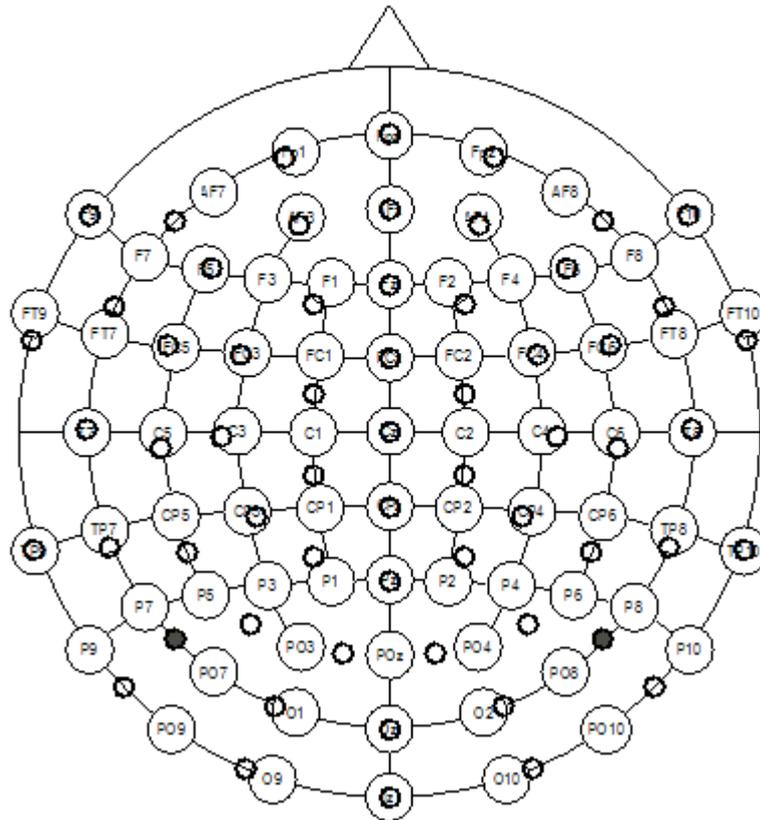


Abbildung 5. Anordnung der Elektrodenpositionen der EEG-Haube. Hier sieht man die Anordnung der Elektroden in dem in unserer Studie verwendeten M 10 System, verglichen mit dem Standard 10-10 System (Chatrian, Lettich, & Nelson, 1985). Die dunklen Kreise zwischen den Positionen P7 und PO7, wie auch P8 und PO8, zeigen die Orte, an denen jene kontra- und ipsilateralen ERPs ermittelt wurden, die mit visueller Aufmerksamkeit in Zusammenhang gebracht werden.

Je eine Referenzelektrode befand sich am Warzenteil (Pars Mastoidea) des linken und rechten Schläfenbeines, die Erdungselektrode war an der AFz Position an der Stirn appliziert. Zusätzliche Elektroden an den seitlichen äußeren Augenwinkeln verzeichneten das horizontale, zwei Elektroden je 1 cm oberhalb und unterhalb der Mitte des linken Auges das vertikale EOG (von Elektrookulogramm). So konnten im Zuge der Datenauswertung Durchgänge mit störenden Augenbewegungen ausgeschlossen werden.

Aufgezeichnet und verstärkt wurden die Signale des ganzen Ableitungsspektrums im Full-Band-Modus durch das DC-EEG-System der Firma NEURO PRAX, Version 2.4.2. (NeuroConn GmbH, Ilmenau, Deutschland). Die Abtastrate des Verstärkers lag bei 1000 Hz. Die Elektrodenimpedanz wurde durch die Verwendung von Elektrodengel kleiner als 2 k $\Omega$  gehalten.

### **Datenanalyse und Datenauswertung**

Zur Auswertung wurden Matlab und EEGLab als zugehörige Toolbox (Delorme, & Makeig, 2004) verwendet. Analysiert wurden nun nur noch synchrone Reizdarbietungsdurchgänge, die asynchronen Durchgänge blieben bei der Analyse gänzlich unbeachtet. Erforscht wurden nur jene Durchgänge, bei denen Versuchspersonen in einer synchronen Bedingung fälschlicherweise einen der beiden dargebotenen Reize als früher beurteilten. Die Kombination einer solchen fehlerhaften Antwort in Verbindung mit signifikant erhöhter kontralateraler N2pc–die mit verdeckter Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht wird–weist auf Prior Entry hin.

Bei der Analyse wurden aus dem gesamten kontinuierlichen EEG-Spektrum die Daten sequenzweise betrachtet, also epochiert. Entscheidend war das Erscheinen des zweiten Reizbildschirms R2 (s. Abb. 3), bei dem beide Platzhalter erstmals färbig aufleuchteten. Dies war der Zeitpunkt der ersten Präsentation der Zielreize TO (von engl.: target onset). Der Beginn einer Epoche wurde 200 ms vor und das Ende 800 ms nach TO angesetzt. Dadurch konnte für den Zeitraum zwischen den vorangegangenen 200 ms und TO die EEG-Grundrate (engl.: baseline) erhoben werden, die somit den Ausgangszustand der ERP noch vor dem Zeitpunkt der Reizpräsentation darstellte. Das ermittelte EEG-Signal einer Versuchsperson wurde anhand dieser EEG-Grundrate korrigiert, um somit die tatsächliche Potentialänderung durch die Reizpräsentation erheben zu können.

Um Daten zu komprimieren, wurden für jede Elektrodenableitung einzeln pro Person Durchgänge zusammengefasst. Dabei erfolgte die Datenanalyse nicht mehr gesondert für die rechte und linke Hemisphäre, sondern als Neubenennung und Verdichtung wurden die Begriffe *ipsilateral* und *kontralateral*–bezogen auf die Seite der Reizdarbietung–herangezogen. Die weitere Reduktion erfolgte in Form von Kategoriebildungen nach den einander entsprechenden Durchgängen und Antwortschemata (s. Abb. 6.).

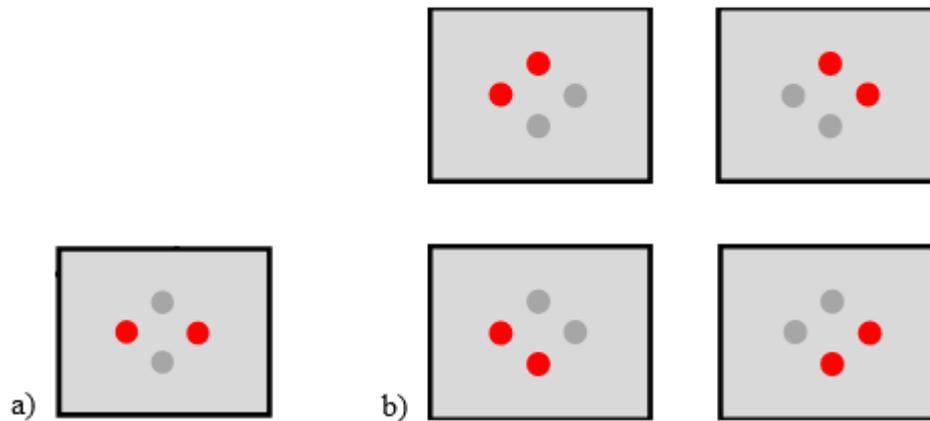


Abbildung 6. Mögliche Reizkombinationen. Horizontal-horizontale Bedingung in a) und alle Kombinationen horizontal-vertikaler Durchgänge in b).

Die erste Gruppe bildeten all jene Aufgaben der horizontal-horizontalen Bedingung in Abbildung 6a), bei denen einer der zwei synchron dargebotenen farbigen Platzhalter fälschlicherweise als zuerst berichtet wurde. Die zweite und dritte Gruppe setzten sich jeweils aus einem horizontal und einem vertikal präsentierten farbigen Platzhalter zusammen, ersichtlich aus Bedingung b) in Abbildung 6. In der zweiten Antwortgruppe wurden alle Antworten zusammengefasst, bei denen in einer horizontal-vertikalen Bedingung fehlerhaft die horizontalen farbigen Platzhalter als früher erscheinend berichtet wurden. In Antwortgruppe drei wurden die fehlerhaften Antworten der als zuerst genannten vertikalen farbigen Platzhalter zusammengefasst.

Diese drei Antwortkategorien wurden pro Versuchsperson herangezogen, um für jede Kategorie pro applizierter Elektrode einen Mittelwert der Ergebnisse für die Testperson zu berechnen. Aus den Mittelwerten jeder einzelnen Kategorie aller Versuchspersonen wurde ein Gesamtmittelwert für alle Testpersonen ermittelt.

## Ergebnisse

An der Studie nahmen 17 weibliche und 5 männliche Personen teil, das mittlere Alter war 23 Jahre, mit einer Standardabweichung von 4 und dem Range von 18 bis 36 Jahren. Insgesamt gab es 560 Durchgänge pro Person, wobei davon 280 Durchgänge synchron und 280 asynchron waren.

Bei 22 Versuchspersonen mit je 560 Durchgängen waren dies insgesamt 12320 Durchgänge. Davon wurden 132 Durchgänge, etwa 1.07 % aller Durchgänge, aufgrund ungültiger Antworten ausgeschlossen. Dabei handelte es sich um alle Durchgänge, in denen entweder die Antwort durch die Versuchsperson zu früh gegeben–also das akustische Signal nicht abgewartet–oder nach dem akustischen Signal eine falsche Taste gedrückt wurde. Ein falscher Tastendruck war entweder, wenn eine Taste gedrückt wurde, die gar nicht im Antwortschema vorkam, oder aber eine Antwort, die vom geforderten Antwortschema abwich, nämlich dahingehend, dass nicht zuerst die Taste 5 gedrückt wurde. Weitere 19 Durchgänge, etwa 0.15 % aller Durchgänge, wurden wegen unmöglicher Antworten exkludiert. Als unmögliche Antwort galt, wenn zwar das akustische Signal richtig abgewartet und auch zuerst die Taste 5 gedrückt wurde, aber im Anschluss daran eine Antwort erfolgte, die nicht existierte. So hätte bei einer unmöglichen Antwort die Versuchsperson beispielsweise in einer Versuchsbedingung mit zwei vorgegebenen horizontalen Reizen fälschlicherweise die Taste 8 für oben gedrückt. Somit wurden insgesamt 151 Durchgänge ausgesondert. Bei der Ermittlung der Fehlerraten pro Versuchsperson lagen der kleinste Wert bei einem Minimum von 38.2 % und der größte Wert bei einem Maximum von 99.1 %. Der Mittelwert der Fehlerraten betrug 58.9 %, bei einer Standardabweichung von 16.86.

Zusätzlich wurden  $d$ -Prime Werte ermittelt, um beurteilen zu können, ob die ProbandInnen überhaupt in der Lage wären, asynchrone Durchgänge tatsächlich auch erkennen zu können. Geprüft wurden die Möglichkeiten synchron beziehungsweise unsicher, verglichen mit der Möglichkeit asynchron. Ein asynchroner Durchgang wurde als Signal, und die Fähigkeit der Versuchspersonen, das Signal entsprechend zu entdecken, als Treffer  $d$  (von engl. detection) gewertet. Der über alle Personen ermittelte Wert  $d'$  musste signifikant von 0 abweichen um zu zeigen, dass die Versuchspersonen in der Lage waren, zwischen asynchronen und synchronen Durchgängen zu differenzieren.

Ein Einstichproben- $t$ -Test gegen Null ergab  $t(21) = -2.373$ ,  $p = .02728$ , dass die Versuchspersonen im Durchschnitt dazu in der Lage waren, asynchrone Durchgänge als solche zu erfassen.

### **Intertrial Effekte**

Ähnlich wie in der behavioralen Vorstudie wurden in der EEG-Studie nur die synchronen Durchgänge bezüglich Intertrial Effekten analysiert. Erforscht wurden davon jene aufeinanderfolgenden Durchgänge, bei denen ein Farbkreis in beiden Durchgängen am gleichen Ort erschien, während der andere Farbkreis seinen Erscheinungsort wechselte. Dabei wurde ermittelt, ob jener Farbkreis, der seinen Platz beibehielt, von der Versuchsperson fälschlicherweise als früher erscheinend wahrgenommen und auch genannt wurde, was auf einen Intertrial Effekt der Platzierung hinweisen würde.

### **Verallgemeinertes lineares gemischtes Modell**

Die Analyse erfolgte anhand des Programmes R (R Core Team, 2013) und dem Package lme4 (Version 1.0-6, Bates, Maechler, Bolker, & Walker, 2013) mittels eines verallgemeinerten linearen gemischten Modells, wobei in der logistischen Regression die Bedingung als fixer Effekt galt und die Versuchspersonen als zufälliger Faktor betrachtet wurden. Es wurden zwei Modelle, je nach abhängiger Variable, erstellt. Die beiden abhängigen Variablen waren *favorisierte Antwort A*, mit der Bedeutung, dass A zuerst genannt wurde und *favorisierte Antwort B*, mit der Bedeutung, dass B zuerst genannt wurde. Beide Variablen wurden binär im logistischen Modell mit 0, beziehungsweise 1 kodiert. Unabhängige Variablen waren in beiden Modellen–bezogen auf die Platzierung–einmal Farbe A in den Ausprägungen *gleich* oder *gewechselt* und genauso im anderen Modell bei Farbe B.

Abbildung 7 veranschaulicht grafisch die Auswertung für das verallgemeinerte lineare gemischte Modell mit der abhängigen Variable *favorisierte Antwort A*.

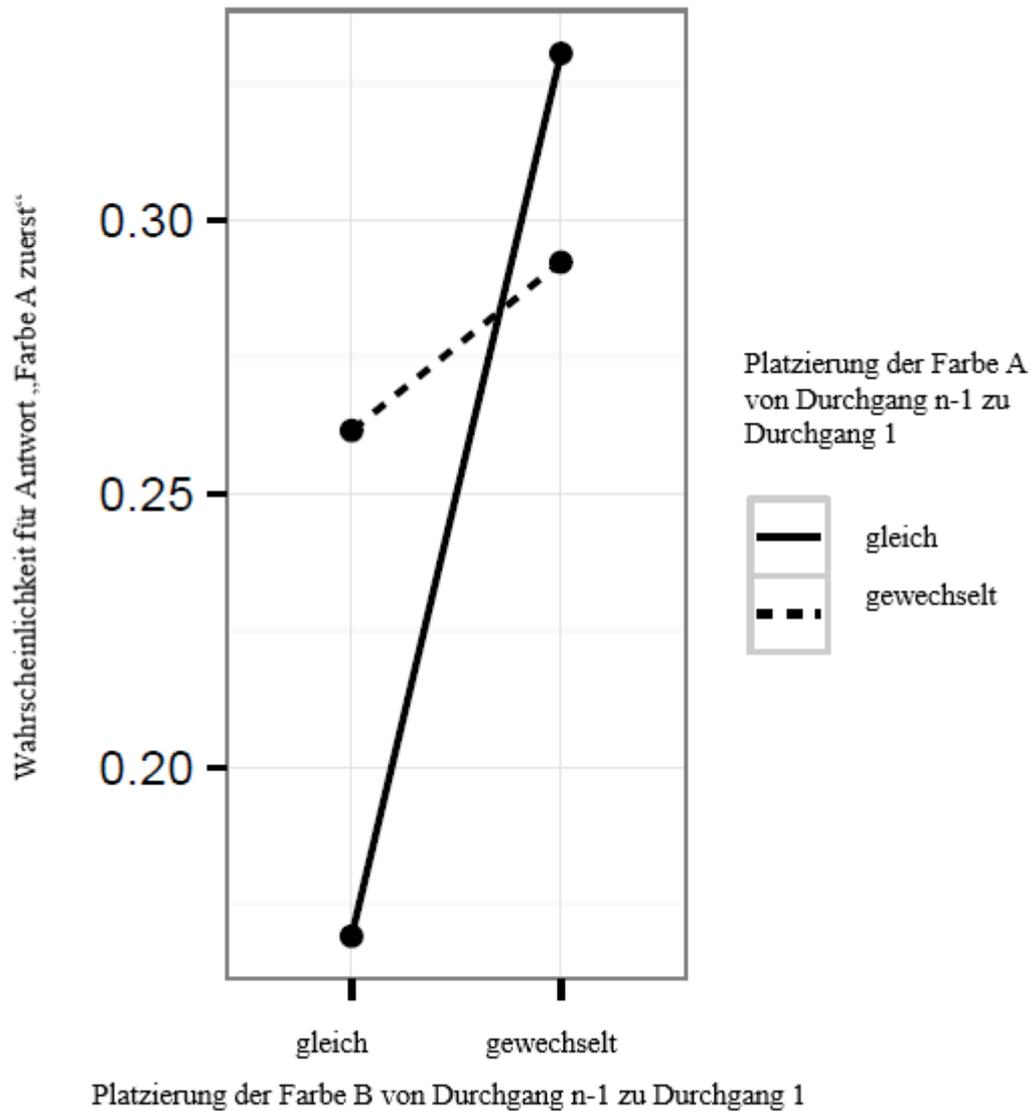


Abbildung 7. Intertrial Effekt für abhängige Variable favorisierte Antwort A.

Tabelle 1 veranschaulicht statistisch die Auswertung für das verallgemeinerte lineare gemischte Modell mit der abhängigen Variable favorisierte Antwort A.

Tabelle 1

*Haupteffekte und Interaktionen des verallgemeinerten linearen gemischten Modells für die abhängige Variable favorisierte Antwort A*

Parameter	Schätzung	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )
Intercept	-1.055	0.344	-3.064	0.002
Platzierung Farbe A	0.188	0.326	0.576	0.565
Platzierung Farbe B	0.520	0.316	1.643	0.100
PlaFarA x PlaFarB	-0.732	0.647	-1.132	0.258

Es konnten keine Effekte für die abhängige Variable favorisierte Antwort A festgestellt werden.

Abbildung 8 veranschaulicht grafisch die Auswertung für das verallgemeinerte lineare gemischte Modell mit der abhängigen Variable favorisierte Antwort B.

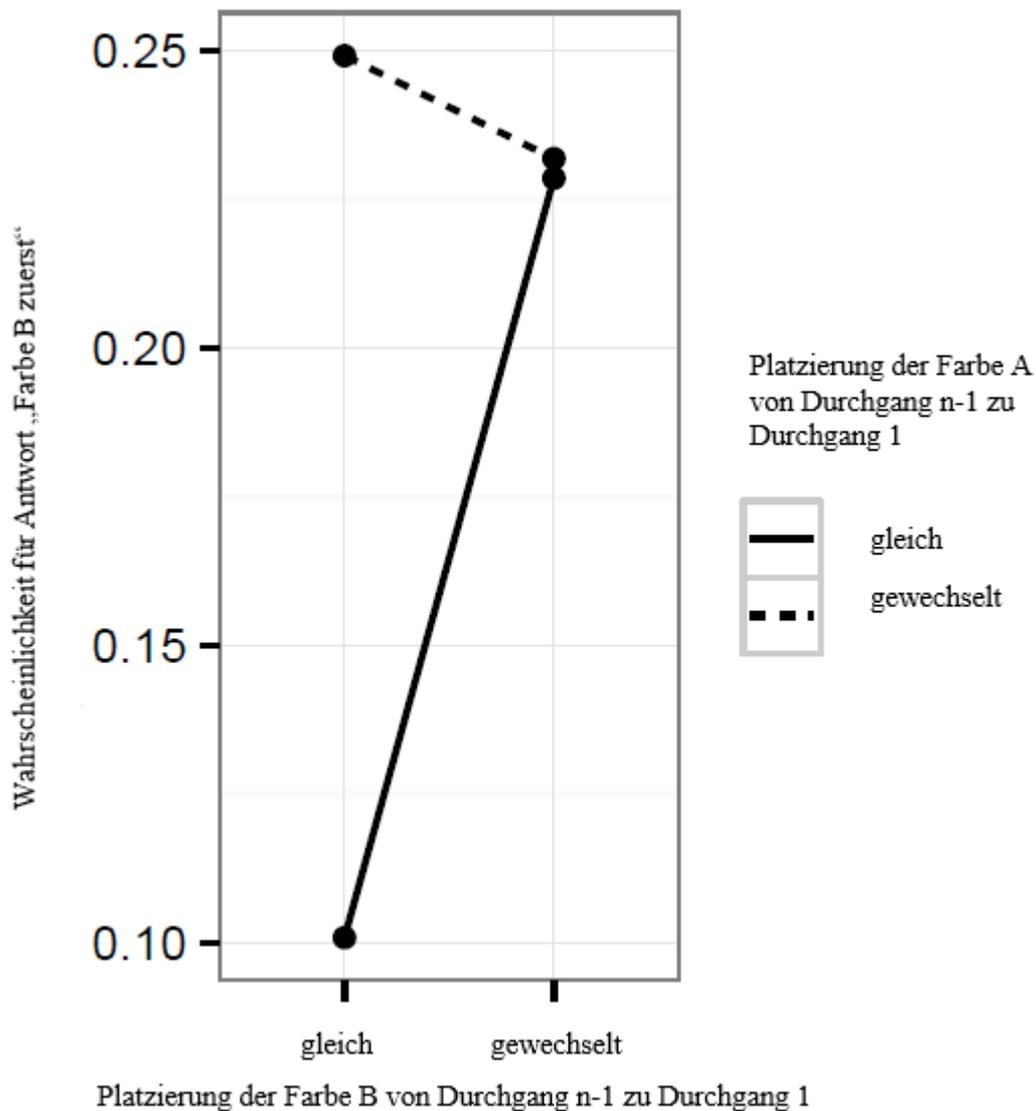


Abbildung 8. Intertrial Effekt für abhängige Variable favorisierte Antwort B.

Tabelle 2 veranschaulicht statistisch die Auswertung für das verallgemeinerte lineare gemischte Modell mit der abhängigen Variable favorisierte Antwort B.

Tabelle 2

*Haupteffekte und Interaktionen des verallgemeinerten linearen gemischten Modells für die abhängige Variable favorisierte Antwort B*

Parameter	Schätzung	Standardfehler	z-Wert	Pr(> z )
Intercept	-1.426	0.442	-3.226	0.001
Platzierung Farbe A	0.551	0.504	1.093	0.274
Platzierung Farbe B	0.438	0.524	0.835	0.404
PlaFarA x PlaFarB	-1.065	1.064	-1.001	0.317

Es konnten keine Effekte für die abhängige Variable favorisierte Antwort B festgestellt werden.

Bei einer Varianzanalyse wären die unabhängigen Variablen Farbe A in den Ausprägungen bezogen auf die Platzierung gleich oder gewechselt und Farbe B in den Ausprägungen gleich oder gewechselt. Aufgrund zu vieler fehlender Werte–nur fünf ProbandInnen verzeichneten genug Durchgänge in jeder Zelle beziehungsweise in jeder Faktor Level Kombination–konnte keine Varianzanalyse durchgeführt werden. Das oben erwähnte gemischte logistische Modell war daher besser geeignet.

Neben der behavioralen Analyse möglicher Intertrial Effekte, diente die Auswertung der EEG-Studie dem eigentlichen Untersuchungsgegenstand, nämlich der Erforschung von Prior Entry.

### **EEG-Studie**

Die EEG-Studie befasste sich mit unseren Fragestellungen bezüglich Prior Entry–einerseits mit schnellerer Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeitszuwendung, andererseits mit der Unterdrückung oder Verlangsamung unbeachteter Reize.

Um Artefakte durch Augenbewegungen auszuschließen, wurden all jene Durchgänge, die im horizontalen EOG den Schwellenwert von  $\pm 60 \mu\text{V}$ , beziehungsweise im vertikalen EOG den Schwellenwert von  $\pm 100 \mu\text{V}$ , überschritten, ausgeschlossen. Ebenso wurden sehr schwache Signale, mit einer Aktivität von weniger als  $0.5 \mu\text{V}$  Differenz zwischen den Abtastungen, mit einem Zeitfenster von 500 ms, sowie sehr starke Signalwechsel von mehr als  $50 \mu\text{V/ms}$  und auch sehr hohe Werte von  $\pm 80 \mu\text{V}$  ausgesondert.

### **Schnellere Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeitszuwendung**

Untersucht wurde, ob einem fälschlicherweise als schneller beurteilten Reiz zuvor Beachtung durch Aufmerksamkeitszuwendung geschenkt wurde. Es wurden ausschließlich synchrone Durchgänge für die Analyse herangezogen, allerdings waren alle Durchgänge, bei denen zwei horizontale Reize oder zwei vertikale Reize gleichzeitig präsentiert wurden, für die Analyse ungeeignet. Genauso waren Durchgänge, welche die Versuchspersonen mit dem Urteil *synchron* oder *unsicher* bewertet hatten, nicht zu verwenden. Daher variierte die Anzahl der verwertbaren Durchgänge pro Versuchsperson stark. Als Kriterium wurde die minimale Anzahl von 20 verwertbaren Durchgängen pro Versuchsperson festgelegt. Nur sieben Versuchspersonen erfüllten dieses Kriterium.

Nur jene Durchgänge, bei denen ein horizontaler gemeinsam mit einem vertikalen Reiz dargeboten wurde, waren für die Auswertung relevant. Dabei wurden einerseits die Bedingungen links horizontal-vertikal mit dem Urteil vertikal mit den Bedingungen rechts horizontal-vertikal mit dem Urteil vertikal zur Gruppe *vertikal zuerst* zusammengefasst. Andererseits wurden die Bedingungen links horizontal-vertikal mit dem Urteil links mit den Bedingungen rechts horizontal-vertikal mit dem Urteil rechts zur Gruppe *horizontal zuerst* zusammengefasst. Untersucht wurde, ob die Versuchsperson ihre Aufmerksamkeit auf den Reiz gerichtet hatte, den sie fälschlicherweise als zuerst erscheinend angab, was als Hinweis für Prior Entry gilt. Um dies festzustellen wurden die ERPs nahe der Positionen PO7 und PO8 analysiert. Nun wurden aus allen verwertbaren Durchgängen mit horizontal-vertikaler Reizvorgabe die ERPs mit dem Urteil horizontal zuerst mit den ERPs mit dem Urteil vertikal zuerst verglichen. Stets handelte es sich dabei um die gemittelten ERP Daten. Dabei zeigte sich–bezogen auf den horizontal dargebotenen Reiz–eine anhaltende Differenz zwischen den kontra- und ipsilateralen Elektroden, mit einer konstant höheren kontralateralen Negativität. In Abbildung 9 sind Amplitudeneffekte, jedoch keine Latenzeffekte zu erkennen.

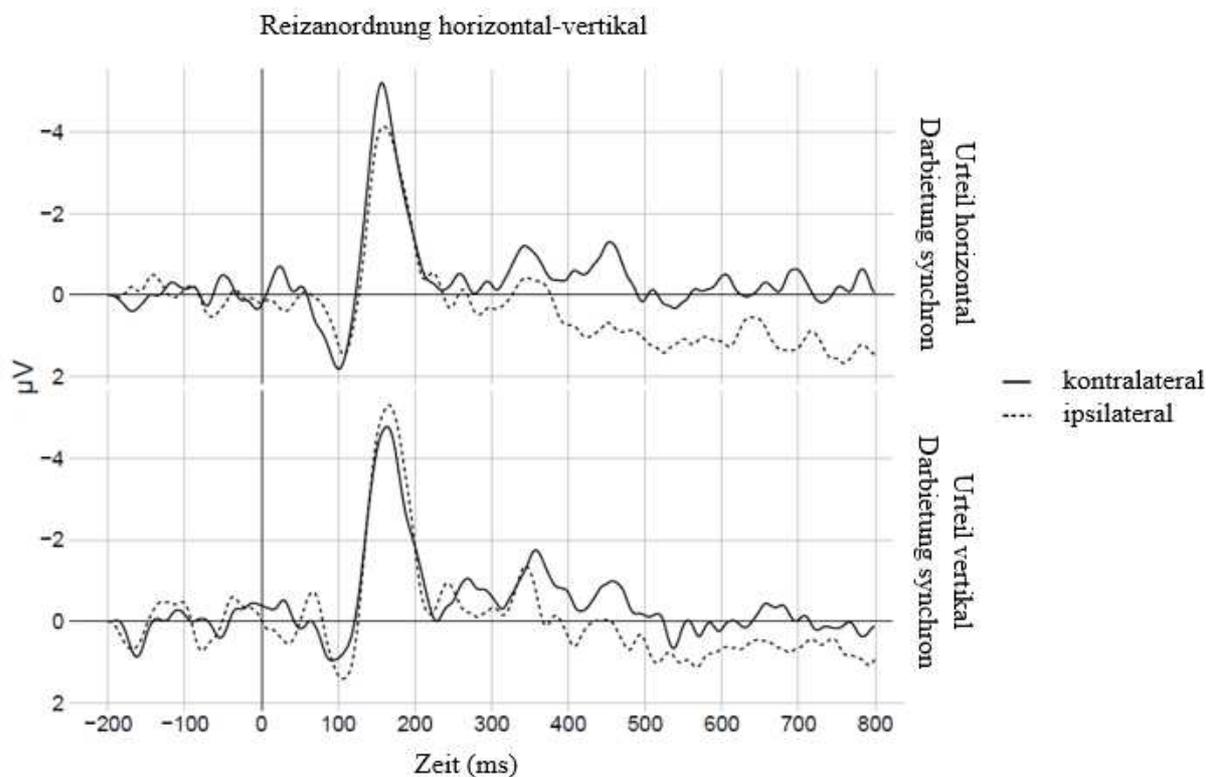


Abbildung 9. ERPs synchroner Durchgänge, Anordnung horizontal-vertikal. Die Wellenformen wurden zur besseren Illustration gefiltert (Butterworth, 4. Ordnung, 30 Hz low-pass). Für die statistische Auswertung wurden ungefilterte Werte herangezogen.

Im Zeitraum 110 bis 190 ms nach erfolgter Reizdarbietung wurde mit  $F(1, 6) = 9.915$ ,  $p = .020$ ,  $\eta_G^2 = .032$  ein signifikanter Effekt in der Interaktion zwischen den Faktoren Urteil und Elektrode festgestellt (s. Tab. 3).

Tabelle 3

*Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 110 bis 190 ms nach Reizdarbietung*

Effekt	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
Elektrode	1	6	0.069	0.802		0.0005
Urteil	1	6	13.330	0.011	*	0.047
Elektrode:Urteil	1	6	9.915	0.020	*	0.032

Anmerkungen. Tabelle 3 zeigt alle Effekte der Analyse.

Ein Zweistichproben-*t*-Test gegen Null ergab, wenn sich die Versuchspersonen für das Urteil horizontal entschieden, eine höhere Negativität in der Differenz zwischen kontra- und ipsilateral, zweiseitiger *p*-Wert,  $t(6) = -3.15$ ,  $p = .02$  verglichen mit dem Urteil vertikal.

Im Zeitraum 300 bis 800 ms nach erfolgter Reizdarbietung zeigte sich mit  $F(1, 6) = 61.270$ ,  $p = .0002$ ,  $\eta_G^2 = .062$  ein signifikanter Effekt zwischen den kontra- und ipsilateralen Elektroden, mit einer stärkeren kontralateralen Negativierung (s. Tab. 4).

Tabelle 4

*Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 300 bis 800 ms nach Reizdarbietung*

Effekt	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
Elektrode	1	6	61.270	0.0002	*	0.062
Urteil	1	6	0.398	0.551		0.003
Elektrode:Urteil	1	6	3.505	0.110		0.005

*Anmerkungen.* Tabelle 4 zeigt alle Effekte der Analyse.

Neben der Untersuchung, ob Aufmerksamkeit zu schnellerer Reizverarbeitung führen würde, war eine weitere Herangehensweise, die Frage zu stellen, ob die Versuchspersonen unbeachtete Reize langsamer verarbeiteten.

### **Unterdrückung nicht beachteter Reize**

Bei der Analyse, ob Versuchspersonen unbeachtete Reize langsamer verarbeiten würden, wurden erneut nur synchrone Durchgänge untersucht. Dabei wurden die ERPs zweier folgender Bedingungen erforscht: Verwendet wurden einerseits alle Durchgänge zweier horizontal dargebotener Reize, mit den Urteilen links oder rechts, die zur Anordnung *horizontal-horizontal* mit dem Urteil *horizontal* zusammengefasst wurden. Andererseits waren jene Durchgänge relevant, bei denen ein horizontaler und ein vertikaler Reiz gleichzeitig dargeboten wurden, dies konnte sein links horizontal-vertikal mit der Antwort links oder rechts horizontal-vertikal mit der Antwort rechts, wobei beide Varianten erneut zur Anordnung *horizontal-vertikal* mit dem Urteil *horizontal* zusammengefasst wurden. Auch hier ergab sich eine stark variierende Anzahl an verwertbaren Durchgängen pro Versuchsperson. Als Kriterium wurde wie zuvor die minimale Anzahl von 20 verwertbaren Durchgängen pro Versuchsperson festgelegt. Nur vier Versuchspersonen erfüllten dieses Kriterium. Zunächst sah es so aus, als würde sich in den Differenzen der kontra- und ipsilateralen Elektroden je nach Reizanordnung im Zeitraum 80 bis 150 ms nach Reizdarbietung eine P1 beziehungsweise N1 Modulierung zeigen. Im Bereich 300 bis 500 ms nach Reizdarbietung waren ebenso Differenzen zu erkennen. In der Anordnung horizontal-vertikal war die Negativierung kontralateral höher (s. Abb. 10).

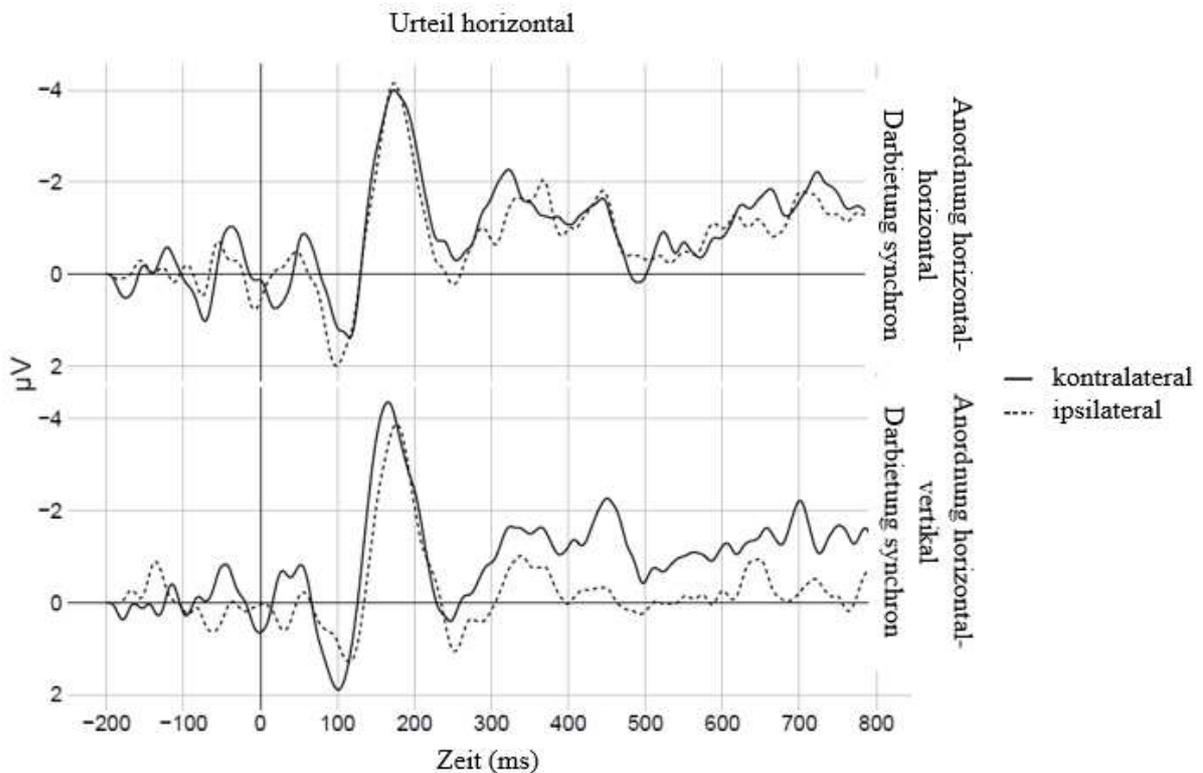


Abbildung 10. Kontra- und ipsilaterale ERPs synchroner Durchgänge, Urteil horizontal, Anordnung horizontal-horizontal (oben) und horizontal-vertical (unten). Die Wellenformen wurden zur besseren Illustration gefiltert (Butterworth, 4. Ordnung, 30 Hz low-pass). Für die statistische Auswertung wurden ungefilterte Werte herangezogen.

Im Zeitraum 80 bis 110 ms nach erfolgter Reizdarbietung war kein Effekt signifikant (s. Tab. 5).

Tabelle 5

*Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 80 bis 110 ms nach Reizdarbietung*

Effekt	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
Elektrode	1	3	0.025	0.885		0.0001
Anordnung	1	3	0.449	0.551		0.014
Elektrode:Anordnung	1	3	0.772	0.444		0.040

Anmerkungen. Tabelle 5 zeigt alle Effekte der Analyse.

Im Zeitraum 300 bis 800 ms nach erfolgter Reizdarbietung war mit  $F(1, 3) = 34.900$ ,  $p = .010$ ,  $\eta_G^2 = .051$  ein signifikanter Effekt der Elektroden festzustellen, dabei war die

Negativität kontralateral höher. Ebenso zeigte sich mit  $F(1, 3) = 53.770$ ,  $p = .005$ ,  $\eta_G^2 = .034$  eine Interaktion zwischen den Faktoren Elektrode und Anordnung (s. Tab. 6).

Tabelle 6

*Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 300 bis 800 ms nach Reizdarbietung*

Effekt	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
Elektrode	1	3	34.900	0.010	*	0.051
Anordnung	1	3	2.357	0.222		0.019
Elektrode:Anordnung	1	3	53.770	0.005	*	0.034

*Anmerkungen.* Tabelle 6 zeigt alle Effekte der Analyse.

Ein Zweistichproben-*t*-Test gegen Null ergab einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Elektroden bei zweiseitigem *p*-Wert,  $t(3) = 7.333$ ,  $p = .01$ .

### Diskussion

Zahlreiche Studien zu Prior Entry basierten auf der Grundlage von Reihenfolgeurteilen, den TOJ (Shore et al., 2001) beziehungsweise auf Simultanurteilen oder SJ (Spence & Parise, 2010). Dabei wurden in TOJ Studien stärkere Prior Entry Effekte festgestellt (Schneider & Bavelier, 2003; Shore et al., 2001; Stelmach & Herdman, 1991; Van der Burg et al., 2008; Zampini et al., 2005b). Als wichtige Komponenten wurden bei Versuchspersonen die subjektiv empfundene Simultanität, PSS, und die gerade noch wahrnehmbare Differenz, JND, ermittelt (Spence und Parise, 2010). Dabei kamen multimodale (Spence et al., 2001; Vibell et al., 2007; Zampini et al., 2005b) genauso wie unimodale Settings (Schneider & Bavelier, 2003) zur Anwendung. Die Aufmerksamkeitslenkung erfolgte exogen durch die Vorgabe dargebotener Hinweisreize (Schneider & Bavelier, 2003).

Um mögliche Fehlerquellen durch Beeinflussung auszuschließen, wurde in dieser Studie mit verdeckter und damit endogener Aufmerksamkeitsverlagerung gearbeitet. Ebenso wurde ein unimodales visuelles Setting gewählt, wodurch Verfälschung durch sensorische Bahnung (Schneider, & Bavelier, 2003) nicht zum Tragen kam.

Der Problematik durch mögliche unsichere Urteile (Shore et al., 2001; Stelmach & Herdman, 1991; Weiß & Scharlau, 2011) wurde in dieser Studie mit einer gemeinsamen Antwortkategorie für Unsicherheit oder auch empfundene Gleichzeitigkeit begegnet. Dies hatte

zur Folge, dass alle Durchgänge, die von Versuchspersonen mit dieser Antwortkategorie bewertet wurden, für die Auswertung nicht relevant waren und damit nicht ausgewertet wurden.

Es wurden sowohl asynchrone als auch synchrone Durchgänge geboten, allerdings wurden nur synchrone Durchgänge, die fälschlicherweise als asynchron beurteilt wurden, für die EEG-Studie analysiert. Dennoch erfolgte die Vorgabe asynchroner Durchgänge aus Gründen der Vollständigkeit, um nicht nur mit synchronen Bedingungen zu forschen. Des Weiteren konnte anhand asynchroner Durchgänge auch ermittelt werden, ob die Versuchspersonen in der Lage wären, synchrone und asynchrone Reizdarbietungen zu unterscheiden. Eine Überprüfung mittels *d*-Prime Werten zeigte, dass die Versuchspersonen dazu im Stande waren. Ein weiterer Grund, sich im Zuge der EEG-Studie nicht für die Analyse von asynchronen Durchgängen zu entschließen, war auch, dass durch die asynchrone Reizvorgabe möglicherweise ein Hinweisreizparadigma (Posner & Cohen, 1984), und damit wieder ungewollte exogene Aufmerksamkeitslenkung, hätte generiert werden können.

Mögliche weitere Fehlerquellen waren etwaige auftretende Intertrial Effekte (Krummenacher et al., 2010). Eine Analyse mittels eines verallgemeinerten linearen gemischten Modells zeigte keine Intertrial Effekte.

Es wurde nur mit rechtshändigen Versuchspersonen gearbeitet, daher kamen Effekte von einer eventuell bevorzugten Seite durch die Versuchspersonen nicht zum Tragen.

Wie bereits erwähnt, wurden ausschließlich fehlerhafte Urteile bei synchronen Reizdarbietungsdurchgängen näher ausgewertet. Fehlerhaft bedeutete, dass trotz gleichzeitiger Darbietung ein Farbkreis von der Versuchsperson als zuerst erschienen beurteilt wurde. Basierend auf die beiden Fragestellungen–nämlich einerseits, ob dem zuerst genannten Reiz Aufmerksamkeit geschenkt wurde oder andererseits auch der unbeachtete Reiz langsamer verarbeitet werden würde–wurden frühe ERP-Komponenten, die mit Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht werden, analysiert (Ansorge et al., 2011; Eimer, 1996; Wolber & Wascher, 2005; Weiß et al., 2013). Dabei wurden die ERP nahe der Positionen PO7 und PO8 untersucht.

In der ersten Fragestellung ging es darum, ob zuerst genannte Reize mit vorangehender Aufmerksamkeit und damit schnellerer Reizverarbeitung in Zusammenhang stehen würden. Wurde ein horizontaler Reiz als zuerst berichtet, zeigten sich in der grafischen Auswertung der gemittelten ERP dazu kontralateral zum genannten Reiz höhere Amplituden im Sinne einer stärkeren Negativierung in der N1 Komponente als ipsilateral. Ein Zweistichproben-*t*-Test wies

ebenso auf eine signifikant höhere Negativität in der Differenz zwischen kontra- und ipsilateralen ERPs hin. Da die N1 Komponente mit aufmerksamkeitsbedingtem Gating und Filterfunktionen in Wahrnehmungsprozessen in Zusammenhang steht (Wolber & Wascher, 2005), weist dieses Ergebnis auf eine verstärkte Reizwahrnehmung ähnlich wie bei McDonald et al. (2005) hin.

Im Zeitraum von 110 bis 190 ms nach Reizdarbietung zeigte eine Varianzanalyse einen signifikanten Unterschied der ERP in Abhängigkeit vom Urteilverhalten. Weiters gab es signifikante Interaktionen zwischen den Elektrodenpositionen und den Urteilen. Somit variierte der Effekt der Differenz zwischen kontra- und ipsilateraler Elektrodenposition je nach Urteil, beziehungsweise der Effekt des Urteils je nach Elektrodenposition, signifikant. Hier ließ sich erkennen, dass kontra- und ipsilaterales ERP stärker differierten, wenn die Versuchspersonen den horizontalen Reiz berichtet hatten, also dieser zuerst genannte Reiz offenbar tatsächlich beachtet wurde. Diese Ergebnisse werden mit Prior Entry in Verbindung gebracht.

Latenzeffekte der N2pc, die als Komponente für Aufmerksamkeitsverlagerung auf lateralisierte Reize gilt und deren frühere Verarbeitung erkennen lassen würde (Eimer, 1996; Ansorge et al., 2011), wären ein deutlicher Hinweis auf Prior Entry. Allerdings wurden keine signifikanten Differenzen in der N2pc zwischen kontra- und ipsilateralem Spektrum der ERPs verzeichnet.

Die zweite Fragestellung bezog sich darauf, dass nichtbeachtete Reize unterdrückt würden. Besonders hier war der Datensatz von vier Versuchspersonen, die das Kriterium von mindestens 20 verwertbaren Durchgängen erfüllten, viel zu klein. Der Vollständigkeit halber wurden die Ergebnisse angeführt und sie werden im Anschluss kurz diskutiert, sind jedoch ohne inhaltliche Relevanz und Aussagekraft.

Die grafische Analyse ließ im Zeitraum 80 bis 150 ms nach Reizvorgabe Modulierungen in der P1 und N1 Komponente in den gemittelten kontralateralen ERPs vermuten. Wie bereits erwähnt deutet eine höhere Positivierung der P1 beziehungsweise Negativierung der N1 auf verstärkte Schleusen- und Filterfunktion bei Wahrnehmungsprozessen (Wolber & Wascher, 2005) hin. In der Anordnung horizontal-horizontal zeigte sich ipsilateral eine stärkere Positivierung der P1 als kontralateral, wo hingegen bei der Anordnung horizontal-vertikal das Bild umgekehrt und hier kontralateral sowohl die P1 stärker positiv als auch die N1 stärker negativ als ipsilateral war.

Zur Frage der Inhibierungsprozesse (Weiß et al., 2013) müssten diese bei der horizontal-horizontalen Bedingung im Falle der Unterdrückung des zweiten horizontalen Reizes stärker erkennbar sein, da die Inhibierung des einen horizontalen Reizes zu einer Verstärkung des anderen beachteten horizontalen Reizes führt. Sowohl Beachtung als auch Inhibierung eines zweier horizontaler Reize bedingt eine kontra-ipsilaterale Differenz. In der horizontal-vertikalen Bedingung mit dem Urteil horizontal zuerst hingegen resultiert die Inhibierung des vertikalen Reizes in keiner kontra-ipsilateralen Differenz, da sich der unbeachtete vertikale Reiz nicht in den lateralen ERPs niederschlägt. Daher wäre eine größere Differenz in der horizontal-horizontalen verglichen mit der horizontal-vertikalen Bedingung mit Urteil horizontal ein Hinweis auf einen Inhibierungsprozess. Dieser Effekt konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Eine Varianzanalyse für den Bereich von 80 bis 110 ms nach Reizdarbietung ergab keine signifikanten Effekte. Im Bereich 300 bis 500 ms nach Reizvorgabe zeigten sich in der grafischen Analyse Differenzen zwischen den kontra- und ipsilateralen ERPs, eine Varianzanalyse für den Bereich 300 bis 800 ms nach Reizvorgabe unterstrich dies mit einem signifikanten Effekt zwischen den kontra- und ipsilateralen Elektroden, genauso wie ein signifikant ausgefallener Zweistichproben-*t*-Test. Größere Differenzen zwischen kontra- und ipsilateralen Elektroden bestanden in dieser Untersuchung in der Bedingung horizontal-vertikal mit Urteil horizontal. Sensorische Differenzen müssten sich in frühen Komponenten im ERP zeigen. Der beobachtete Effekt trat allerdings erst 300 ms nach Reizvorgabe auf, im anschließenden Zeitfenster 300 bis 500 ms war dies später als erwartet und auf mögliche andere Ursachen zurückzuführen, wie möglicherweise Prozesse im visuellen Kurzzeitgedächtnis (Woodman, 2010).

Darüber hinaus ergab sich ein signifikanter Effekt in der Interaktion zwischen Elektrodenposition und Reizanordnung, der jedoch nicht auf Unterschieden in der Reizanordnung beruhte.

Zusammenfassend konnte somit kein Inhibierungseffekt des unbeachteten Reizes aufgezeigt werden, allerdings lagen all diesen Ergebnissen Daten von zu wenigen Versuchspersonen zugrunde, und sie sind daher als nur bedingt gültig anzusehen.

Die Ausgangsstudien zu dieser Untersuchung waren EEG Studien zu Prior Entry von Vibell et al. (2007) und McDonald et al. (2005), wobei McDonald et al. (2005) nur Amplitudeneffekte, Vibell et al. (2007) Amplituden- und Latenzeffekte nachweisen konnten.

In dieser Studie konnten ebenfalls nur Amplitudeneffekte und keine Latenzeffekte festgestellt werden.

Die Anzahl der Versuchspersonen, die dem Kriterium von 20 verwertbaren Durchgängen entsprachen, waren bei der ersten Fragestellung mit sieben Versuchspersonen gering, bei der zweiten Fragestellung mit vier Versuchspersonen jedoch zu wenig. Es wäre sinnvoll, noch weitere Analysen mit einer größeren Zahl an Versuchspersonen mit verwertbaren Durchgängen durchzuführen.

Eine weitere Limitation ist, dass die Studie ausschließlich mit RechtshänderInnen durchgeführt wurde. Die gleichen Fragestellungen mit LinkshänderInnen zu erörtern, oder auch Links- und RechtshänderInnen einander gegenüberzustellen, wäre interessant.

Die vorgegeben Kreise an den verschiedenen Positionen waren isoluminant, unterschieden sich jedoch in deren Farben. Hier kann man etwaige farbliche Präferenzen nicht ausschließen, was allerdings keine potentielle Fehlerquelle darstellen dürfte, da es nicht relevant ist, wodurch die verdeckte Aufmerksamkeit der ProbandInnen erzielt wird. Dennoch ist ein möglicher weiterer Ansatz, die Untersuchung mit gleichfarbigen Farbkreisen durchzuführen.

Außerdem wurde den Versuchspersonen pro Experiment ein hohes Maß an Konzentration und Durchhaltevermögen abverlangt. Nachdem die Applikation der Elektrodenhaube und die Vorbereitung der Testung bereits etwa eine Stunde Zeit in Anspruch nahmen, mussten nach erfolgter Instruktion und 10 Übungsdurchgängen noch 560 Durchgänge durchgeführt werden. Mögliche Ermüdungserscheinungen durch die hohe Anzahl an Durchgängen sind hier nicht auszuschließen.

### **Conclusio**

Die vorliegende Studie zeigt verstärkte Aufmerksamkeit auf visuelle Reize anhand von Amplitudeneffekten, es existieren jedoch keine Latenzeffekte als Hinweis auf Prior Entry. Allerdings zeigen sich–je nach Urteil fälschlich früher wahrgenommener Reize–Differenzen zwischen kontra- und ipsilateralen ERPs, die mit endogenen Aufmerksamkeitsprozessen in Verbindung gebracht werden. Hier besteht ein Hinweis auf einen Prior Entry Effekt. Die Erforschung der Unterdrückung unbeachteter Reize liefert unzureichende Ergebnisse und muss aufgrund von zu geringer verwertbarer Daten erneut durchgeführt werden.

### Literatur

- Ansorge, U. (2006). Die Rolle von Absichten bei der automatischen Verarbeitung visuell-räumlicher Reizinformation. *Psychologische Rundschau*, *57*, 2-12. doi:10.1026/0033-3042.57.1.2
- 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
- Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: A failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*, 437-443. doi:10.1016/j.tics.2012.06.010
- Bates, D. M., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2013). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. Abgerufen von <https://github.com/lme4/lme4/>
- Baylis, G. C., & Driver, J. (1993). Visual attention and objects: Evidence for hierarchical coding of location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *19*, 451-470. doi:10.1037/0096-1523.19.3.451
- Baylis, G. C., Simon, S. L., Baylis, L. L., & Rorden, C. (2002). Visual extinction with double simultaneous stimulation: What is simultaneous? *Neuropsychologia*, *40*, 1027-1034. doi:10.1016/S0028-3932(01)00144-0
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, *10*(4), 433-436 doi:10.1163/156856897X00357
- Brentano, F. (1874). *Psychologie vom empirischen Standpunkt*. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Chatrrian G. E., Lettich E., & Nelson P. L. (1985). Ten percent electrode system for topographic studies of spontaneous and evoked EEG activity. *American Journal of EEG Technology*, *25*, 83-92. doi:10.1080/00029238.1985.11080163
- Correa, A., Lupiáñez, J., Madrid, E., & Tudela, P. (2006). Temporal attention enhances early visual processing: A review and new evidence from event-related potentials. *Brain Research*, *1076*, 116-128. doi:10.1016/j.brainres.2005.11.074
- Coull, J. T., & Nobre, A. T. (1998) Where and when to pay attention: The neural systems for directing attention to spacial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *The Journal of Neuroscience*, *18*(18), 7426-7435.

- 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
- Dove, M. E., Eskes, G., Klein, R. M., & Shore, D. (2007). A left attentional bias in chronic neglect: A case study using temporal order judgments. *Neurocase*, *13*, 37-49. doi:10.1080/13554790601174146
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*, 501-517. doi:10.1037/0096-3445.113.4.501
- Egeth, H. (1967). Selective attention. *Psychological Bulletin*, *67*, 41-57. doi:10.1037/h0024088
- Eimer, M. (1996). The N2pc component as an indicator of attentional selectivity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *99*(3), 225-34. doi:10.1016/0013-4694(96)95711-9
- El Etr, T. (2014). *Prior Entry* (Diplomarbeit). Universität Wien.
- Felleman, D. J., & Van Essen, D. C. (1991). Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex. *Cerebral Cortex*, *1*(1), 1-47. doi:10.1093/cercor/1.1.1
- Firbas, W., Gruber, H., & Mayr, R. (2002). *Neuroanatomie* (3. Auflage). Wien: Wilhelm Maudrich.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 1030-1044. doi:10.1037/0096-1523.18.4.1030
- Found, A., & Müller, H. (1996). Searching for unknown feature targets on more than one dimension: Investigating a „dimension-weighting“ account. *Perception & Psychophysics*, *58*(1), 88-101. doi:10.3758/BF03205479
- Geiger, M. (1903). Neue Complicationsversuche [New complication studies]. *Philosophische Studien*, *18*, 347-436.
- Guerrini, C., Berlucchi, G., Bricolo, E., & Aglioti, S. M. (2003). Temporal modulation of spatial tactile extinction in right-brain-damaged patients. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*, 523-536. doi:10.1162/089892903321662912
- Helmholtz, H. v. (1867). *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig: Leopold Voss.

- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1). New York: Henry Holt.
- Johnston, W. A., & Dark, V. J. (1986). Selective attention. *Annual Review of Psychology*, *37*, 43-75. doi:10.1146/annurev.ps.37.020186.000355
- Karnath, H., Zimmer, U., & Lewald, J. (2002). Impaired perception of temporal order in auditory extinction. *Neuropsychologia*, *40*, 1977-1982. doi:10.1016/S0028-3932(02)00061-1
- Kleiner, M., Brainard, D., & Pelli, D. (2007) What's new in Psychtoolbox-3? *Perception* *36* ECVF Abstract Supplement.
- Krummenacher, J., Grubert, A., & Müller, H. J. (2010). Inter-trial and redundant-signals effects in visual search and discrimination tasks: Separable pre-attentive and post-selective effects. *Vision Research*, *50*(14), 1382-1395. doi:10.1016/j.visres.2010.04.006
- Lee, K.-W., & Choo, H. (2013). A critical review of selective attention: An interdisciplinary perspective. *Artificial Intelligence Review*, *40*, 27-50. doi:10.1007/s10462-011-9278-y
- 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
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1994). Priming of pop-out: I. Role of features. *Memory & Cognition*, *22*(6), 657-672. doi:10.3758/BF03209251
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1996). Priming of pop-out: II. The role of position. *Perception & Psychophysics*, *58*(7), 977-991. doi:10.3758/BF03206826
- McDonald, J. J., Teder-Sälejärvi, W. A., Di Russo, F., & Hillyard, S. A. (2005). Neural basis of auditory-induced shifts in visual time-order perception. *Nature Neuroscience*, *8*, 1197-202. doi:10.1038/nn1512
- Mortier, K., Theeuwes, J., & Starreveld, P. (2005). Response selection modulates visual search within and across dimensions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *31*(3), 542-557. doi:10.1037/0096-1523.31.3.542
- Moseley, G. L., Gallace, A., & Spence, C. (2009). Space-based, but not arm-based, shift in tactile processing in complex regional pain syndrome and its relationship to cooling of the affected limb. *Brain*, *132*, 3142-3151. doi:10.1093/brain/awp224

- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97-113. doi:10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Pelli, D. G. (1997). The videotoolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, *10*(4), 437-442. doi:10.1163/156856897X00366
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3-25. doi:10.1080/00335558008248231
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D. G. Bouwhuis (Hrsg.), *Attention and Performance, X: Control of Language Processes* (S.531-556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Abgerufen von <http://www.r-project.org>
- Robertson, I. H., Mattingley, J. B., Rorden, C., & Driver, J. (1998). Phasic alerting of neglect patients overcomes their spatial deficit in visual awareness. *Nature*, *395*, 169-173. doi:10.1038/25993
- Rorden, C., Mattingley, J. B., Karnath, H.-O., & Driver, J. (1997). Visual extinction and prior entry: Impaired perception of temporal order with intact motion perception after unilateral parietal damage. *Neuropsychologia*, *35*, 421-433. doi:10.1016/S0028-3932(96)00093-0
- Schneider, K. A., & Bavelier, D. (2003). Components of visual prior entry. *Cognitive Psychology*, *47*(4), 333-366. doi:10.1016/S0010-0285(03)00035-5
- Seibold, V. C., Fiedler, A., & Rolke, B. (2011) Temporal attention shortens perceptual latency: A temporal prior entry effect. *Psychophysiology*, *48*, 708-717. doi:10.1111/j.1469-8986.2010.01135.x
- Sinnet, S., Jucandella, M., Rafal, R., Azañón, E., & Soto-Faraco, S. (2007). A dissociation between visual and auditory hemi-inattention: Evidence from temporal order judgements. *Neuropsychologia*, *45*, 552-560. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.03.006
- Shore, D. I., Spence, C., & Klein, R. M. (2001). Visual prior entry. *Psychological Science*, *12*, 205-212. doi:10.1111/1467-9280.00337

- Spence, C., & Parise, C. (2010). Prior-entry: A review. *Consciousness and Cognition, 19*(1), 364-379. 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. doi:10.1037/0096-3445.130.4.799
- Stelmach, L. B., & Herdman, C. M. (1991). Directed attention and perception of temporal order. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 17*, 539-550. doi:10.1037/0096-1523.17.2.539
- Stone, S. A. (1926). Prior entry in the auditory-tactual complication. *American Journal of Psychology, 37*, 284-287. doi:10.2307/1413699
- Thews, G., Mutschler, E., & Vaupel, P. (1999): *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*. (5. Auflage). Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Titchener, E. B. (1908). *Lectures on the elementary psychology of feeling and attention*. New York: MacMillian Company.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 12*, 242-248. doi:10.1080/17470216008416732
- Van Damme, S., Gallace, A., Spence, C., Crombez, G., & Moseley, G. L. (2009). Does the sight of physical threat induce a tactile processing bias? Modality specific facilitation of attention induced by viewing threatening pictures. *Brain Research, 1253*, 100-106. doi:10.1016/j.brainres.2008.11.072
- Van der Burg, E., Olivers, C. N. L., Bronkhorst, A. W., & Theeuwes, J. (2008). Audiovisual events capture attention: Evidence from temporal order judgments. *Journal of Vision, 8*(5), 2. 1-10. doi:10.1167/8.5.2
- Vibell, J., Klinge, C., Zampini, M., Spence, C., & Nobre, A. 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*(1), 109-120. doi:10.1162/jocn.2007.19.1.109
- Wagener, A., & Hoffmann, J. (2010). Temporal cueing of target-identity and target-location. *Experimental Psychology, 57*, 436-445. doi:10.1027/1618-3169/a000054
- Waldeyer, A., & Mayet, A. (1993). *Anatomie des Menschen Band 2*. (16., neubearbeitete Auflage). Berlin: De Gruyter.

- Weiß, K., Hilkenmeier, F., & Scharlau, I. (2013). Attention and the speed of information processing: Posterior entry for unattended stimuli instead of prior entry for attended stimuli. *PLoS ONE* 8(1): e54257. doi:10.1371/journal.pone.0054257
- Weiß, K., & Scharlau, I. (2011). Simultaneity and temporal order perception: Different sides of the same coin? Evidence from a visual prior-entry study. *Quarterly journal of Experimental Psychology*, 64(2), 394-416. doi:10.1080/17470218.2010.495783
- 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. doi:10.1016/j.actpsy.2011.10.007
- Wolber, M., & Wascher, E. (2005). The posterior contralateral negativity as a temporal indicator of visuo-spatial processing. *Journal of Psychophysiology*, 19(3), 182-194. doi:10.1027/0269-8803.19.3.182
- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72, 2031–2046. doi: 10.3758/APP.72.8.2031
- Wundt, W. (1896). *Grundriß der Psychologie*. Leipzig: Engelmann.
- Zampini, M., Bird, K. S., Bentley, D. E., Watson, A., Barrett, G., Jones, A. K., Spence, C. (2007). ‚Prior entry‘ for pain: Attention speeds the perceptual processing of painful stimuli. *Neuroscience Letters*, 414, 75-79. doi:10.1016/j.neulet.2006.12.006
- Zampini, M., Guest, S., Shore, D. I., & Spence, C. (2005a). Audio-visual simultaneity judgments. *Perception & Psychophysics*, 67, 531-544. doi:10.3758/BF03193329
- Zampini, M., Shore, D. I., & Spence, C. (2005b). Audiovisual prior entry. *Neuroscience Letters*, 381, 217-222. doi:10.1016/j.neulet.2005.01.085

**Abbildungsverzeichnis**

<i>Abbildung 1.</i> Schematisierter Verlauf der Sehbahn (adaptiert von Firbas et al., 2002; Thews, Mutschler, & Vaupel, 1999).....	22
<i>Abbildung 2.</i> Mechanismen im Zuge des Wahrnehmungsprozesses (adaptiert von Schneider, & Bavelier, 2003).....	27
<i>Abbildung 3.</i> Verschiedene Arten der Reizdarbietung.....	32
<i>Abbildung 4.</i> Beispielhafte Farben und Anordnung der Zielreize.....	33
<i>Abbildung 5.</i> Anordnung der Elektrodenpositionen der EEG-Haube.....	36
<i>Abbildung 6.</i> Mögliche Reizkombinationen.....	38
<i>Abbildung 7.</i> Intertrial Effekt für abhängige Variable favorisierte Antwort A.....	41
<i>Abbildung 8.</i> Intertrial Effekt für abhängige Variable favorisierte Antwort B.....	42
<i>Abbildung 9.</i> ERPs synchroner Durchgänge, Anordnung horizontal-vertikal.....	45
<i>Abbildung 10.</i> Kontra- und ipsilaterale ERPs synchroner Durchgänge, Urteil horizontal, Anordnung horizontal-horizontal (oben) und horizontal-vertikal (unten).....	47

Ich habe mich bemüht, sämtliche InhaberInnen der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 <i>Haupteffekte und Interaktionen des verallgemeinerten linearen gemischten Modells für die abhängige Variable favorisierte Antwort A</i> .....	41
Tabelle 2 <i>Haupteffekte und Interaktionen des verallgemeinerten linearen gemischten Modells für die abhängige Variable favorisierte Antwort B</i> .....	43
Tabelle 3 <i>Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 110 bis 190 ms nach Reizdarbietung</i> .....	45
Tabelle 4 <i>Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 300 bis 800 ms nach Reizdarbietung</i> .....	46
Tabelle 5 <i>Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 80 bis 110 ms nach Reizdarbietung</i> .....	47
Tabelle 6 <i>Varianzanalyse der Amplituden an kontra- und ipsilateralen Elektroden im Zeitraum 300 bis 800 ms nach Reizdarbietung</i> .....	48

## **Anhang**

### **Danksagung**

Ein großer Dank ergeht an Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge sowie an Dr.<sup>in</sup> Isabella Fuchs-Leitner und Mag. Christoph Huber-Huber für die Unterstützung bei der vorliegenden Arbeit und die inspirierenden Ideen auf dem Fachgebiet der Kognitionspsychologie.

Danke besonders an meinen Partner Mag. Johannes Scheutz und meine Eltern Margit Drexler, MEd. und Dir. Wolfgang Drexler, aber auch an Freundinnen und Freunde–für die Kraft, die ihr mir gebt, in freudvollen und auch besonders in schwierigen Zeiten.

Danke an alle Lehrpersonen, die mir während des Studiums zahlreiche interessante Inhalte vermittelt haben und an alle KollegInnen, die ich während des Studiums treffen durfte und mit denen die Zusammenarbeit viel Freude bereitet hat.

# Curriculum Vitae

Mag. Esther Drexler, BEd.



## Persönliches

Geburtsdatum/-ort | 20.Juli 1976, Wien  
Nationalität | Österreich

## Berufserfahrung

### Lehr- und Referententätigkeit

2013 - Referentin Pädagogische Hochschule, 1100 Wien  
2012 - Pädagogin und klassenführende Lehrerin PVS Pädagogische Hochschule, 1100 Wien  
2006 - Praxislehrerin im Rahmen der Schulpraktischen Studien, PH, 1100 Wien  
2004 - 2008 Klassenführung einer „Internationalen Klasse“ mit Schwerpunkt Englisch, Französisch, Teilnahme an EU- Projekten  
2002 - 2006 Seminarreferentin für Erwachsenenbildung, Computerkurs „CBN“ und Akademielehrgang „Darstellendes Spiel“, PI, 1070 Wien  
2000 - 2012 Volksschullehrerin, GTVS Reichsapfelgasse, 1150 Wien

### Dienstleistungs- und Freizeitbereich

2011 Eventbetreuung/ Organisation, Indeed, 1180 Wien  
2008 - Reiseleitung, Jumbo Touristik/ Ruefa, 1030 Wien, GTA-Skyways, 1230 Wien, Columbus Reisen, 1010 Wien, Elite Tours, 1010 Wien  
2008 - 2010 Flight Attendant und Senior Flight Attendant, NIKI Luftfahrt GmbH, 1300 Wien  
2005 - Fitnesstrainerin, VHS Penzing, 1140 Wien, Club Danube Wien  
2000 - 2007 Schi- und Snowboardlehrerin, Schischule Pflug, 2880 St. Corona/ Wechsel  
1998 - 2004 Betreuerin, Sommer- und Wintersportwochen, Kinderfreunde, 1080 Wien  
1997 - 1999 Masseurin, Club Danube Lugner City, 1150 Wien

### EU Projekte

2005 - 2007 Koordination Comenius Projekt „A continent without borders“, Arbeitssprache Englisch und Deutsch, Partnerländer: Malta, Polen. Betreuung durch den Österreichischer Austauschdienst, Nationalagentur Lebenslanges Lernen (vormals Sokrates), 1010 Wien, Hauptsitz Brüssel  
2002 - 2005 Teilnahme Comenius-Projekt „Growing up in Europe“, Arbeitssprache Englisch und Deutsch, Partnerländer: Spanien, Italien, Island, Zypern, Dänemark

## Publikationen/ wissenschaftliche und vorwissenschaftliche Arbeiten

2013 Quo vadis Hauptschule? Schulentwicklung Sekundarstufe: Aktuelle Bestandsaufnahme und Ausblicke am Beispiel Tirol. Saarbrücken: Akademiker Verlag.

2012	<b>Magisterarbeit Gesundheitswissenschaften:</b> Quo vadis Hauptschule? Schulentwicklung Sekundarstufe: Aktuelle Bestandsaufnahme und Ausblicke am Beispiel Tirol. (Förderpreis der Arbeiterkammer Tirol)
2000	<b>Diplomarbeit Erziehungswissenschaft und Unterrichtswissenschaft:</b> Theoretische und praktische Aspekte des Sozialen Lernens unter besonderer Berücksichtigung der sozialen Entwicklung von Volksschulkindern.
1994	<b>Fachbereichsarbeit:</b> Lernen

## Ausbildung

2013	<b>Nachqualifizierung Bachelor of Education,</b> PH Wien
2010 - 2012	<b>Magisterstudium Gesundheitswissenschaften,</b> UMIT Wien
2011	<b>Wanderführer Grund- und Intensivmodul,</b> VAVÖ, 1010 Wien
2011	<b>Reiseleitung und Reisebegleitung,</b> Club Europa, 1010 Wien
2008 - 2010	<b>Flugbegleiterin/ Senior-Flugbegleiterin,</b> NIKI Luftfahrt GmbH, 1300 Wien
2004	<b>Aerobic- und Fitnesstrainerin,</b> USI, 1150 Wien
2001 -	<b>Studium Psychologie/ Französisch/ Spanisch,</b> Universität Wien
1997 - 2000	<b>Diplomstudium Volksschullehramt,</b> Pädagogische Hochschule Wien <b>Lehramtsprüfung:</b> Diplompädagogin für Volksschulbereich, Juni 2000 <b>Zusatzausbildung:</b> Englisch (Lollipop), Französisch (Papillon), Informatik, Kursleiterberechtigung (Eislauf, Schi, Langlauf, Snowboard)
1996 - 1997	<b>Masseurin</b> (Klassische Massage, Manuelle Lymphdrainage, Fußreflexzonenmassage), Herricht, 1010 Wien
1994 - 1997	<b>Studium Medizin,</b> Universität Wien
1986 - 1994	<b>AHS</b> (neusprachlicher Zweig), BRG 15, 1150 Wien <b>Matura:</b> Juni 1994 mit ausgezeichnetem Erfolg

## Kenntnisse und Interessen

	<b>Fremdsprachenausbildungen und -praxis</b>	
2007	<b>Spanisch Sprachlehraufenthalt,</b> Sprachcafé, Havanna/ Kuba	
2005	<b>Auslandsaufenthalt in Mexiko/ Guatemala/ Belize</b>	
2001 - 2003	<b>Sprachkurs Spanisch,</b> Instituto Cervantes/ Wien	
2002	<b>Französisch Sprachlehraufenthalt,</b> Universität Perpignan/ Frankreich	
1998	<b>Englisch Sprachlehraufenthalt,</b> Universität East Anglia, Norwich/ Großbritannien	
	<b>Ehrenamtliche Tätigkeiten</b>	
2007 -	<b>Kabarettssammlerin,</b> SOS Mitmensch, 1070 Wien	
2005 - 2009	<b>Vorstandstätigkeit,</b> Gemeinnützige Bau-, Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft „Patria“, 1200 Wien	
<b>Sprachen</b>	- Deutsch	Muttersprache
	- Englisch	verhandlungssicher
	- Spanisch	in Wort und Schrift
	- Französisch	in Wort und Schrift
<b>Kenntnisse</b>	- MS Office (Word, Excel, Power Point, Outlook), ECDL (PI Wien), SPSS	