



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Die Art der Beeinflussung der Augenbewegungen durch unbewusste und bewusste Reize mit plötzlichem Beginn

Verfasserin

Hanna Weichselbaum

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge

“For me, it has always been fun, you know, the excitement of new ideas. Let your imagination go and check it out if you can. Think of ways of bringing it down to earth so that you can actually test it.”

Anne Treisman (VideosatNSF, 2013)

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeitsstudie ist die Analyse der Art der okulomotorischen Verlagerung durch einen unbewussten im Vergleich zu einem bewussten Ablenkungsreiz mit plötzlichem Beginn durch Messung der Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung. Ober- oder unterhalb eines mittigen Fixationskreuzes befand sich der Zielreiz, zu dem 26 Versuchspersonen vertikale Sakkaden ausführten. Ein kurz vorher präsentierter Ablenkungsreiz befand sich entweder in der gleichen vertikalen Bildschirmhälfte wie der Zielreiz oder in der gegenüberliegenden. Der Ablenkungsreiz wurde unbewusst oder bewusst präsentiert. Er hatte entweder dieselbe Kontrastpolarität wie der Zielreiz (hell oder dunkel) oder unterschiedliche. Nach der Theorie der reizgetriebenen okulomotorischen Verlagerung beeinflusst der Kontrastunterschied des Ablenkungsreizes zum Hintergrund die Augenbewegungen, unabhängig davon, ob helle oder dunkle Zielreize gesucht werden. Nach der Theorie der absichtsgetriebenen okulomotorischen Verlagerung beeinflussen nur jene Ablenkungsreize die Augenbewegungen, die der Kontrastpolarität des Zielreizes entsprechen. Die Sakkadenlatenz wurde sowohl durch bewusste als auch unbewusste Ablenkungsreize beeinflusst. Diese war bei einem Ablenkungsreiz in der gleichen vertikalen Bildschirmhälfte wie der Zielreiz kürzer als in der gegenüberliegenden. Dies zeigte sich für Ablenkungsreize gleicher und unterschiedlicher Polarität und spricht daher für reizgetriebene okulomotorische Verlagerung. Das entspricht der Sakkadenabweichung, die keinen Einfluss der Kontrastpolarität zeigte, allerdings nur von bewussten Reizen beeinflusst wurde. Erst die Sakkadenendpunktabweichung zeigte okulomotorische Verlagerung abhängig von der gesuchten Kontrastpolarität. Auf Basis der Sakkadenlatenz wird geschlossen, dass unbewusste Reize mit plötzlichem Beginn die Augenbewegungen reizgetrieben beeinflussten.

Schlüsselwörter: Aufmerksamkeitsverlagerung, Kontrastpolarität, plötzlicher Beginn, Sakkaden, unbewusst

Abstract

The goal of the diploma thesis at hand is to analyse the way of oculomotor capture by an unconscious compared to a conscious abrupt onset distractor by measuring saccade latency, saccade deviation and saccade endpoint deviation. Twenty-six participants executed vertical saccades to a target above or below a centred fixation cross. A distractor presented shortly before was located in the same vertical hemifield as the target or in the opposite one. The distractor was presented unconsciously or consciously. It had either the same or a different contrast polarity compared to the target (dark or light). According to a bottom-up view of oculomotor capture, the contrast difference compared to the background influences the eye movements, independent of the searched-for contrast polarity of the target. According to a top-down view, only those distractors with the target's polarity influence the eye movements. The saccade latency was influenced by unconscious and conscious distractors showing a shorter latency for a distractor presented in the same hemifield compared to the opposite hemifield. This effect was found for distractors of the same as well as different polarity showing bottom-up oculomotor capture. This is in line with the saccade deviation showing no influence of the contrast polarity. However, saccade deviation was influenced solely by conscious distractors. Only the saccade endpoint deviation showed oculomotor capture dependent on the searched-for polarity. On the basis of the saccade latency it is concluded that unconscious abrupt onset distractors captured the eyes in a bottom-up way.

Keywords: attentional capture, contrast polarity, abrupt onset, saccades, unconscious

Inhaltsverzeichnis

Einführung	9
Selektive visuelle Aufmerksamkeit	9
Reizgetriebene versus absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung	12
Unbewusste Verarbeitung	15
Reizgetriebene versus absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewusster Verarbeitung	17
Aufmerksamkeitsverlagerung gemessen durch Augenbewegungen	19
Die Prämotortheorie der Aufmerksamkeit	20
Colliculi Superiores	20
Sakkaden	21
Reizgetriebene versus absichtsgetriebene okulomotorische Verlagerung	24
Mehrwert der aktuellen Studie	26
Ausgangsstudie von Van der Stigchel, Mulckhuysen und Theeuwes (2009)	27
Die experimentelle Herstellung der unbewussten Verarbeitung	29
Ziel und Fragestellung der aktuellen Studie	30
Hypothese der reizgetriebenen okulomotorischen Verlagerung	31
Hypothese der absichtsgetriebenen okulomotorischen Verlagerung	33
Hypothese der Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe	33
Methode	33
Stichprobe	33
Apparatur	34
Versuchsablauf und –design	34
Datenanalyse	37
Ergebnisse	38
Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe	38
Sakkadenaufgabe	39
Sakkadenlatenz	39
Sakkadenabweichung	41
Sakkadenendpunktabweichung	42
Diskussion	44

Conclusio	55
Literaturverzeichnis	56
Abbildungsverzeichnis	67
Anhang	68

Einführung

Unsere visuelle Umwelt besteht aus einer Vielzahl an Reizen. Wir verlagern unsere Aufmerksamkeit auf ausgewählte Reize (Egeth, 1967). Wie diese Reize ausgewählt werden, ist Thema der vorliegenden Diplomarbeit. Diese Arbeit verbindet die Forschung zur Selektion der Reize, auf die Aufmerksamkeit verlagert wird, mit der Methode der Messung von Augenbewegungen. Gleichzeitig wird untersucht, ob die Art der *okulomotorischen Verlagerung* (englisch [engl.] „oculomotor capture“; vgl. Al-Aidroos & Pratt, 2010) bei bewusster und unbewusster Verarbeitung der Reize in gleicher Weise stattfindet. Okulomotorische Verlagerung bezeichnet die Beeinflussung der Augenbewegungen durch einen Reiz (vgl. Al-Aidroos & Pratt, 2010).

Die Einführung beginnt mit einer Definition selektiver visueller Aufmerksamkeit. Daraufhin wird die Debatte nach der Art der Aufmerksamkeitsverlagerung erläutert. Es wird unbewusste Verarbeitung definiert und ihre mögliche Funktionsweise erklärt. Danach werden Studien zur Art der Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewusster Verarbeitung des Reizes präsentiert. Die Aufmerksamkeitsverlagerung gemessen durch Augenbewegungen wird begründet durch die Prämotortheorie der Aufmerksamkeit (Rizzolatti, Riggio, & Sheliga, 1994) sowie die Funktionen der Colliculi Superiores im Mittelhirn (vgl. White & Munoz, 2011). Es werden die gemessenen Augenbewegungen definiert und es wird ihr möglicher neuronaler Ursprung erläutert. Ausgehend von Studien zur Art der Aufmerksamkeitsverlagerung gemessen durch Augenbewegungen wird der Mehrwert der aktuellen Studie dargestellt. Die Ausgangsstudie von Van der Stigchel, Mulckhuysen und Theeuwes (2009) wird erklärt und es werden ihre Ergebnisse diskutiert. Außerdem wird die Herstellung der unbewussten Verarbeitung nach diesem Design begründet. Daraufhin werden das Ziel der aktuellen Studie sowie deren Fragestellung und Hypothesen erläutert. Nach der theoretischen Einführung folgen die Beschreibung des Experiments sowie dessen Ergebnisse. Abschließend werden die Ergebnisse in der Diskussion interpretiert. Die Conclusio fasst die Erkenntnisse zusammen.

Selektive visuelle Aufmerksamkeit

Selektive Aufmerksamkeit beschreibt die Funktion, bestimmte Reize wahrzunehmen und andere zu ignorieren (Egeth, 1967; Johnston & Dark, 1986). Wie Johnston und Dark (1986) beschrieben, liegt der Fokus der Forschung auf externen Reizen aus der Umwelt im Gegensatz

zu internen Reizen, wie Gedächtnis oder Wissen. Die vorliegende Diplomarbeit bezieht sich auf visuelle Reize aus der Umwelt und daher auf selektive visuelle Aufmerksamkeit.

Anhand dreier Fragen soll ein Einblick in die Forschung zur selektiven visuellen Aufmerksamkeit gegeben werden (vgl. Lee & Choo, 2013). Die erste Frage lautet, ob die Selektion der Reize im Verarbeitungsprozess früh oder spät stattfindet. Eine Theorie der frühen Selektion ist Broadbents (1958) Filtertheorie der Aufmerksamkeit. Diese Theorie beschreibt, dass Reize anhand physikalischer Eigenschaften gefiltert werden, bevor eine Identifikation und Interpretation der Reize stattfindet. Broadbents Theorie widersprachen die Ergebnisse verschiedener Studien, die besagten, dass bestimmte Inhalte wahrgenommen werden, trotzdem diese nicht die physikalischen Eigenschaften (z.B. Farbe, Form) besitzen, die ursprünglich mit Aufmerksamkeit bedacht wurden (z.B. Moray, 1959; Treisman, 1960). Diese Erkenntnis führte zu Theorien der späten Selektion (z.B. Deutsch & Deutsch, 1963; Duncan, 1980; Norman, 1968). Diese Theorien beschreiben, dass Reize ungefiltert verarbeitet werden, bevor sie auf Grundlage semantischer Kategorisierung ausgewählt werden (Lee & Choo, 2013). Als Kompromiss zwischen Theorien der frühen und späten Selektion beschrieb Treisman (1960) in ihrer Attenuations-Theorie der Aufmerksamkeit, dass nicht beachtete Reize abgeschwächt weitergeleitet werden. Lavie (1995) beschrieb die Anforderungen der spezifischen Aufgabe und somit die Wahrnehmungsbelastung (engl. „perceptual load“) als Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse zu den Theorien der frühen und späten Selektion. Sie zeigte, dass bei hoher Wahrnehmungsbelastung bereits eine frühe Selektion, bei niedriger Wahrnehmungsbelastung eine späte Selektion stattfindet (Lavie, 1995).

Die zweite Frage der Forschung lautet, ob die Selektion der visuellen Aufmerksamkeit orts- oder objektbasiert ist (vgl. Lee & Choo, 2013). Die Lichtkegelmetapher (engl. „spotlight metaphor“; Posner, Snyder, & Davidson, 1980) beschreibt die ortsbasierte Aufmerksamkeit. Posner et al. (1980) beschrieben selektive Aufmerksamkeit als einen Lichtkegel, der einen bestimmten Bereich des visuellen Umfelds fokussiert. Diese ortsbasierte Aufmerksamkeitsverlagerung bezeichnete Posner (1980) als Orientierung. Posner unterschied zwischen offener (engl. „overt“) und verdeckter (engl. „covert“) Orientierung. Offene Orientierung bezeichnet Aufmerksamkeitsverlagerung begleitet von Augen- oder Kopfbewegungen, verdeckte Orientierung oder Aufmerksamkeitsverlagerung findet ohne diese statt (Posner, 1980). Posner (vgl. Jonides, 1981; Posner & Cohen, 1984) begründete die Annahme einer ortsbasierten Aufmerksamkeit mit dem *Hinweisreizparadigma* (engl. „spatial cueing paradigm“). Im Hinweisreizparadigma nach Posner fokussieren die Versuchspersonen während des gesamten Experiments die Mitte des Bildschirms. Während einer gewissen Anzahl an nacheinander

präsentierten Displays wird immer zuerst ein Hinweisreizdisplay gezeigt, auf das ein Zielreizdisplay folgt. Am Hinweisreizdisplay links oder rechts der Mitte befindet sich ein Hinweisreiz (engl. „spatial cue“). Der Hinweisreiz gibt mit einer gewissen Validität (Wahrscheinlichkeit) den Ort des am darauffolgenden Display erscheinenden Zielreizes an. Der Zielreiz ist der Reiz, der eine bestimmte Reaktion verlangt, wie einen Tastendruck (z.B. Folk, Remington, & Johnston, 1992) oder eine Augenbewegung (z.B. Al-Aidroos & Pratt, 2010). Posner sowie Posner und Cohen (1984) unterschieden zwischen zwei Arten von Hinweisreizen. Periphere Hinweisreize befinden sich links oder rechts der fokussierten Mitte, am möglichen Ort des darauffolgenden Zielreizes. Zentrale Hinweisreize befinden sich auf der fokussierten Mitte und geben den möglichen Ort des Zielreizes beispielsweise durch Pfeile an. Posner verstand unter validen Hinweisreizen jene, die, im Gegensatz zu invaliden Hinweisreizen, mit einer überzufälligen Wahrscheinlichkeit den Ort des Zielreizes vorhersagten. Posner, Nissen und Ogden (1978) präsentierten Durchgänge mit validem und invalidem Hinweisreiz sowie ohne Hinweisreiz. Die Versuchspersonen reagierten auf den Zielreiz mittels Tastendruck, es wurden die Reaktionszeiten bis zum Tastendruck gemessen. Die Reaktionszeiten bei Durchgängen mit einem validen waren schneller im Vergleich zu Durchgängen mit einem invalidem oder ohne Hinweisreiz. Die Reaktionszeit war bei Durchgängen mit invalidem Hinweisreiz am langsamsten. Posner schlussfolgerte, dass Aufmerksamkeitsverlagerung ortsgebunden ist. Die Versuchspersonen verlagerten die Aufmerksamkeit zum Ort des Hinweisreizes und konnten dadurch auf einen darauffolgenden Zielreiz, der sich am selben Ort befand, schneller reagieren. Schnellere Reaktionszeiten bei einem Hinweisreiz am Ort des darauffolgenden Zielreizes fanden sich auch, wenn der Hinweisreiz den Zielreiz nicht überzufällig oft vorhersagte (Jonides, 1981). Unter validen Hinweisreizen werden nun allgemein jene verstanden, die sich am Ort des Zielreizes befinden bzw. auf diesen hinweisen. Invalide Hinweisreize befinden sich nicht am Ort des Zielreizes bzw. weisen in die gegenteilige Richtung (Ansorge, 2006). Valide Hinweisreize führen zu schnellerer Reaktionszeit als Antwort auf den Zielreiz als invalide Hinweisreize. Dies wird als *Validitätseffekt* benannt (Ansorge, 2006; engl. „cueing effect“).

Eriksen und St. James (1986) erweiterten die Metapher des Lichtkegels zur Metapher einer Gummilinse (engl. „zoom lens“; vgl. Eriksen & Yeh, 1985), die in ihrer Größe variieren kann. Diese Annahme gründet auf dem *Flankierreizparadigma* (engl. „flanker paradigm“; Eriksen & Eriksen, 1974). Eriksen und Eriksen (1974) präsentierten den Versuchspersonen auf einem Display horizontal angeordnete Buchstaben. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, auf einen von vier möglichen Zielbuchstaben in der Mitte zu reagieren. Sie mussten einen Hebel je nach Zielbuchstabe entweder nach links oder rechts drücken. Je zwei Buchstaben

erforderten dieselbe Reaktion. Die Buchstaben neben dem Zielbuchstaben (*Flankierreize*) beeinflussten die Reaktionszeit, trotzdem der Zielreiz immer in der Mitte der Buchstabenreihe erschien. Flankierreize, die dieselbe Reaktion hervorrufen würden wie der Zielbuchstabe (kongruente Flankierreize), führten zu einer schnelleren Reaktionszeit als Flankierreize, die eine andere Reaktion hervorrufen würden (inkongruente Flankierreize). Das heißt, die Flankierreize beeinflussten die Reaktion, obwohl sie dafür irrelevant waren (Eriksen & Eriksen, 1974). Die Größe des Bereichs, der die Reaktionszeit beeinflusst, kann variiert werden (Eriksen & St. James, 1986). Je weiter weg sich die Flankierreize vom Zielbuchstaben befinden, desto schwächer wirkt sich jedoch deren Einfluss auf den Zielbuchstaben aus (Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen & St. James, 1986). Nach Eimer, Hommel und Prinz (1995) beeinflussen irrelevante Reize die Reaktion, bevor die bewusste Wahrnehmung des Zielbuchstabens abgeschlossen ist.

Neben der Theorie der ortsbasierten Aufmerksamkeit gibt es jene der objektbasierten Aufmerksamkeit (z.B. Baylis & Driver, 1993; Duncan, 1984; für eine Übersicht siehe Cave & Bichot, 1999). Diese Theorie besagt, dass die Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Objekt gerichtet ist und nicht auf alle Objekte des fokussierten Ortes (Lee & Choo, 2013). Lee und Choo (2013) wiesen darauf hin, dass beide Mechanismen, orts- und objektbasierte Aufmerksamkeit, eine Rolle spielen könnten.

Die dritte Frage der Forschung betrifft die Art der Aufmerksamkeitsverlagerung (vgl. Lee und Choo, 2013), in der englischsprachigen Fachliteratur „attentional capture“ genannt (vgl. Awh, Belopolsky, & Theeuwes, 2012). Bereits William James (1890) unterschied zwischen passiver oder unfreiwilliger und aktiver oder absichtlicher Aufmerksamkeitsverlagerung. Die Debatte, ob Aufmerksamkeitsverlagerung reiz- oder absichtsgetrieben stattfindet, wird im folgenden Kapitel dargestellt. Es geht dabei um die Frage der Ursache der initialen Phase der Aufmerksamkeitsverlagerung (vgl. Ansorge, Kiss, Worschech, & Eimer, 2011). Die dazu vorgestellten Studien erforderten verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung, das heißt, die Versuchspersonen sollten keine Augenbewegungen durchführen. Es wurden die Reaktionszeiten des manuellen Antwortverhaltens eines Tastendrucks gemessen.

Reizgetriebene versus absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung

Reizgetriebene oder exogene Aufmerksamkeitsverlagerung (in der englischsprachigen Literatur „bottom-up“ genannt) beschreibt die automatische, absichtslose Verlagerung der Aufmerksamkeit durch Eigenschaften des Reizes (Awh et al., 2012; z.B. Theeuwes, 1992).

Absichtsgetriebene oder endogene Aufmerksamkeitsverlagerung (engl. „top-down“) beschreibt die Verlagerung der Aufmerksamkeit durch Absichten der Person (Awh et al., 2012; z.B. Folk et al., 1992).

Die Theorie der reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung postuliert, dass saliente Reize automatisch die Aufmerksamkeit anziehen (Awh et al., 2012). Saliente Reize heben sich in einer oder mehreren Eigenschaften von den anderen Reizen ab (Fecteau & Munoz, 2006). Salienz basiert nach Itti und Kollegen (Itti & Koch, 2000, 2001; Itti, Koch, & Niebur, 1998) auf den Eigenschaften Farbe, Intensität und Orientierung des Reizes. Ein prominenter Vertreter der Theorie zur reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung ist Theeuwes (1992, 2010). Theeuwes (1991, 1992) verwendete in seinen Experimenten das Paradigma der *visuellen Suche* (engl. „visual search“, vgl. Treisman & Gelade, 1980). In diesem Paradigma haben die Versuchspersonen die Aufgabe, den Zielreiz unter irrelevanten Ablenkungsreizen zu finden. Der Zielreiz wird gleichzeitig mit den Ablenkungsreizen präsentiert. Nach Theeuwes (1992) wird die Aufmerksamkeit zum Ablenkungsreiz mit der höchsten Salienz verlagert, unabhängig von den gesuchten Eigenschaften des Zielreizes (vgl. Itti & Koch, 2001). Theeuwes (1992) begründete damit seine Theorie der rein reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung. Die Aufmerksamkeit wird von den Eigenschaften der Reize, nicht jedoch von den Absichten der Suche geleitet. Theeuwes (1992) bezeichnete den Ablenkungsreiz, der Aufmerksamkeit anzieht, als *Pop-Out*. Der Ablenkungsreiz „springt“ also „heraus“. Der „herausspringende“ Ablenkungsreiz wird auch als *Singleton* bezeichnet (Egeth & Yantis, 1997). In der vorliegenden Arbeit wird die von Ansorge (2000) verwendete Übersetzung des *individuierten Reizes* verwendet. Ein individuierter Reiz ist ein Reiz, der sich in einer oder mehreren Eigenschaften von allen anderen vorhandenen Reizen unterscheidet (Egeth & Yantis, 1997) und dadurch salient ist (vgl. Fecteau & Munoz, 2006). Eine Art des individuierten Reizes ist ein einzelner, plötzlich erscheinender Reiz (engl. „abrupt onset“, Egeth & Yantis, 1997). Dieser Reiz unterscheidet sich von allen anderen durch seinen *plötzlichen Beginn* (Ansorge, 2006). Reize mit plötzlichem Beginn verlagern nach der Theorie der reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung auch automatisch, unabhängig von den Absichten der Suche, die Aufmerksamkeit auf sich (Schreij, Owens, & Theeuwes, 2008; Theeuwes, 1994).

Im Gegensatz zur Theorie der reizgetriebenen steht die Theorie der absichtsgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung (für eine Übersicht siehe Burnham, 2007). Die Theorie der absichtsgetriebenen Verlagerung stellt die automatische Aufmerksamkeitsverlagerung durch individuierte Reize in Frage. Sie postuliert, dass bereits vor der Aufmerksamkeitsverlagerung zum Ort des Reizes die Eigenschaften der Reize, wie Form oder Farbe, selektiert werden

(Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011). Die Basis dieser Theorie schufen Folk und Kollegen (Folk & Remington, 1998; Folk et al., 1992; Folk, Remington, & Wright, 1994) mit der *Hypothese der bedingten Aufmerksamkeitsverlagerung* (engl. „contingent involuntary orienting hypothesis“, Folk et al., 1992; „contingent capture hypothesis“, Burnham, 2007). Bedingte Aufmerksamkeitsverlagerung beschreibt, dass die Aufmerksamkeit nur auf jene Reize verlagert wird, die Eigenschaften besitzen, nach denen gesucht wird (Folk et al., 1992). Folk et al. (1992) prüften die Hypothese mit einer Variante des Hinweisreizparadigmas (vgl. Posner, 1980; siehe S. 10). Der kurz vorher präsentierte Hinweisreiz war entweder an gleicher Stelle wie der darauffolgende Zielreiz (valide Bedingung) oder an einer anderen Stelle (invalide Bedingung). Der Zielreiz war ein individuierter Reiz, entweder mit plötzlichem Beginn oder durch einen Farbunterschied gekennzeichnet. Folk et al. (1992) zeigten, dass ein valider Hinweisreiz nur dann die Reaktion auf den Zielreiz beschleunigte, wenn dieser den gesuchten Eigenschaften des Zielreizes entsprach. Ein durch einen Farbunterschied gekennzeichnete valider Hinweisreiz führte nur dann zu schnellerer Reaktionszeit, wenn auch der gesuchte Zielreiz durch einen Farbunterschied gekennzeichnet war. Das heißt, ein durch einen Farbunterschied gekennzeichnete individuierter Reiz lenkte nicht automatisch, unabhängig vom gesuchten Zielreiz, die Aufmerksamkeit auf sich. Ein valider Hinweisreiz mit plötzlichem Beginn beschleunigte die Reaktionszeit auf den Zielreiz nur dann, wenn der Zielreiz auch ein Reiz mit plötzlichem Beginn war. Das heißt, ein plötzlich erscheinender Hinweisreiz lenkte nicht automatisch, unabhängig vom gesuchten Zielreiz, die Aufmerksamkeit auf sich (Folk et al., 1992). Diese Ergebnisse widersprachen der Theorie der reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung. Die Aufmerksamkeit wurde nur auf jene Hinweisreize verlagert, die den gesuchten Eigenschaften und somit den vor der Suche gebildeten Absichten entsprachen (Folk et al., 1992). Die gesuchten Eigenschaften werden auch als *Suchset* (engl. „search template“) bezeichnet (Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011). Bacon und Egeth (1994) interpretierten das Ergebnis von Theeuwes (1992) im Sinne der absichtsgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung. Sie zeigten, dass individuierte Reize in einer irrelevanten Farbe nur dann die Aufmerksamkeit auf sich lenkten, wenn das Suchset einem individuierten Reiz entsprach (Bacon & Egeth, 1994; vgl. Worschech & Ansorge, 2012; aber siehe Theeuwes, 2004).

Neuere Studien interpretierten ereigniskorrelierte Potentiale, um die Art der Aufmerksamkeitsverlagerung zu erfassen. Ereigniskorrelierte Potentiale werden als Veränderung elektrischer Spannung an der Kopfhaut gemessen (Kappenman & Luck, 2012). Auch hier finden sich Belege für absichtsgetriebene (z.B. Ansorge, Kiss et al., 2011; Eimer & Kiss, 2010; Kiss, Jolicœur, Dell'Acqua, & Eimer, 2008; Lien, Ruthruff, & Cornett, 2010; Wykowska & Schubö,

2011) sowie reizgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung (z.B. Hickey, McDonald, & Theeuwes, 2006; Hickey, van Zoest, & Theeuwes, 2010). Die Debatte der Art der Aufmerksamkeitsverlagerung wird für unbewusste Verarbeitung eines Reizes weitergeführt. Es stellt sich die Frage, ob ein nur unbewusst verarbeiteter Reiz die Aufmerksamkeit reiz- oder absichtsgetrieben beeinflusst (vgl. Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011). Im Folgenden wird unbewusste Verarbeitung erklärt. Danach wird die Debatte der reiz- versus absichtsgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewusster Verarbeitung dargestellt.

Unbewusste Verarbeitung

Unbewusste Verarbeitung eines Reizes bedeutet, dass die Versuchsperson den Reiz nicht bewusst wahrnimmt, dieser aber trotzdem Verhalten, Gefühle, Gedanken, Lernen oder das Gedächtnis der Versuchsperson beeinflusst. Unbewusste Verarbeitung wird auch *subliminale* Verarbeitung genannt, da diese unterschwellig, unter der Grenze zur bewussten Wahrnehmung stattfindet (Kouider & Dehaene, 2007). In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff der unbewussten Verarbeitung verwendet (vgl. Lamme, 2003), alternativ wird diese auch als nichtbewusste Verarbeitung beschrieben (vgl. Dehaene, Changeux, Naccache, Sackur, & Sergent, 2006). Lamme (2004) unterschied den Begriff der Aufmerksamkeit vom Begriff der Bewusstheit. Er erklärte, dass selektive visuelle Aufmerksamkeit unabhängig von bewusster Verarbeitung des Reizes ist. Lamme und Roelfsema (2000) beschrieben dazu ein neuronales Modell der visuellen Verarbeitung. Dieses Zwei-Phasen-Modell teilt sich in die Vorwärtsverarbeitungsphase (engl. „feedforward sweep“) und die Rückprojektionsphase (engl. „recurrent processing“). Die Vorwärtsverarbeitungsphase findet bis etwa 100 ms nach Präsentation eines Reizes statt. Die Information des Reizes wird während dieser Phase nur in eine Richtung geleitet. Sie verläuft von der Retina zum visuellen Kortex. Während der Vorwärtsverarbeitungsphase finden keine lateralen Verbindungen oder Rückwärtsprojektionen statt. Nach dieser Phase beginnt die Rückprojektionsphase. Diese Phase kennzeichnen laterale und rückwärts, entgegen der Richtung der Vorwärtsverarbeitungsphase, gerichtete Verbindungen (Lamme & Roelfsema, 2000). Lamme und Roelfsema erläuterten, dass während der Vorwärtsverarbeitungsphase die Verarbeitung unbewusst stattfindet. Bewusste Verarbeitung findet erst während der Rückprojektionsphase statt.

Auch Dehaene et al. (2006) beschrieben Rückprojektionen zu höheren kortikalen Ebenen als Ursache bewusster Verarbeitung. In ihrem Modell unterschieden sie zwischen subliminaler, vorbewusster und bewusster Verarbeitung. Bei subliminaler Verarbeitung ist eine

Aufmerksamkeitsverlagerung möglich, der Reiz wird jedoch nicht bewusst verarbeitet. Vorbewusste Verarbeitung beschreibt, dass der Reiz bewusst wahrnehmbar wäre, die Aufmerksamkeit jedoch nicht auf diesen gerichtet wird. Dadurch kann die Versuchsperson nicht über den Reiz berichten. Im Gegensatz dazu steht die bewusste Verarbeitung. Dabei wird die Aufmerksamkeit auf den bewusst verarbeiteten Reiz gerichtet. Die Versuchsperson berichtet, den Reiz gesehen zu haben (Dehaene et al., 2006). Lamme (2006) argumentierte, dass ein fehlender Bericht über die bewusste Wahrnehmung eines Reizes eine bewusste Verarbeitung nicht ausschließt. Um über den Reiz zu berichten, werden zusätzliche Funktionen wie Aufmerksamkeitsverlagerung oder Gedächtnis benötigt (Lamme, 2006). Auch Lamme (2003, 2004) unterteilte bewusste Verarbeitung in jene mit und ohne Aufmerksamkeit. Anhand seines Zwei-Phasen-Modells erklärte Lamme (2003) absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung. Absichten erleichtern einen bestimmten Weg der Verarbeitung. Dadurch können Reize, die der Absicht entsprechen, leichter verarbeitet werden, als solche, die dies nicht tun. Nach Theeuwes (2010) ist die Vorwärtsverarbeitungsphase nicht beeinflusst von Absichten, sondern reizgetrieben. Im Gegensatz dazu beschrieb Lamme (2003) die erleichterte Verarbeitung auf Grund der Absichten bereits während der Vorwärtsverarbeitungsphase. Lamme (2003) schlussfolgerte daraus, dass absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung auch bei unbewusster Verarbeitung stattfinden kann.

Um die unbewusste Verarbeitung eines Reizes in einem Experiment zu ermöglichen, werden verschiedene Designs angewendet (für eine Übersicht siehe Kim & Blake, 2005). Ein Design ist die visuelle Rückwärtsmaskierung (engl. „backward masking“; Di Lollo, Enns, & Rensink, 2000). Rückwärtsmaskierung bedeutet, dass die Verarbeitung eines Reizes durch einen anderen darauffolgenden Reiz gestoppt wird. Der erste Reiz wird vom visuellen System verarbeitet, jedoch nicht bewusst wahrgenommen (Di Lollo et al., 2000). Der darauffolgende Reiz wird als Maske bezeichnet (für eine Übersicht zu visueller Maskierung siehe Breitmeyer & Ögmen, 2006). Lamme (2003; Lamme & Roelfsema, 2000) erklärte die Funktion der Rückwärtsmaskierung durch sein Zwei-Phasen-Modell. Der erste, maskierte Reiz aktiviert die Vorwärtsverarbeitungsphase. Der zweite, maskierende Reiz unterbricht die Verarbeitung des ersten Reizes, bevor die Rückprojektionsphase beendet wird. Dadurch ist eine unbewusste Verarbeitung des ersten Reizes möglich. Der erste Reiz wird jedoch nicht bewusst wahrgenommen (Lamme, 2003; vgl. Di Lollo et al., 2000). Weitere Modelle, die Rückwärtsmaskierung erklären, sind das Modell asynchroner Updates (engl. „asynchronous updating model“; Neumann & Scharlau, 2007) und das Modell des perzeptuellen Retuschierens (engl. „perceptual retouch“; Bachmann, 1984). Beide Modelle beschreiben zwei Prozesse, die

durch einen Reiz ausgelöst werden. Der erste Prozess verläuft schnell und unbewusst, der zweite verläuft langsamer und ermöglicht bewusste Wahrnehmung. Wenn die Maske eine gewisse Zeitspanne nach dem maskierten Reiz auftritt, findet der zweite Prozess des maskierten Reizes nicht statt und der Reiz wird nicht bewusst verarbeitet (Scharlau, 2007). Auf Basis dieser Informationen zur unbewussten Verarbeitung wird nun die Debatte zur Art der Aufmerksamkeitsverlagerung durch einen unbewusst verarbeiteten Reiz erläutert. Unbewusst und bewusst verarbeitete Reize werden im Folgenden als unbewusste und bewusste Reize bezeichnet (vgl. Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011).

Reizgetriebene versus absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewusster Verarbeitung

Wie unbewusste Prozesse ablaufen, kann in zwei verschiedene Sichtweisen eingeteilt werden. Die erste Sichtweise unterscheidet automatische von absichtsgetriebenen Prozessen (für eine Übersicht siehe Neumann, 1989). Automatische Prozesse sind reizgetrieben und können unbewusst stattfinden. Absichtsgetriebene Prozesse benötigen eine bewusste Verarbeitung (z.B. Posner & Snyder, 1975). Die zweite Sichtweise zweifelt an, dass absichtsgetriebene Prozesse nur bei bewusster Verarbeitung stattfinden können. Neumann (1990) postulierte mit seiner *Theorie der direkten Parameterspezifikation* (engl. „direct parameter specification theory“), dass unbewusste Prozesse auf vorher gebildeten Absichten beruhen (vgl. Ansorge & Neumann, 2005). Die direkte Parameterspezifikation dient der Handlungskontrolle, die ohne bewusste Verarbeitung der Reize (direkt) möglich ist (Scharlau & Ansorge, 2003).

Diese zwei unterschiedlichen Sichtweisen gibt es auch beim Prozess der Aufmerksamkeitsverlagerung durch einen unbewussten Reiz. Die erste Sichtweise postuliert eine reizgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung durch unbewusste Reize (z.B. Fuchs, Theeuwes, & Ansorge, 2013; Mulckhuyse, Talsma, & Theeuwes, 2007; Zhaoping, 2008; für eine Übersicht siehe Mulckhuyse & Theeuwes, 2010a). Andere Studien sprechen für eine absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung (z.B. Ansorge, Horstmann, & Worschech, 2010; Ansorge, Kiss, & Eimer, 2009; Held, Ansorge, & Müller, 2010; Kanai, Tsuchiya, Verstraten, 2006; für eine Übersicht siehe Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011). Die Theorie der absichtsgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewussten Reizen postuliert, dass wie bei bewusster Verarbeitung Suchsets gebildet werden. Nur wenn der Reiz diesem Suchset entspricht, findet eine Aufmerksamkeitsverlagerung zum Reiz statt (Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011). Ansorge et al. (2010) präsentierten während einer Abfolge von Displays immer zuerst ein Hinweis-

reizdisplay, auf das ein Zielreizdisplay folgte. Die Versuchspersonen suchten am Zielreizdisplay nach einem Reiz einer bestimmten Farbe. Die Reize auf dem Hinweisreizdisplay waren maskiert, um unbewusste Verarbeitung zu ermöglichen. Die Reize am darauffolgenden Zielreizdisplay waren unmaskiert. Der Hinweis- sowie der Zielreiz erschienen mit je drei Ablenkungsreizen. Der Hinweisreiz war ein durch seine Farbe individuierter Reiz unter drei gleichfarbigen Ablenkungsreizen. Er hatte entweder dieselbe Farbe wie der darauffolgende Zielreiz oder eine andere. Jeder der drei Ablenkungsreize am Zielreizdisplay hatte eine andere Farbe. Das heißt, der Zielreiz war kein individuierter Reiz und es sollte dadurch kein Suchset nach einem individuierten Reiz gebildet werden. Der Zielreiz war entweder an der Position des vorangegangenen gleichfarbigen Hinweisreizes (valide Bedingung) oder an einer der anderen drei Positionen (invalide Bedingung). Die Versuchspersonen mussten auf eine von zwei Tasten drücken, um die Form des Zielreizes anzugeben. Der Validitätseffekt, das heißt schnellere Reaktionszeit in der validen als in der invaliden Bedingung, fand sich nur, wenn der Hinweisreiz die Farbe des gesuchten Zielreizes hatte. Das heißt, der Hinweisreiz als individuierter Reiz lenkte nicht automatisch die Aufmerksamkeit auf sich. Dies widerspricht der Theorie der reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung. Ereigniskorrelierte Potentiale bekräftigten die Schlussfolgerung, dass nur der Farbe des Zielreizes entsprechende Hinweisreize die Aufmerksamkeit auf ihre Position verlagerten (Ansorge et al., 2010). In einem zweiten Experiment präsentierten Ansorge et al. (2010) einer Hälfte der Versuchspersonen Hinweisreize, die keinen individuierten Reiz darstellten. Das heißt, diese Hinweisreize wurden mit je drei verschiedenfarbigen Ablenkungsreizen präsentiert. Der anderen Hälfte der Versuchspersonen präsentierten sie individuierte Reize als Hinweisreize. Sie zeigten, dass sich die Größe des Validitätseffekts nicht zwischen individuierten und nicht individuierten Hinweisreizen unterschied. Dies sprach für eine rein absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung durch den Hinweisreiz in der Farbe des gesuchten Zielreizes, unabhängig davon, ob der Hinweisreiz einen individuierten Reiz darstellte oder nicht.

Eine Studie, die für reizgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung durch unbewusste Reize spricht, stammt von Fuchs et al. (2013, Experiment 1). Am Hinweisreizdisplay erschien der unbewusste Hinweisreiz als Scheibe an einer der beiden äußeren von drei horizontal nebeneinanderliegenden Positionen. Kurz darauf erschienen zwei weitere Scheiben an den beiden übrigen Positionen als Platzhalter. Durch das kurze Zeitintervall zwischen Erscheinen des Hinweisreizes und der Platzhalter sollte eine unbewusste Verarbeitung des Hinweisreizes gewährleistet werden. Am darauffolgenden Zielreizdisplay erschien der Zielreiz als Punkt auf einer der beiden äußeren Scheiben. Der Hintergrund des Displays war grau. Die Versuchs-

personen suchten entweder nach einem hellen (weißen) oder dunklen (schwarzen) Zielreiz. Der unbewusste Hinweisreiz war über die Durchgänge randomisiert hell oder dunkel mit plötzlichem Beginn. Wird die Aufmerksamkeit reizgetrieben verlagert, so ist das Ergebnis unabhängig von der Kontrastpolarität (hell bzw. dunkel) des Hinweisreizes. Der Kontrastunterschied und somit seine Salienz verlagern die Aufmerksamkeit (vgl. Itti & Koch, 2001), unabhängig von der gesuchten Kontrastpolarität des Zielreizes und somit der Absicht. Wird die Aufmerksamkeit absichtsgetrieben verlagert, so verlagern nur jene Hinweisreize die Aufmerksamkeit, die der Kontrastpolarität des gesuchten Zielreizes entsprechen. Die Ergebnisse sprachen für eine reizgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung. Der Validitätseffekt fand sich (bei jenen Versuchspersonen, die den Ort des Hinweisreizes nur zufällig oft erkannten und somit den Hinweisreiz vermutlich nur unbewusst verarbeiteten) unabhängig von der Kontrastpolarität des Hinweisreizes. Die Reaktionszeit war schneller, wenn sich der Hinweisreiz an der Position des Zielreizes befand, als an einer anderen Position (Fuchs et al., 2013, Experiment 1).

Die Studien zu Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewusster Verarbeitung sprechen nicht eindeutig für reiz- oder absichtsgetriebene Verlagerung. Die bisher vorgestellten Studien maßen verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung anhand der Reaktionszeiten manueller Antworten oder ereigniskorrelierter Potentiale. Eine weitere Möglichkeit bietet die Analyse offener Aufmerksamkeitsverlagerung (vgl. Posner, 1980) durch die Messung von Augenbewegungen.

Aufmerksamkeitsverlagerung gemessen durch Augenbewegungen

Beeinflusst ein Reiz eine Augenbewegung, wird in der englischsprachigen Literatur von „oculomotor capture“ gesprochen (vgl. Al-Aidroos & Pratt, 2010). In der vorliegenden Arbeit wird dies in Anlehnung an den Begriff der Aufmerksamkeitsverlagerung als okulomotorische Verlagerung benannt. Die in der vorliegenden Arbeit gemessenen Augenbewegungen werden als Sakkaden bezeichnet. Sakkaden sind schnelle Augenbewegungen, die den Blick lenken (Land, 2011). Nach der *Prämotortheorie der Aufmerksamkeit* (engl. „premotor theory of attention“; Rizzolatti et al., 1994) sind Aufmerksamkeitsverlagerung und die Programmierung von Sakkaden eng verbunden. Diese Verbindung wird außerdem durch die Funktionen der Colliculi Superiores im Mittelhirn deutlich. Die Colliculi Superiores sind beteiligt an Prozessen der Aufmerksamkeitsverlagerung und an Augenbewegungen (White & Munoz, 2011). Im Folgenden wird zuerst die Verbindung der Prozesse Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverlagerungen anhand der Prämotortheorie der Aufmerksamkeit (Rizzolatti et al., 1994) und der

Funktionen der Colliculi Superiores verdeutlicht. Danach werden Augenbewegungen und die für diese Arbeit wichtigen Messgrößen der Sakkaden definiert. Schließlich werden Studien präsentiert, die die Art der okulomotorischen Verlagerung erforschten.

Die Prämotortheorie der Aufmerksamkeit.

Die Prämotortheorie der Aufmerksamkeit (Rizzolatti, Riggio, Dascola, & Umiltà, 1987; Rizzolatti et al., 1994) beschreibt die Programmierung einer Sakkade als untrennbar von ortsbasierter Aufmerksamkeitsverlagerung. Rizzolatti et al. (1994) erklärten die Prämotortheorie anhand des Hinweisreizparadigmas (Posner, 1980). Sobald der periphere Hinweisreiz erscheint, wird eine Sakkade zum Ort des Hinweisreizes programmiert. Das heißt, es wird zuerst der Ort des Hinweisreizes erkannt und daraufhin eine Sakkade zu diesem programmiert. Diese Sakkadenprogrammierung enthält die Richtung und Amplitude der Sakkade. Erscheint der Zielreiz am Ort des Hinweisreizes (valider Hinweisreiz), kann die programmierte Sakkade sofort ausgeführt werden. Erscheint der Zielreiz nicht am Ort des Hinweisreizes (invalider Hinweisreiz), muss die Richtung der Sakkade neu programmiert werden. Dadurch entsteht die längere Reaktionszeit bei invaliden im Vergleich zu validen Hinweisreizen (Rizzolatti et al., 1994). Bei verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerung wird die Sakkade programmiert, ihre Ausführung dann aber unterdrückt (Rizzolatti et al., 1987; vgl. Van der Stigchel & Theeuwes, 2007). Trotzdem verkürzt auch in diesem Fall die zum Ort des Hinweisreizes programmierte Sakkade die Reaktionszeit als Antwort auf den Zielreiz bei einem validen im Vergleich zu einem invaliden Hinweisreiz. Rizzolatti et al. (1987) beschrieben bewusste Wahrnehmung als Voraussetzung für die beschriebene Handlungskontrolle. Dies steht jedoch im Gegensatz zur bereits erwähnten Theorie der direkten Parameterspezifikation (Neumann, 1990). Nach der Theorie der direkten Parameterspezifikation beeinflusst der Reiz die Motorparameter unbewusst (direkt) und abhängig von vorher gebildeten Absichten (Neumann, 1990).

Colliculi Superiores.

Die Colliculi Superiores (engl. „Superior colliculi“ = SC) sind eine Schnittstelle zwischen sensorischem Input und motorischem Output (Gandhi & Katnani, 2011). Sie befinden sich am Tectum (Dach) des Mittelhirns (für eine Übersicht zu Struktur und Verbindungen der SC siehe White & Munoz, 2011). Sie erhalten visuellen Input von der Retina und dem visuellen Kortex sowie visuomotorische Informationen aus einer Vielzahl an Bereichen außerhalb des visuellen

Kortex (Lock, Baizer, & Bender, 2003; White & Munoz, 2011). Die SC sind an der Generierung motorischer Funktionen beteiligt, wie Arm-, Kopf- und Augenbewegungen (Gandhi & Katnani, 2011; Linzenbold & Himmelbach, 2012). Der Fokus der vorliegenden Arbeit sind Augenbewegungen.

Weiters wichtig für diese Arbeit ist die Beteiligung der SC an der Aufmerksamkeitsverlagerung. Nach Müller, Philiastides und Newsome (2005) spielen die SC auch bei verdeckter ortsbasierter Aufmerksamkeitsverlagerung eine Rolle. Die SC integrieren sowohl Signale eines Reizes als auch die Absicht betreffende Informationen (White et al., 2013). White und Munoz (2011) postulierten zwei Strukturen der SC, die für die Aufmerksamkeitsverlagerung zuständig sind. Die Salienzkarte integriert die visuellen Informationen und lenkt die Aufmerksamkeit auf jene Stelle mit der höchsten Salienz. Das heißt, die Aufmerksamkeit wird von jenem Reiz angezogen, der sich am meisten von den anderen unterscheidet. Dies stellt eine rein reizgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung dar (vgl. Itti & Koch, 2001). Die Prioritätenkarte (Fecteau & Munoz, 2006; Serences & Yantis, 2006) kombiniert Salienz und Relevanz. Relevanz beschreibt die Wichtigkeit des Reizes für das Ziel der beobachtenden Person (Fecteau & Munoz, 2006; White & Munoz, 2011). Anzumerken ist, dass auch Itti und Koch (2001) in ihrer späteren Version des Salienzmodells absichtsgetriebene Prozesse einfügten. Sie gaben an, dass diese absichtsgetriebenen Prozesse auf fast jede Ebene des Modells Einfluss haben können (Itti & Koch, 2001).

Sahraie et al. (1997) stellten Aktivität der SC bei durch Rindenblindheit entstandener unbewusster Verarbeitung fest. Rindenblindheit bezeichnet die Fähigkeit der unbewussten Verarbeitung ohne bewusste Wahrnehmung aufgrund einer Schädigung des visuellen Kortex (engl. „blindsight“; vgl. Weiskrantz, 1996). Nach Lamme und Roelfsema (2000) sind die SC Teil der Vorwärtsverarbeitungsphase (siehe S. 15). Das bedeutet, dass die SC auch bei unbewusster Verarbeitung aktiv sind (Lamme & Roelfsema, 2000). Die SC sind die verbindende neuronale Struktur bei Aufmerksamkeitsverlagerung gemessen anhand von Augenbewegungen bei unbewusster Verarbeitung (vgl. Van der Stigchel et al., 2009).

Sakkaden.

Augenbewegungen können in vier Arten eingeteilt werden (Land, 2011). Sakkaden sind schnelle Augenbewegungen, die den Blick lenken. Sie treten bis zu vier Mal pro Sekunde auf. Stabilisierende Bewegungen treten auf, wenn der Blick auf etwas fixiert ist. Die dritte Art der Augenbewegung sind Folgebewegungen (engl. „smooth pursuits“). Diese Bewegungen laufen

willkürlich ab, um einem fixierten Objekt zu folgen. Vergenz bezeichnet die Bewegung der Augen zueinander oder voneinander weg, wenn sich ein Objekt den Augen nähert bzw. von diesen entfernt (Land, 2011). Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Sakkaden. Sakkaden dienen dazu, die Fovea (Region der Netzhaut mit dem schärfsten Sehen) auf die interessierende Region zu lenken (Gilchrist, 2011). Der Weg, den eine Sakkade dabei zurücklegt, wird als *Sakkadentrajektorie* bezeichnet. Eine Sakkadentrajektorie ist nicht geradlinig. Bereits Yarbus (1967) merkte an, dass Sakkaden eine Kurve darstellen. Die Sakkadentrajektorie kann auf ihrem Weg zum Zielreiz von einem anderen Reiz, einem Ablenkungsreiz, beeinflusst werden (Van der Stigchel, 2010). Dadurch verändert sich die Art der Kurve, die eine Sakkadentrajektorie darstellt. Die Abweichung der Sakkadentrajektorie bei Vorhandensein eines Ablenkungsreizes wird als *Sakkadentrajektorienabweichung* bezeichnet (engl. „saccade trajectory deviation“; Van der Stigchel, 2010). Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird die Sakkadentrajektorienabweichung im Folgenden als Sakkadenabweichung benannt. Neben der Sakkadenabweichung sind für die vorliegende Arbeit die *Sakkadenlatenz* und die *Sakkadenendpunktabweichung* wichtig. Die Sakkadenlatenz wird definiert als die Zeit zwischen Erscheinen des Zielreizes und Start der Sakkade (vgl. Van der Stigchel et al., 2009). Die Sakkadenendpunktabweichung gibt an, in welche Richtung der Endpunkt abweicht, wenn er nicht direkt am Zielreiz liegt (vgl. Van der Stigchel et al., 2009).

Die Sakkadenabweichung bei Vorhandensein eines Ablenkungsreizes lenkt die Kurve der Sakkadentrajektorie auf ihrem Weg zum Zielreiz entweder in Richtung des Reizes oder weg von diesem (Van der Stigchel, Meeter, & Theeuwes, 2006; Van der Stigchel, 2010). McSorley und sein Team untersuchten den Einfluss der Sakkadenlatenz auf die Art der Sakkadenabweichung. McSorley, Haggard und Walker (2006) zeigten, dass bei kurzer Sakkadenlatenz (bis zirka 200 ms) die Sakkadenabweichung zum Ablenkungsreiz gerichtet ist. Bei längerer Sakkadenlatenz ist die Abweichung weg vom Ablenkungsreiz gerichtet (vgl. McSorley, Haggard, & Walker, 2009). McSorley, Cruickshank und Inman (2009) beachteten zusätzlich den Abstand zwischen Zielreiz und Ablenkungsreiz. Sie zeigten, dass bei geringer Distanz zwischen den beiden Reizen die Abweichung zum Ablenkungsreiz gerichtet ist (vgl. Van der Stigchel & Theeuwes, 2005). Bei zunehmender Distanz ist die Abweichung abhängig von der Sakkadenlatenz. Bei längerer Sakkadenlatenz ist sie weg vom Ablenkungsreiz gerichtet. Außerdem zeigten sie, dass die Sakkadenlatenz bei zunehmender Distanz zwischen Zielreiz und Ablenkungsreiz zunimmt (McSorley, Cruickshank, & Inman, 2009; vgl. McSorley, Haggard, & Walker, 2009; Walker, Deubel, Schneider, & Findlay, 1997). Laidlaw und Kingstone (2010)

fanden heraus, dass vertikale Sakkaden eine größere Abweichung aufweisen als horizontale oder diagonale Sakkaden.

Wenn der Sakkadenendpunkt nicht direkt am Zielreiz landet, ist er entweder zum oder weg vom Ablenkungsreiz gerichtet (vgl. Van der Stigchel et al., 2009). Der *globale Effekt* (Van der Stigchel & Nijboer, 2011) bezeichnet die Richtung des Endpunkts zum Ablenkungsreiz. Dieser Effekt tritt auf, wenn sich Ziel- und Ablenkungsreiz nahe sind (Van der Stigchel & Theeuwes, 2005; Van der Stigchel et al., 2009; Walker et al., 1997). Ottes, Van Gisbergen und Eggermont (1985) zeigten, dass der globale Effekt bei einer Sakkadenlatenz bis 300 ms auftrat.

Verschiedene Studien versuchten den neuronalen Ursprung der Art der Sakkadenabweichung zu klären (für eine Übersicht siehe Van der Stigchel, 2010). Eine Abweichung weg vom Ablenkungsreiz scheint spezifisch zu sein für Augenbewegungen. Im Vergleich dazu verlaufen Handbewegungen meist in Richtung des Ablenkungsreizes (Van der Stigchel, Meeter, & Theeuwes, 2007). Neuronale Modelle der Sakkadenabweichung fokussieren besonders die SC (Van der Stigchel, 2010). Wie bereits erläutert, integrieren die SC sensorischen und kognitiven Input und leiten motorischen Output weiter (Gandhi & Katnani, 2011). Ein klassisches Modell ist Tippers *Theorie der Populationscodierung* (engl. „population coding theory“; Tipper, Howard, & Paul, 2001). Tipper, Howard und Jackson (1997) führten zuerst Experimente mit Handbewegungen durch. Sie fanden heraus, dass auch jene Objekte internal repräsentiert sind, die zu ignorieren sind. Dadurch beeinflussen diese Objekte die Handbewegung. Tipper et al. (2001) übertrugen das Ergebnis auf Sakkaden. Sie postulierten, dass Objekte durch Populationscodes repräsentiert sind. Populationscodierung bedeutet, dass eine gewisse Anzahl (Population) an Neuronen ein Objekt codiert (Pouget, Dayan, & Zemel, 2000). Jedes einzelne Neuron codiert einen Vektor, alle Vektoren gemittelt ergeben die Richtung der Sakkade (Tipper et al., 2001). Wenn ein Zielreiz und ein Ablenkungsreiz vorhanden sind, so aktivieren beide Reize einen Populationscode. Der gemittelte Populationscode ergibt die Richtung der Sakkade. Die Richtung der Sakkade zum Ablenkungsreiz entsteht durch eine höhere Aktivität des Populationscodes dieses Reizes im Gegensatz zu jener des Zielreizes. Führt die Richtung der Sakkade weg vom Ablenkungsreiz, so wurde die Aktivität des Populationscodes dieses Reizes gehemmt (Tipper et al., 2001).

Diese Neuronenpopulationen, welche die Richtung einer Sakkade codieren, werden auf einer motorischen Karte in tieferen Schichten der SC vermutet (Van der Stigchel, 2010). Diese Schichten erhalten Inputs aus Bereichen außerhalb des visuellen Kortex (White & Munoz, 2011). Viele neuronale Modelle postulieren, dass diese Bereiche der Ursprung der Hemmung der Neuronenpopulation in den SC sind, die zu Abweichungen weg vom Ablenkungsreiz führt (Van

der Stigchel et al., 2006). White, Theeuwes und Munoz (2012) stellten die Hypothese der gehemmten Neuronen in den SC in Frage. Sie analysierten Sakkaden, die weg vom Ablenkungsreiz verliefen. Entgegen der bisherigen Annahme fanden sie keine gehemmte Aktivität der durch den Ablenkungsreiz aktivierten Neuronen. Darauf aufbauend erstellten Wang, Kruijne und Theeuwes (2012) ihr neuronales Modell. Nach diesem Modell entstehen Sakkadenabweichungen durch laterale Interaktionen von Neuronen in den SC. Nahe beieinander liegende Neuronen verstärken sich und produzieren eine Abweichung zum Ablenkungsreiz (vgl. Tipper et al., 2001). Weiter auseinanderliegende Neuronen hemmen sich und produzieren eine Abweichung weg vom Ablenkungsreiz. Dies erklärt die initiale Ausrichtung der Sakkade. Wang et al. erwähnten den Hirnstamm als mögliches Kontrollzentrum während der Sakkadenausführung. Im Folgenden werden Studien dargestellt, die anhand von Sakkadenmessung die Rolle der Absicht analysierten.

Reizgetriebene versus absichtsgetriebene okulomotorische Verlagerung.

Anhand der Messgrößen der Sakkaden wird versucht, die Art der okulomotorischen Verlagerung zu analysieren. Eine stärkere Sakkadenabweichung weist auf eine größere Verlagerung hin, unabhängig davon, ob sie zum oder weg vom Ablenkungsreiz führt. Die okulomotorische Verlagerung durch den Ablenkungsreiz zeigt sich daher auch dann, wenn die Sakkadentrajektorie korrekt zum Zielreiz ausgeführt wird (Al-Aidroos & Pratt, 2010). Folgende Studien analysierten den Einfluss bewusster Ablenkungsreize.

Ludwig und Gilchrist (2003) untersuchten den Einfluss von Ablenkungsreizen auf Sakkadenlatenz und Sakkadenabweichung. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, eine Augenbewegung zum roten Zielreiz auszuführen. Zuerst erschien ober- und unterhalb des Fixationspunktes je ein graues Quadrat. Diese dienten als Platzhalter. Daraufhin wurde ein Platzhalter rot, dies war der Zielreiz. Der andere Platzhalter wurde grün. Gleichzeitig erschien der Ablenkungsreiz als Reiz mit plötzlichem Beginn entweder rechts oder links des Fixationspunktes oder war nicht vorhanden. Er war entweder rot wie der Zielreiz (passende Bedingung) oder grün (nicht passende Bedingung). Die Sakkadenlatenz zeigte okulomotorische Verlagerung abhängig von der gesuchten Farbe. Die Sakkadenlatenz war in der passenden Bedingung langsamer als in der nicht passenden, die sich nicht signifikant von der Bedingung ohne Ablenkungsreiz unterschied. Die Sakkadenabweichung unterschied sich jedoch nicht zwischen passender und nicht passender Bedingung. Zwei weitere Experimente zeigten, dass bei längerer Sakkadenlatenz die Sakkadenabweichung durch die Ähnlichkeit des Ablenkungsreizes

zum Zielreiz beeinflusst wurde. Die Abweichung weg vom Ablenkungsreiz war stärker bei Ablenkungsreizen in der Farbe des Zielreizes. Ludwig und Gilchrist schlussfolgerten, dass die Absicht der Versuchspersonen die Sakkadenabweichung erst nach einer gewissen Zeitspanne beeinflusste. Mulckhuysen, Van der Stigchel und Theeuwes (2009) kritisierten allerdings, dass alle Sakkadenlatenzen in der Studie von Ludwig und Gilchrist lang waren (deutlich über 200 ms). Sie fanden Unterschiede in der Sakkadenabweichung abhängig vom Suchset (der Farbe des Zielreizes) bei kurzen Sakkadenlatenzen bis etwa 200 ms. In ihrem zweiten Experiment fanden sie einen signifikanten Unterschied abhängig vom Suchset auch ab einer Sakkadenlatenz von etwa 290 ms. Dieser signifikante Unterschied zeigte sich jedoch nicht in den dazwischenliegenden Sakkadenlatenzen (Mulckhuysen et al., 2009). Der signifikante Unterschied der Sakkadenabweichung bei kurzen Sakkadenlatenzen zeigte sich, da die Abweichung weg vom Ablenkungsreiz größer war bei nicht zum Suchset passenden Ablenkungsreizen im Vergleich zu passenden. Mulckhuysen et al. (2009) schlussfolgerten, dass beide Ablenkungsreize die Aufmerksamkeit verlagerten, die Unterdrückung des nicht passenden Ablenkungsreizes aufgrund seiner Unterscheidbarkeit vom Zielreiz aber früher stattfand als die Unterdrückung des dem Zielreiz entsprechenden Ablenkungsreizes. Diese Schlussfolgerung ist zu kritisieren, da die Abweichung in der nicht passenden Bedingung nicht verglichen wurde mit der Abweichung ohne Ablenkungsreiz. Möglicherweise entsprach die Abweichung der nicht passenden Bedingung jener Sakkadentrajektorie ohne Ablenkungsreiz und stellte keine Unterdrückung des Ablenkungsreizes dar. Die Vermutung von Mulckhuysen et al. (2009) der früheren Unterdrückung des nicht entsprechenden Ablenkungsreizes ähnelt der Hypothese der *Loslösung* (engl. „disengagement“; vgl. Mulckhuysen & Theeuwes, 2010a) von Theeuwes, Atchley und Kramer (2000). Sie besagt, dass Reize die Aufmerksamkeit reizgetrieben verlagern, die Aufmerksamkeit aber von dem Zielreiz unähnlichen Reizen schneller losgelöst werden kann (vgl. Mulckhuysen, van Zoest, & Theeuwes, 2008; van Zoest, Donk, & Van der Stigchel, 2012).

Al-Aidroos und Pratt (2010, Experiment 1) postulierten eine absichtsgetriebene okulomotorische Verlagerung. Sie verwendeten ein ähnliches Design wie Ludwig und Gilchrist (2003), allerdings war ihr Ablenkungsreiz ohne plötzlichen Beginn. Er hatte dieselbe Farbe wie der Zielreiz (passend) oder eine andere (nicht passend). Die Sakkadenlatenz zeigte wie auch bei Ludwig und Gilchrist eine okulomotorische Verlagerung abhängig von der Absicht. Sie war am längsten in der passenden Bedingung und unterschied sich nicht signifikant zwischen den Bedingungen mit nicht passendem und ohne Ablenkungsreiz. Wie auch bei Ludwig und Gilchrist beeinflussten nicht passende Ablenkungsreize trotzdem die Sakkadenabweichung. Die Abweichung bei nicht passenden Reizen war signifikant schwächer als bei passenden,

unterschied sich aber trotzdem signifikant von der Abweichung in der Bedingung ohne Ablenkungsreiz. Al-Aidroos und Pratt argumentierten, dass die okulomotorische Verlagerung durch den nicht passenden Ablenkungsreiz möglicherweise keine Aufmerksamkeitsverlagerung darstellte, da dieser Reiz die Sakkadenlatenz im Vergleich zum passenden Reiz nicht verlangsamte. Sie schlussfolgerten eine absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung.

Bisher präsentierte Studien maßen okulomotorische Verlagerung bei bewusster Wahrnehmung der Ablenkungsreize. Wie dies bereits zu Studien der Reaktionszeitmessung geschah (siehe S. 17), soll in der vorliegenden Arbeit okulomotorische Verlagerung durch unbewusste Reize getestet werden. Im Folgenden wird der Mehrwert der Studie dargestellt.

Mehrwert der aktuellen Studie

Bisher vorgestellte Studien zur Art der okulomotorischen Verlagerung befassten sich mit bewussten Reizen. Mulckhuysen und Theeuwes (2010b) maßen Sakkadenlatenzen bei einem unbewussten Hinweisreiz. Sie verwendeten ein Hinweisreizparadigma (vgl. Posner, 1980; siehe S. 10) und fanden kürzere Sakkadenlatenzen bei Zielreizen, die an der Seite des Hinweisreizes erschienen, im Vergleich zu jenen, die an der anderen Seite erschienen. Das Ziel ihrer Studie war die Analyse einer möglichen Asymmetrie zwischen temporaler und nasaler Gesichtsfeldhälfte, sie unterschieden nicht zwischen reizgetriebener und absichtsgetriebener okulomotorischer Verlagerung. Zusätzlich dazu maßen sie nur Sakkadenlatenzen, nicht jedoch Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung. Eine Studie von Van der Stigchel et al. (2009) maß diese drei Messgrößen der Sakkaden bei bewussten sowie bei unbewussten Ablenkungsreizen. Sie verwendeten einen Ablenkungsreiz mit plötzlichem Beginn. Dieser Ablenkungsreiz beeinflusste die Messgrößen (zur genauen Beschreibung der Ergebnisse siehe S. 28). Van der Stigchel et al. (2009) bezeichneten den in ihrer Studie verwendeten Ablenkungsreiz als irrelevant für das Suchset der Versuchspersonen zum Auffinden des Zielreizes. Folglich könnte auf eine absichtslose, reizgetriebene okulomotorische Verlagerung durch den Ablenkungsreiz geschlossen werden. Allerdings hatte der Ablenkungsreiz dieselbe Farbe wie der Zielreiz. Daher kann er Teil des Suchsets der Versuchspersonen gewesen und die Aufmerksamkeit auch absichtsgetrieben verlagert worden sein. Folglich lässt sich auf Basis dieser Studie nicht auf die Art der okulomotorischen Verlagerung bei unbewusster Verarbeitung schließen. Diese offene Frage soll die vorliegende Studie klären. Die Basis des Designs stammt von Van der Stigchel et al. (2009). Im Folgenden wird die Studie von Van der Stigchel et al. (2009) dargestellt und diskutiert. Danach wird die unbewusste Verarbeitung der Ablenkungsreize

begründet. Schließlich werden das Ziel und die Fragestellung sowie die Hypothesen der aktuellen Studie erläutert, daraufhin folgt die Beschreibung des Experiments.

Ausgangsstudie von Van der Stigchel, Mulckhuysen und Theeuwes (2009)

Das Ziel der Studie von Van der Stigchel et al. (2009) war herauszufinden, ob ein unbewusster Reiz die Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung beeinflusst. Die Studie bestand aus zwei Experimenten. In Experiment 1 wurde ein unbewusster Ablenkungsreiz präsentiert, in Experiment 2 ein bewusster.

Beide Experimente begannen mit einem mittigen, schwarzen Fixationskreuz auf grauem Hintergrund. Das Fixationskreuz blieb präsent, während der Ablenkungsreiz erschien. Dieser war ein gefüllter, hellgrauer Kreis, der an einer von vier Ecken eines imaginären Quadrats um das Fixationskreuz erschien. Der Ablenkungsreiz war ein Reiz mit plötzlichem Beginn. Das Fixationskreuz verschwand 17 ms nach Erscheinen des Ablenkungsreizes. Gleichzeitig mit dem Verschwinden des Fixationskreuzes erschien der Zielreiz. Dies war ein hellgraues, nicht ausgefülltes, auf seiner Spitze stehendes Quadrat. Der Zielreiz erschien gleich häufig und randomisiert oberhalb oder unterhalb des imaginären Quadrats. Der Ablenkungsreiz erschien randomisiert in der gleichen vertikalen Bildschirmhälfte (gleiches Feld) wie der Zielreiz, in der gegenüberliegenden (gegenüberliegendes Feld) oder war nicht vorhanden (neutrale Bedingung). In Experiment 1 erschienen gleichzeitig mit dem Zielreiz drei weitere gefüllte, hellgraue Kreise und vervollständigten das imaginäre Quadrat. Dadurch, dass der Ablenkungsreiz nur 17 ms ohne die drei weiteren Kreise präsentiert wurde, sollte seine unbewusste Verarbeitung hergestellt werden. Eine Sekunde nach Erscheinen des Zielreizes und der Kreise begann in Experiment 1 und Experiment 2 der nächste Durchgang. Ein Durchgang beschreibt den Ablauf vom Erscheinen des Fixationskreuzes bis zum Erscheinen des Zielreizes.

Beide Experimente begannen mit der Sakkadenaufgabe. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, das Fixationskreuz zu fixieren. Sobald der Zielreiz erschien, mussten sie eine Augenbewegung zu diesem ausführen. Während dieser Aufgabe wurden die Augenbewegungen aufgezeichnet. Nach allen Durchgängen der Sakkadenaufgabe fand die Ablenkungsreiz-Erkennungsaufgabe statt. Die Versuchspersonen mussten angeben, wo sich der Ablenkungsreiz befand. In Experiment 1 (unbewusster Ablenkungsreiz) erkannten fünf von 17 Versuchspersonen überzufällig oft den Ablenkungsreiz. In Experiment 2 (bewusster Ablenkungsreiz) erkannten alle Versuchspersonen den Ablenkungsreiz.

Van der Stigchel et al. (2009) analysierten den Einfluss des Faktors Feld (gleiches Feld, gegenüberliegendes Feld, neutrale Bedingung) auf Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung der Sakkadenaufgabe. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie von Van der Stigchel et al. (2009) dargestellt und mit bisherigen Erkenntnissen zur Beeinflussung von Sakkaden durch einen bewussten Ablenkungsreiz (siehe S. 22) verglichen. Das soll Aufschluss darüber geben, inwieweit die Erkenntnisse bei Verwendung eines bewussten Ablenkungsreizes auch auf einen unbewussten Ablenkungsreiz übertragbar sind.

In Experiment 1 (unbewusster Ablenkungsreiz) zeigte sich eine Sakkadenabweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld. Dies entspricht dem Ergebnis der Studie von McSorley, Cruickshank und Inman (2009). Die Sakkadenabweichung ist bei größerer Distanz zwischen Ziel- und Ablenkungsreiz bei einer Sakkadenlatenz ab etwa 200 ms weg vom Ablenkungsreiz gerichtet. Diese Sakkadenlatenz entspricht den Sakkadenlatenzen der Studie von Van der Stigchel et al. (2009). Die Sakkadenabweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld unterschied sich signifikant von der Sakkadenabweichung zum Ablenkungsreiz im gleichen Feld. Dies stimmt überein mit bisherigen Ergebnissen einer Abweichung zum Ablenkungsreiz bei geringer Distanz zwischen Ziel- und Ablenkungsreiz (McSorley, Cruickshank, & Inman, 2009; Van der Stigchel & Theeuwes, 2005). Die Sakkadenabweichung in der Bedingung gleiches Feld unterschied sich allerdings nicht signifikant von einer geraden Linie zwischen Start- und Endpunkt der Sakkade. Der Sakkadenendpunkt zeigte eine signifikante Abweichung zum Ablenkungsreiz in der Bedingung gleiches Feld. Van der Stigchel et al. (2009) begründeten dies mit dem globalen Effekt (vgl. Van der Stigchel & Nijboer, 2011; siehe S. 23). Diese Abweichung des Endpunkts in der Bedingung gleiches Feld unterschied sich signifikant von der Sakkadenendpunktabweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld. In dieser Bedingung zeigte der Sakkadenendpunkt aber keinen signifikanten Abstand vom Zielreiz. Das heißt, der Sakkadenendpunkt in der Bedingung gegenüberliegendes Feld landete am Zielreiz. In Experiment 1 zeigte sich in der Sakkadenlatenz kein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen. Dies widerspricht dem Ergebnis der Studie von McSorley, Cruickshank und Inman (vgl. McSorley, Haggard, & Walker, 2009; Walker et al., 1997) mit größerer Sakkadenlatenz bei größerer Distanz.

In Experiment 2 (bewusster Ablenkungsreiz) von Van der Stigchel et al. (2009) konnten bisherige Ergebnisse repliziert werden. In der Bedingung gleiches Feld zeigte sich eine signifikante Abweichung zum Ablenkungsreiz, in der Bedingung gegenüberliegendes Feld eine signifikante Abweichung weg davon (vgl. McSorley, Cruickshank, & Inman, 2009). Dies zeigte

sich ebenfalls in der Sakkadenendpunktabweichung. Der globale Effekt war auch hier bei geringem Abstand zwischen Ziel- und Ablenkungsreiz in der Bedingung gleiches Feld zu finden (Van der Stigchel et al., 2009). Alle Sakkadenabweichungen unterschieden sich signifikant von einer geraden Linie und alle Sakkadenendpunktabweichungen zeigten einen signifikanten Abstand vom Zielreiz. Die Sakkadenlatenz war in der Bedingung gleiches Feld signifikant kürzer als in der Bedingung gegenüberliegendes Feld. Dies entspricht bisherigen Ergebnissen (vgl. McSorley, Cruickshank, & Inman, 2009).

Experiment 2 betraf einen bewussten Ablenkungsreiz, so wie auch die zitierten Studien. In diesem Experiment konnten Van der Stigchel et al. (2009) bisherige Ergebnisse replizieren. In Experiment 1 wurde überprüft, ob diese Ergebnisse auch auf einen unbewussten Ablenkungsreiz zu übertragen sind (Van der Stigchel et al., 2009). Die Sakkadenlatenz wurde in Experiment 1 nicht beeinflusst durch die unterschiedlichen Bedingungen. Außerdem unterschied sich die Abweichung in der Bedingung gleiches Feld nicht signifikant von einer geraden Linie und die Sakkadenendpunktabweichung in der Bedingung gegenüberliegendes Feld zeigte keinen signifikanten Abstand vom Zielreiz. Die Richtungen der Abweichungen in Experiment 1 von Van der Stigchel et al. (2009) stimmten aber mit Erkenntnissen aus der bewussten Verarbeitung überein. Das heißt, die Effekte waren bei bewusster Verarbeitung des Ablenkungsreizes stärker ausgeprägt als bei unbewusster. Außerdem war die Sakkadenlatenz in Experiment 2 kürzer als in Experiment 1 (Van der Stigchel et al., 2009). Der Unterschied der Ergebnisse zwischen einem bewussten und unbewussten Ablenkungsreiz kann auch Resultat der unterschiedlichen Designs sein. In Experiment 1 wurden mehr Reize präsentiert als in Experiment 2. Diese mögliche Ursache wird in der Diskussion der vorliegenden Arbeit näher erläutert.

Die experimentelle Herstellung der unbewussten Verarbeitung.

Das frühere Erscheinen des Ablenkungsreizes in Experiment 1 von Van der Stigchel et al. (2009) sollte nur unbewusst verarbeitet werden, da 17 ms nach seinem Auftreten drei weitere Kreise erschienen. Eine erste Möglichkeit ist die Interpretation der unbewussten Verarbeitung im Sinne der Rückwärtsmaskierung (Di Lollo et al., 2000; siehe S. 16). Zuerst erschien der Ablenkungsreiz. Dessen Verarbeitung wurde unterbrochen durch die Darbietung der vier Kreise (inklusive des bereits vorhandenen Reizes; vgl. Lamme, 2003). Die vier Kreise dienten daher als Maske des Ablenkungsreizes. Allerdings findet eine Rückwärtsmaskierung meist durch größere örtliche Überlappung des Reizes und der Maske statt (vgl. Enns & Di Lollo, 2000). Nach Kim und Blake (2005) dient auch die *Unaufmerksamkeitsblindheit* (engl. „inattention blindness“;

Mack & Rock, 1998) der experimentellen Herstellung unbewusster Verarbeitung. Unaufmerksamkeitsblindheit bedeutet, dass ein Reiz nicht bewusst wahrgenommen wird, da die Aufmerksamkeit auf andere Reize oder Aufgaben gerichtet ist (Mack & Rock, 1998). Dies trifft auf das von Van der Stigchel et al. (2009) verwendete Design zu. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, eine Sakkade zum Zielreiz auszuführen. Der früher erscheinende Ablenkungsreiz war nicht Fokus der Aufmerksamkeit, wodurch die Versuchspersonen diesen nicht entdeckten. Dies erinnert an die Definition des Vorbewussten nach Dehaene et al. (2006; siehe S. 15). Der Reiz wäre bewusst wahrnehmbar, wenn die Aufmerksamkeit auf ihn gerichtet wäre (Dehaene et al., 2006; vgl. Lamme, 2003, 2006). Daher findet die Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe erst nach Abschluss der Sakkadenaufgabe statt. Während der Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe ist die Aufmerksamkeit auf den Ablenkungsreiz gerichtet, wodurch dieser eher erkannt wird. Fünf von 17 Versuchspersonen erkannten in Experiment 1 überzufällig oft den Ort des Ablenkungsreizes (Van der Stigchel et al., 2009).

Ziel und Fragestellung der aktuellen Studie

Das Ziel der aktuellen Studie ist die Analyse der Art der okulomotorischen Verlagerung durch unbewusste im Vergleich zu bewussten Ablenkungsreizen mit plötzlichem Beginn anhand der Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung. Um die Fragestellung und Hypothesen zu erklären, soll im Folgenden ein kurzer Überblick zum verwendeten Design gegeben werden. Die Basis des Designs sowie die Größen der Reize wurden von Van der Stigchel et al. (2009) übernommen. Um die Art der okulomotorischen Verlagerung festzustellen, wurden helle (weiße) und dunkle (schwarze) Reize verwendet. Die Kontrastangaben wurden übernommen von Fuchs et al. (2013). Die Reize hatten berechnet nach dem Weber-Kontrast denselben Kontrastunterschied zum Hintergrund. Daher war die Intensität der beiden Reize gleich (vgl. Itti & Koch, 2001). Jedoch hatten sie unterschiedliche Kontrastpolarität und waren daher hell oder dunkel (vgl. Fuchs et al., 2013). Die Versuchspersonen führten Sakkaden zu einem Zielreiz aus, der über alle Durchgänge hinweg eine bestimmte Kontrastpolarität besaß. Die Hälfte der Versuchspersonen führte Sakkaden zu einem hellen Zielreiz aus, die andere Hälfte zu einem dunklen. Der Ablenkungsreiz befand sich entweder in der gleichen oder gegenüberliegenden vertikalen Bildschirmhälfte wie der Zielreiz (Faktor *Feld*; vgl. Van der Stigchel et al., 2009). Er hatte entweder dieselbe oder unterschiedliche Kontrastpolarität im Vergleich zum Zielreiz (Faktor *Kontrastpolarität*). Hatte der Ablenkungsreiz dieselbe Kontrastpolarität wie der Zielreiz, so entsprach dies dem Suchset (vgl. Ansorge,

Horstmann, & Scharlau, 2011). Der Ablenkungsreiz wurde bewusst oder unbewusst präsentiert (Faktor *Bewusstheit*). Die neutrale Bedingung ohne Ablenkungsreiz war im Design inkludiert, um für die Durchführung des Experiments möglichst der Studie von Van der Stigchel et al. (2009) ähnliche Durchführungsbedingungen zu gewährleisten. Sie wurde aber in den Analysen nicht verwendet, da die neutrale Bedingung keine Ausprägungen in den Faktoren Kontrastpolarität und Bewusstheit besitzt. Es wurde der Einfluss der Faktoren Feld (gleiches Feld, gegenüberliegendes Feld), Kontrastpolarität (gleiche Polarität, unterschiedliche Polarität) sowie Bewusstheit (bewusst, unbewusst) auf die Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung analysiert. Nach der Sakkadenaufgabe fand die Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe statt, um die Sichtbarkeit der Ablenkungsreize zu überprüfen. Eine genauere Beschreibung des Designs findet sich auf Seite 34.

Die Fragestellung der aktuellen Studie lautet: Lässt sich anhand des Designs von Van der Stigchel et al. (2009) bei Verwendung zweier unterschiedlicher Kontrastpolaritäten eine reiz- oder absichtsbewusste okulomotorische Verlagerung durch einen bewussten sowie unbewussten Reiz mit plötzlichem Beginn gemessen durch Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung feststellen? Im Folgenden werden die Hypothesen für eine reiz- bzw. absichtsbewusste okulomotorische Verlagerung während der Sakkadenaufgabe sowie die Hypothesen zur Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe dargestellt.

Hypothese der reizgetriebenen okulomotorischen Verlagerung.

Findet eine reizgetriebene okulomotorische Verlagerung statt, so sind die Ergebnisse unabhängig von der gesuchten Kontrastpolarität des Zielreizes (vgl. Fuchs et al., 2013). Somit entsprechen die Ergebnisse der Studie von Van der Stigchel et al. (2009).

Sakkadenlatenz.

Der Einfluss der Bewusstheit kennzeichnet sich durch eine signifikant kürzere Sakkadenlatenz in der bewussten Bedingung als in der unbewussten Bedingung (vgl. Van der Stigchel et al., 2009). Der Faktor Feld beeinflusst die Sakkadenlatenz signifikant: Wenn der Ablenkungsreiz im gleichen Feld ist wie der Zielreiz, ist die Sakkadenlatenz kürzer im Vergleich zum Ablenkungsreiz im gegenüberliegenden Feld (vgl. Van der Stigchel et al., 2009, Experiment 2; McSorley, Cruickshank, & Inman, 2009). Der Faktor Kontrastpolarität hat unter der Annahme einer reizgetriebenen okulomotorischen Verlagerung keinen signifikanten Einfluss auf die

Sakkadenlatenz. Der Kontrastunterschied des Ablenkungsreizes zum Hintergrund beeinflusst unabhängig von seiner Polarität und daher vom Suchset die Sakkadenlatenz (vgl. Itti & Koch, 2001).

Sakkadenabweichung.

Es wird kein signifikanter Einfluss der Bewusstheit auf die Sakkadenabweichung erwartet (vgl. Van der Stigchel et al., 2009). Der Faktor Feld beeinflusst die Sakkadenabweichung signifikant. Wenn der Ablenkungsreiz im gleichen Feld ist wie der Zielreiz, findet eine Abweichung zum Ablenkungsreiz statt. Dies unterscheidet sich signifikant von einer Abweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (vgl. McSorley, Cruickshank, & Inman, 2009; Van der Stigchel et al., 2009). Dies ist im Einklang mit der Hypothese, dass im gleichen Feld eine kürzere Sakkadenlatenz als im gegenüberliegenden Feld zu finden ist. Wie bereits erläutert ist bei kurzer Sakkadenlatenz die Sakkadenabweichung zum Ablenkungsreiz gerichtet, bei längerer Sakkadenlatenz weg vom Ablenkungsreiz (McSorley, Haggard, & Walker, 2006; siehe S. 22). Ausgehend von Van der Stigchel et al. (2009) wird angenommen, dass sich alle Sakkadenabweichungen signifikant von einer geraden Linie unterscheiden. Es wird kein signifikanter Einfluss der Kontrastpolarität auf die Sakkadenabweichung erwartet.

Sakkadenendpunktabweichung.

Es wird kein signifikanter Einfluss der Bewusstheit auf die Sakkadenendpunktabweichung erwartet (vgl. Van der Stigchel et al., 2009). Der Faktor Feld beeinflusst die Sakkadenendpunktabweichung signifikant. Wenn der Ablenkungsreiz im gleichen Feld ist wie der Zielreiz, ist der Endpunkt zum Ablenkungsreiz gerichtet (vgl. Van der Stigchel et al., 2009; Van der Stigchel & Nijboer, 2011). Dies unterscheidet sich signifikant von einer Abweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (vgl. Van der Stigchel et al., 2009). Ausgehend von Van der Stigchel et al. (2009) wird vermutet, dass alle Sakkadenendpunktabweichungen einen signifikanten Abstand vom Zielreiz aufweisen. Die Kontrastpolarität hat keinen signifikanten Einfluss auf die Sakkadenendpunktabweichung.

Hypothese der absichtsgetriebenen okulomotorischen Verlagerung.

Bei einer absichtsgetriebenen okulomotorischen Verlagerung sind die Ergebnisse abhängig vom Suchset (vgl. Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011). Das Suchset ist die Kontrastpolarität des Zielreizes. Der Faktor Kontrastpolarität interagiert signifikant mit den Faktoren Feld und Bewusstheit. Entspricht die Kontrastpolarität des Ablenkungsreizes der gesuchten Kontrastpolarität des Zielreizes, so sind die Ergebnisse der Faktoren Feld und Bewusstheit wie beschrieben zur Hypothese reizgetriebener okulomotorischer Verlagerung. Bei unterschiedlicher Kontrastpolarität von Ablenkungs- und Zielreiz ist kein signifikanter Effekt der Faktoren Feld und Bewusstheit auf Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung durch den Ablenkungsreiz gegeben. Außerdem findet sich bei gleicher Kontrastpolarität ein signifikanter Unterschied der Sakkadenabweichung zu einer geraden Linie bzw. ein signifikanter Abstand des Sakkadenendpunkts zum Zielreiz, nicht aber bei unterschiedlicher Kontrastpolarität.

Hypothese der Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe.

Es wird erwartet, dass in der bewussten Bedingung alle Versuchspersonen den Ort des Ablenkungsreizes öfter als dem Zufall (25 %) entsprechend richtig angeben. In der unbewussten Bedingung sollten alle Versuchspersonen den Ablenkungsreiz nicht überzufällig oft richtig lokalisieren. Die Erkennungsleistungen in den Bedingungen der Faktoren Feld sowie Kontrastpolarität sollten sich in der bewussten und unbewussten Bedingung nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Methode

Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus 26 Versuchspersonen (20 Frauen). Das Durchschnittsalter der Versuchspersonen betrug 22.92 Jahre und reichte von 18 bis 38 Jahren. Alle Versuchspersonen verfügten über ausreichende Deutschkenntnisse, um die Instruktion zu verstehen. Die Versuchspersonen waren Studierende der Fakultät für Psychologie der Universität Wien. Sie wurden über das Versuchspersonenrekrutierungssystem RSAP des Instituts für psychologische Grundlagenforschung und Forschungsmethoden randomisiert ausgewählt. Für die Teilnahme am Experiment

erhielten sie Bonuspunkte für Prüfungen und Seminare. Es wurden jene Personen durch das RSAP ausgeschlossen, die bereits an anderen Experimenten zur unbewussten Aufmerksamkeitsverlagerung teilgenommen hatten. Dadurch sollte ausgeschlossen werden, dass die Versuchspersonen über die Intention der unbewussten Verlagerung Bescheid wussten. Von den Versuchspersonen waren 24 rechtshändig und zwei linkshändig. Das dominante Auge war bei 14 Versuchspersonen das rechte, bei den restlichen 12 Versuchspersonen das linke Auge. Alle Versuchspersonen verfügten über ausreichende oder korrigierte Sehfähigkeit. Bei allen konnte eine Rot-Grün-Sehschwäche ausgeschlossen werden. Die Teilnahme am Experiment erfolgte freiwillig und anonym mittels einer schriftlichen Einverständniserklärung.

Apparatur

Während des ersten Blocks des Experiments wurden die Augenbewegungen des dominanten Auges der Versuchsperson aufgezeichnet. Der Blickverfolger war ein EyeLink 1000 Desktop Mount (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada) mit einer Abtastungsfrequenz von 1000 Hz. Dieser war unter dem Bildschirm positioniert, auf dem die Reize präsentiert wurden. Im zweiten Block des Experiments wurden manuelle Verhaltensantworten mittels der Tasten 1, 3, 7, 9 des Ziffernblocks der Tastatur aufgezeichnet. Die Tastatur war vor dem Blickverfolger positioniert. Der Bildschirm war ein 19“ CRT Monitor (Sony Multiscan G400) mit einer Bildwiederholrate von 120 Hz und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel. Hinter dem Monitor war eine Tischlampe als indirekte Lichtquelle angebracht, deren Licht auf die dahinterliegende Wand leuchtete. Eine fixierte Kinn- und Stirnstütze gewährleistete eine Betrachtungsdistanz von 64 cm. Die Sitzposition sowie Sitzhöhe konnten von jeder Versuchsperson den eigenen Bedürfnissen entsprechend angepasst werden. Die Experimentalprozedur wurde mittels des Experiment Builders (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada) erstellt und präsentiert.

Versuchsablauf und -design

Es wurde jeweils eine Versuchsperson getestet. Die Versuchsperson unterschrieb zu Beginn eine Einverständniserklärung. Diese wies auf die Anonymität sowie die Möglichkeit, das Experiment jederzeit ohne Angabe von Gründen abzubrechen, hin. Die Sehkraft wurde mit einem Sehtest überprüft. Eine Rot-Grün-Sehschwäche wurde durch Überprüfung mittels der Ishihara-Farbtafeln ausgeschlossen. Das dominante Auge wurde ermittelt, außerdem wurden

Alter, Geschlecht und Händigkeit erhoben. Für das Experiment wurde die Deckenbeleuchtung abgeschaltet und die indirekte Beleuchtung hinter dem Monitor aufgedreht.

Das Experiment war in zwei Blöcke aufgeteilt. In Block 1 wurden die Augenbewegungen der Versuchspersonen aufgezeichnet. Bevor das Experiment startete, fand eine Neun-Punkt-Kalibrierung und Validierung des Blickverfolgers statt. Danach erschien am Bildschirm die erste Instruktion. Die Versuchsperson bekam die Aufgabe, das Fixationskreuz zu fixieren und bei Erscheinen eines weißen / schwarzen Diamanten eine Augenbewegung zu diesem zu machen. Bei Unklarheiten konnte jederzeit die Versuchsleiterin gefragt werden. Das Experiment wurde durch die Versuchsperson mittels Tastendruck der Leertaste gestartet.

Alle Reize wurden auf grauem Hintergrund (72.5 cd/m^2) präsentiert. Darauf erschien zuerst in der Mitte des Bildschirms ein schwarzes Fixationskreuz. Dieses verschwand nach 1400 ms und einer zusätzlichen zufälligen Zeitspanne von 0 bis 400 ms. Sechzehn Millisekunden vor Verschwinden des Fixationskreuzes erschien in der Bedingung mit Ablenkungsreiz an einer von vier Ecken eines imaginären Quadrats um das Fixationskreuz ein gefüllter Kreis. Der gefüllte Kreis war der Ablenkungsreiz mit plötzlichem Beginn. Nach 16 ms erschienen in der *unbewussten Bedingung* drei weitere gefüllte Kreise und vervollständigten das imaginäre Quadrat. Mit den drei Kreisen erschien ein gefülltes, auf der Spitze stehendes Quadrat. Dieses war der Zielreiz. Der Zielreiz wurde in den Instruktionen als Diamant bezeichnet. In der *bewussten Bedingung* erschienen keine weiteren drei Kreise mit dem Zielreiz. Alle Kreise hatten einen Durchmesser von 1.4° . Der Abstand des Fixationskreuzes zum Mittelpunkt jedes Kreises betrug 7.6° . Der Zielreiz hatte einen Durchmesser von 1.8° auf jeder Seite. Der Abstand zwischen Fixationskreuz und Zielreiz betrug 9.1° . Eine Sekunde nach Präsentation des Zielreizes und der Kreise startete in der unbewussten sowie in der bewussten Bedingung der nächste Durchgang. Ein Durchgang beschreibt einen Ablauf vom Erscheinen des Fixationskreuzes bis zum Erscheinen des Zielreizes.

Der Zielreiz erschien über die Durchgänge hinweg ausbalanciert und randomisiert oberhalb oder unterhalb der vier Kreise. Der Ablenkungsreiz erschien in der Bedingung *gleiches Feld* in derselben vertikalen Hälfte des Bildschirms wie der Zielreiz. In der Bedingung *gegenüberliegendes Feld* erschien der Ablenkungsreiz in der anderen Hälfte des Bildschirms wie der Zielreiz. Der Ablenkungsreiz war über die Durchgänge hinweg ausbalanciert und randomisiert an der rechten oder linken Seite des imaginären Quadrats. In der *neutralen Bedingung* wurde 16 ms vor Erscheinen des Zielreizes kein Ablenkungsreiz präsentiert. Die Kreise erschienen gleichzeitig mit dem Zielreiz. Der Zielreiz war entweder dunkel (23 cd/m^2) oder hell (122 cd/m^2). Dies wurde über die Versuchspersonen hinweg ausbalanciert und

randomisiert. Die Kreise hatten entweder *gleiche* oder *unterschiedliche Kontrastpolarität* im Vergleich zum Zielreiz. Dies wurde über die Durchgänge hinweg ausbalanciert und randomisiert. Abbildung 1 zeigt einen Durchgang der unbewussten und bewussten Bedingung, in welchem der dunkle Ablenkungsreiz im gegenüberliegenden Feld des hellen Zielreizes präsentiert wurde.

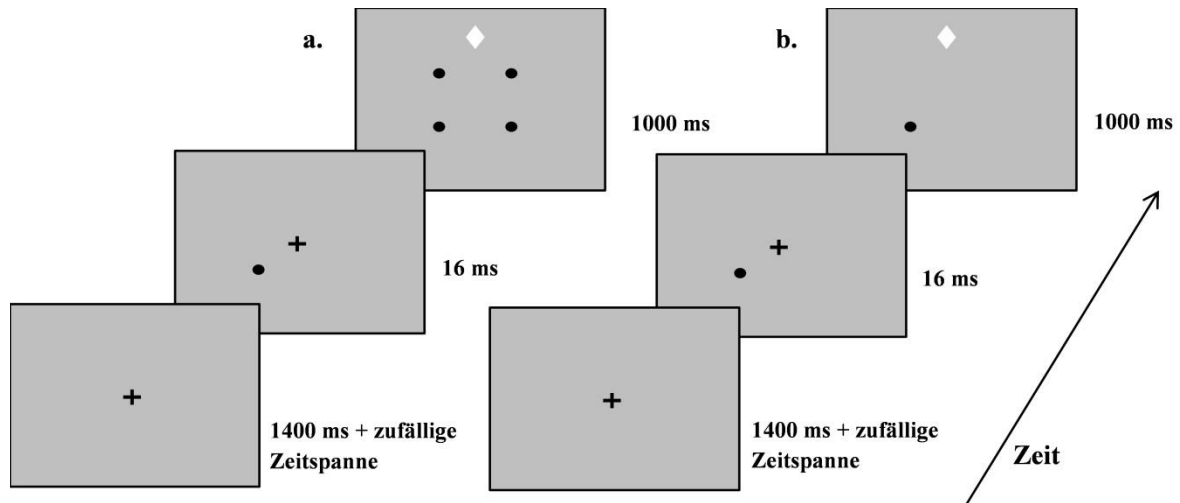


Abbildung 1. Schematische Darstellung der unbewussten Bedingung (a) und der bewussten Bedingung (b). In beiden Darstellungen findet sich von unten nach oben der Ablauf eines Durchgangs, in welchem der dunkle Ablenkungsreiz im gegenüberliegenden Feld zum hellen Zielreiz präsentiert wurde (adaptiert von Van der Stigchel et al., 2009).

Am Beginn fanden 25 Übungsdurchgänge statt. Die Übungsdurchgänge waren in jener Bedingung (bewusst oder unbewusst), wie die darauffolgenden 192 Durchgänge. Während der Übungsdurchgänge wurden die Augenbewegungen nicht aufgezeichnet. In Block 1 gab es 384 Durchgänge (ohne die Übungsdurchgänge), je 192 Durchgänge in der unbewussten sowie in der bewussten Bedingung. Die unbewusste und bewusste Bedingung erschienen geblockt nacheinander. Die Reihenfolge der beiden Bedingungen wurde über die Versuchspersonen ausbalanciert. Die Durchgänge dieser Bedingungen enthielten randomisiert je 64 Durchgänge der neutralen Bedingung, der Bedingung gleiches Feld sowie der Bedingung gegenüberliegendes Feld. Davon waren randomisiert je 32 Durchgänge mit Kreisen der gleichen oder unterschiedlichen Kontrastpolarität im Vergleich zum Zielreiz. Nach je 64 Durchgängen erschien am Bildschirm die Instruktion „Pause. Weiter mit Leertaste“. Bei Nachfragen erklärte die Versuchsleiterin, dass sich die Versuchsperson erholen konnte, der Kopf jedoch an Kinn- und Stirnstütze positioniert bleiben sollte. Die Versuchsperson konnte mittels Tastendruck der Leertaste entscheiden, wann sie den nächsten Durchgang begann. Bei einem Durchgang mit

einer Augenbewegung unter 80 ms oder über 600 ms erschien ein Warnhinweis („Zu schnell oder zu langsam“). Dieser Durchgang wurde von der Analyse der Sakkadenaufgabe ausgeschlossen und am Ende aller Durchgänge von Block 1 noch einmal wiederholt.

Block 2 war eine Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe und wurde bei allen Versuchspersonen nach Block 1 präsentiert. Die Aufgabe wurde durch eine Instruktion erklärt. Die Versuchspersonen mussten mittels der Tasten 1, 3, 7, 9 des Ziffernblocks der Tastatur angeben, wo der Ablenkungsreiz erschienen war. Den Zielreiz sollten sie ignorieren. Das Design wurde aus Block 1 übernommen. Nach jedem Durchgang erschienen das Fixationskreuz sowie die Ziffern 1, 3, 7 und 9 an den vier Ecken des imaginären Quadrats. Die Versuchspersonen mussten die Taste drücken, um anzugeben, wo sie den Kreis zuerst sahen. In Block 2 gab es nacheinander geblockt eine bewusste und eine unbewusste Bedingung. Die Reihenfolge der bewussten und unbewussten Bedingung für Block 1 und Block 2 wurde über die Versuchspersonen ausbalanciert. Beide Bedingungen von Block 2 hatten je 64 Durchgänge. Davon waren randomisiert je 32 Durchgänge der Bedingungen gleiches und gegenüberliegendes Feld. Diese 32 Durchgänge enthielten randomisiert je 16 Durchgänge der Bedingungen gleiche und unterschiedliche Kontrastpolarität. Nach den Durchgängen der ersten Bedingung (bewusst oder unbewusst) erschien eine Instruktion, die die darauffolgende Bedingung erklärte. Es erschienen nun vier Kreise (unbewusste Bedingung) oder ein Kreis (bewusste Bedingung). In Block 2 gab es keine Pauseninstruktionen¹ und keine neutrale Bedingung. Es wurden keine Augenbewegungen aufgezeichnet. Die Versuchsperson behielt ihren Kopf positioniert in Kinn- und Stirnstütze.

Datenanalyse

Die Auswahl der für die Berechnungen verwendeten Sakkaden wurde mittels des Data Viewers (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada) vorgenommen. Eine Sakkade wurde als solche definiert, wenn ihre Geschwindigkeit mindestens 30°/s, ihre Beschleunigung mindestens 8000°/s² sowie ihre Positionsänderung mindestens 1° betragen. Dadurch konnten der Sakkadenstart und -endpunkt festgestellt werden. Es wurden nur jene Sakkaden für die

¹ Bei neun der 26 Versuchspersonen enthielt die Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe nach 64 Durchgängen eine Pauseninstruktion. Dies führte bei einigen Durchgängen der bewussten Bedingung zu einem Programmfehler, sodass zusätzlich zum Zielreiz mehr als ein Reiz präsentiert wurde.

Berechnungen verwendet, deren Dauer maximal 80 ms betrug und deren Sakkadenlatenz zwischen 80 und 600 ms lag. Weiters wurden jene Sakkaden für die Berechnungen ausgewählt, deren Sakkadenstartpunkt innerhalb 1° vom Mittelpunkt des Fixationskreuzes sowie deren Sakkadenendpunkt innerhalb 2° vom Mittelpunkt des Zielreizes lagen. Wurden während eines Durchgangs zwei Sakkaden zum Zielreiz ausgeführt, so wurde die erste Sakkade zur Analyse verwendet.

Zur Berechnung der Sakkadentrajektorie (in Radianen) wurde der durchschnittliche Winkel der durchgeführten Sakkade subtrahiert vom Winkel einer geraden Linie zwischen Start- und Endpunkt der Sakkade. Der durchschnittliche Winkel der durchgeführten Sakkade wurde berechnet aus den Winkeln für jeden Messzeitpunkt (einer pro Millisekunde) einer geraden Linie zwischen Startpunkt der Sakkade und aktueller Position zum Messzeitpunkt (ein Überblick über Arten der Sakkadentrajektorienberechnung findet sich bei Van der Stigchel et al., 2006). Die Abweichung des Sakkadenendpunkts (in Pixel) wurde berechnet durch die horizontale Distanz zwischen Sakkadenendpunkt und Zielreizmittelpunkt. War der Endpunkt zum Ablenkungsreiz gerichtet, so wurde seine Abweichung mit einem positiven Vorzeichen codiert. War der Endpunkt weg vom Ablenkungsreiz gerichtet, wurde die Abweichung mit einem negativen Vorzeichen codiert. Die Codierung und somit die Art der horizontalen Abweichung der Sakkadentrajektorie (zum oder weg vom Ablenkungsreiz) wurde vom jeweiligen Endpunkt der Sakkade übernommen.

Ergebnisse

Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe

Einseitige Binomialtests für jede Versuchsperson ergaben, dass zwei der 26 Versuchspersonen in der unbewussten Bedingung den Ablenkungsreiz signifikant häufiger als zufällig (25 %) erkannten (beide $ps < .05$). Die restlichen 24 Versuchspersonen erkannten den Ablenkungsreiz nicht überzufällig häufig (alle $ps > .05$). In der bewussten Bedingung erkannten alle 26 Versuchspersonen den Ablenkungsreiz signifikant überzufällig (alle $ps < .001$). Die Erkennungsleistung in der unbewussten Bedingung unterschied sich nicht signifikant zwischen gleichem und gegenüberliegendem Feld und zwischen gleicher und unterschiedlicher Polarität. Die Erkennungsleistung in der bewussten Bedingung unterschied sich nicht signifikant zwischen den Bedingungen des Faktors Feld (alle $ps > .76$). Die Erkennungsleistungen der Bedingungen des Faktors Kontrastpolarität waren signifikant unterschiedlich, $t(25) = -2.14$, $p = .042$, mit einer

besseren Erkennungsleistung in der Bedingung gleiche Polarität (94.96 %) als in der Bedingung unterschiedliche Polarität (92.48 %).

Sakkadenaufgabe

Es wurden aufgrund der in Datenanalyse beschriebenen Kriterien 47.6 % der Durchgänge ausgeschlossen. Die Ergebnisse wurden mittels des Statistikprogramms SPSS (Version 20) berechnet. Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt für Sakkadenlatenz in Millisekunden, Sakkadenabweichung in Radianen (rad) und Sakkadenendpunktabweichung in Pixel beschrieben. Es wurde jeweils eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt. Die drei Innersubjektfaktoren waren Bewusstheit mit den Bedingungen bewusst und unbewusst, Feld mit den Bedingungen gleiches Feld und gegenüberliegendes Feld sowie Kontrastpolarität mit den Bedingungen gleiche Polarität und unterschiedliche Polarität. Die Auswertung erfolgte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$. Die paarweisen Vergleiche wurden nach Bonferroni korrigiert. Das partielle Eta-Quadrat η_p^2 gibt die Effektstärke an. Die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Bedingungskombinationen sowie die Standardfehler zu den Mittelwerten der signifikanten Haupteffekte und Interaktionen befinden sich im Anhang in den Tabellen A1, A2, A3 und A4.

Sakkadenlatenz.

Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Feld mit $F(1, 25) = 120.08$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .83$. Die Sakkadenlatenz in der Bedingung gleiches Feld (229.95 ms) war kürzer als in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (241.50 ms). Der Haupteffekt des Faktors Kontrastpolarität war signifikant, $F(1, 25) = 42.21$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .63$, mit kürzerer Sakkadenlatenz in der Bedingung unterschiedliche Polarität (231.02 ms) als in der Bedingung gleiche Polarität (240.42 ms). Der signifikante Haupteffekt des Faktors Bewusstheit mit $F(1, 25) = 40.62$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .62$ zeigte eine kürzere Sakkadenlatenz in der bewussten Bedingung (228.74 ms) als in der unbewussten Bedingung (242.70 ms). Die Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Feld zeigte einen starken Trend, $F(1, 25) = 4.21$, $p = .051$, $\eta_p^2 = .14$, mit einem größeren Unterschied zwischen gleichem und gegenüberliegendem Feld in der Bedingung gleiche Polarität (gleiches Feld: 233.75 ms, gegenüberliegendes Feld: 247.10 ms, $p < .001$) als in der Bedingung unterschiedliche Polarität (gleiches Feld: 226.15 ms, gegenüberliegendes Feld: 235.89 ms, $p < .001$). Dies ist in

Abbildung 2 veranschaulicht. Diese Interaktion zeigte auch, dass der Unterschied in der Bedingung gegenüberliegendes Feld zwischen gleicher (247.10 ms) und unterschiedlicher Polarität (235.89 ms, $p < .001$) größer war als in der Bedingung gleiches Feld (gleiche Polarität: 233.75 ms, unterschiedliche Polarität: 226.15 ms, $p < .001$).

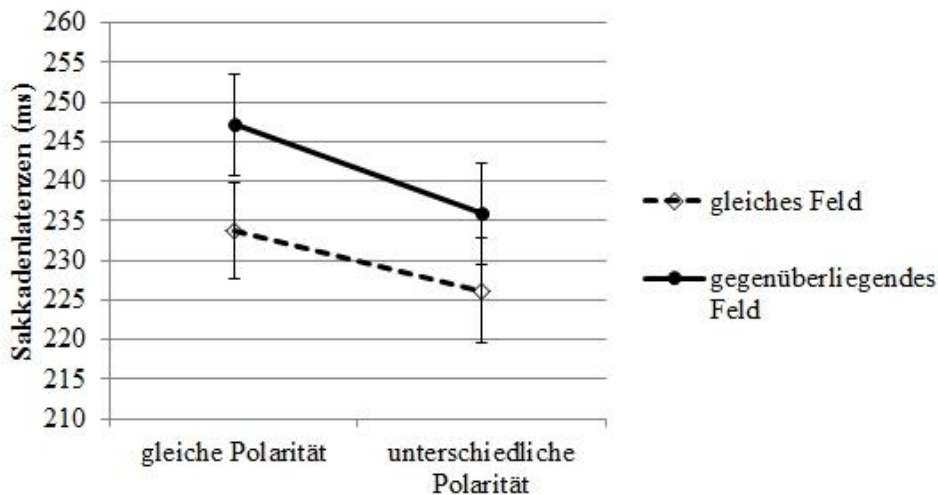


Abbildung 2. Mittelwerte und Standardfehler der beinahe signifikanten Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Feld der Sakkadenlatenz (in ms).

Die Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Bewusstheit, $F(1, 25) = 23.51$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .49$, war signifikant. Abbildung 3 veranschaulicht diese Interaktion.

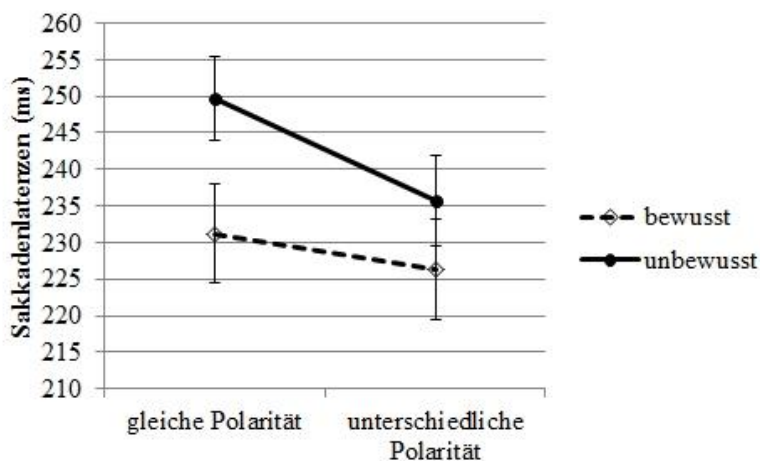


Abbildung 3. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Bewusstheit der Sakkadenlatenz (in ms).

Paarweise Vergleiche ergaben, dass der Unterschied zwischen bewusster und unbewusster Bedingung in der Bedingung gleiche Polarität (bewusst: 231.19 ms, unbewusst: 249.66 ms, $p < .001$) signifikant stärker ausgeprägt war als in der Bedingung unterschiedliche

Polarität (bewusst: 226.30 ms, unbewusst: 235.75, $p < .001$). Der Unterschied zwischen gleicher und unterschiedlicher Polarität war größer in der unbewussten (gleiche Polarität: 249.66 ms, unterschiedliche Polarität: 235.75 ms, $p < .001$) als in der bewussten Bedingung (gleiche Polarität: 231.19 ms, unterschiedliche Polarität: 226.30 ms, $p = .002$).

Die Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit, $F(1, 25) = 66.96$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .73$, war signifikant. Sie ist in Abbildung 4 veranschaulicht.

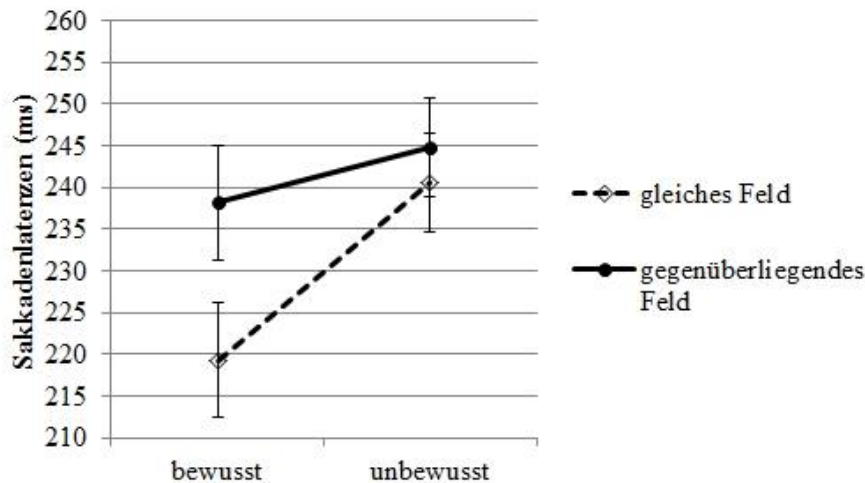


Abbildung 4. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit der Sakkadenlatenz (in ms).

Paarweise Vergleiche ergaben, dass der Unterschied zwischen gleichem und gegenüberliegendem Feld in der bewussten Bedingung (gleiches Feld: 219.31 ms, gegenüberliegendes Feld: 238.18 ms, $p < .001$) signifikant stärker ausgeprägt war als in der unbewussten Bedingung (gleiches Feld: 240.59 ms, gegenüberliegendes Feld: 244.82 ms, $p < .001$). Der Unterschied in der Bedingung gleiches Feld zwischen bewusster (219.31 ms) und unbewusster Bedingung (240.59 ms, $p < .001$) war signifikant größer als in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (bewusst: 238.18 ms, unbewusst: 244.82 ms, $p = .006$). Die dreifache Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität, Feld und Bewusstheit war nicht signifikant ($p = .66$).

Sakkadenabweichung.

Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Feld mit $F(1, 25) = 6.42$, $p = .018$, $\eta_p^2 = .20$. Paarweise Vergleiche ergaben eine Abweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (-0.004 rad), die sich signifikant von einer Abweichung zum Ablenkungsreiz in der Bedingung

gleiches Feld (0.004 rad) unterschied. Die Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit war signifikant, $F(1, 25) = 5.67$, $p = .025$, $\eta_p^2 = .19$. Paarweise Vergleiche zeigten keinen signifikanten Unterschied in der unbewussten Bedingung zwischen gleichem und gegenüberliegendem Feld (gleiches Feld: 0.002 rad, gegenüberliegendes Feld: 0.001 rad, $p = .804$). In der bewussten Bedingung zeigte sich der signifikante Unterschied zwischen gleichem und gegenüberliegendem Feld, $p = .009$, mit einer Abweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (-0.009 rad), die sich signifikant von einer Abweichung zum Ablenkungsreiz in der Bedingung gleiches Feld (0.006 rad) unterschied. Das heißt, die bewusste Bedingung hatte einen signifikanten Einfluss auf den Faktor Feld, nicht jedoch die unbewusste Bedingung. Diese Interaktion ist in Abbildung 5 veranschaulicht.

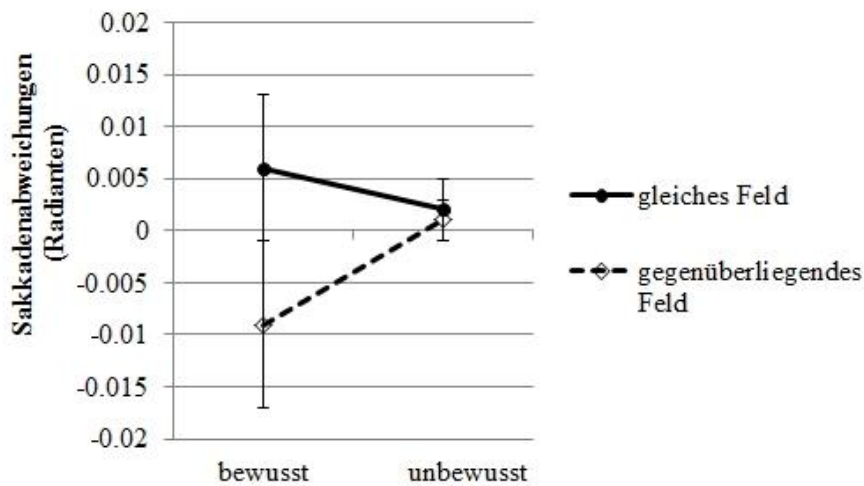


Abbildung 5. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit der Sakkadenabweichung (in Radianen).

Die Haupteffekte für die Faktoren Kontrastpolarität und Bewusstheit, sowie die Interaktionen der Faktoren Kontrastpolarität und Feld, Kontrastpolarität und Bewusstheit und die dreifache Interaktion der Faktoren Feld, Kontrastpolarität und Bewusstheit waren nicht signifikant (alle $ps > .37$). Ein Einstichproben- t -Test gegen Null ergab, dass sich die Sakkadenabweichungen aller Bedingungen nicht signifikant von Null unterschieden (alle $ps > .06$).

Sakkadenendpunktabweichung.

Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Feld mit $F(1, 25) = 9.11$, $p = .006$, $\eta_p^2 = .27$. Die Abweichung zum Ablenkungsreiz in der Bedingung gleiches Feld (3.03 Pixel) unterschied sich signifikant von der

Abweichung vom Ablenkungsreiz weg in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (-0.89 Pixel). Die Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Feld war signifikant, $F(1, 25) = 7.62$, $p = .011$, $\eta_p^2 = .23$. In der Bedingung gleiche Polarität zeigte sich in der Bedingung gegenüberliegendes Feld eine Abweichung weg vom Ablenkungsreiz (-2.86 Pixel), die sich signifikant von einer Abweichung zum Ablenkungsreiz in der Bedingung gleiches Feld (4.82 Pixel) unterschied ($p = .002$). In der Bedingung unterschiedliche Polarität unterschieden sich die Bedingungen des Faktors Feld nicht signifikant voneinander (gleiches Feld: 1.24 Pixel, gegenüberliegendes Feld: 1.07 Pixel, $p = .907$). Das heißt, nur die Bedingung gleiche Polarität hatte einen signifikanten Einfluss auf den Sakkadenendpunkt des Faktors Feld, nicht jedoch die Bedingung unterschiedliche Polarität. Ein signifikanter Unterschied zwischen gleicher und unterschiedlicher Polarität zeigte sich nur im gegenüberliegenden Feld (gleiche Polarität: -2.86 Pixel, unterschiedliche Polarität: 1.07 Pixel, $p = .039$), nicht jedoch im gleichen Feld (gleiche Polarität: 4.82 Pixel, unterschiedliche Polarität: 1.24 Pixel, $p = .101$). Diese Interaktion ist in Abbildung 6 veranschaulicht.

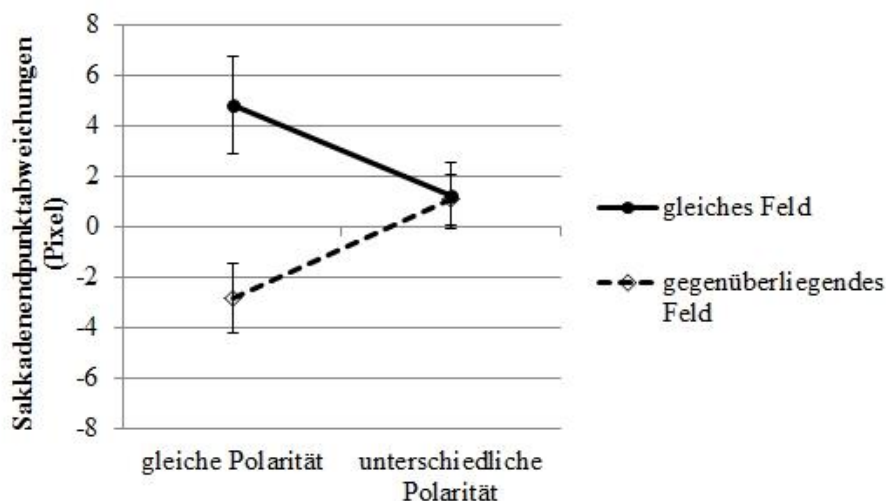


Abbildung 6. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Feld der Sakkadenendpunktabweichung (in Pixel).

Die Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit war signifikant, $F(1, 25) = 7.84$, $p = .01$, $\eta_p^2 = 0.24$. Paarweise Vergleiche zeigten in der bewussten Bedingung einen signifikanten Unterschied der Sakkadenendpunktabweichung zwischen einer Abweichung zum Ablenkungsreiz in der Bedingung gleiches Feld (5.08 Pixel) und einer Abweichung vom Ablenkungsreiz weg in der Bedingung gegenüberliegendes Feld (-2.50 Pixel, $p = .001$). In der unbewussten Bedingung unterschieden sich die Bedingungen des Faktors Feld nicht signifikant voneinander (gleiches Feld: 0.97 Pixel, gegenüberliegendes Feld: 0.72 Pixel, $p = .873$). Das

heißt, nur die bewusste Bedingung hatte einen signifikanten Einfluss auf den Faktor Feld, nicht jedoch die unbewusste Bedingung. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen bewusst und unbewusst zeigte sich nur im gleichen Feld (bewusst: 5.08 Pixel, unbewusst: 0.97 Pixel, $p = .033$), nicht jedoch im gegenüberliegenden Feld (bewusst: -2.50 Pixel, unbewusst: 0.72 Pixel, $p = .137$). Diese Interaktion ist in Abbildung 7 veranschaulicht.

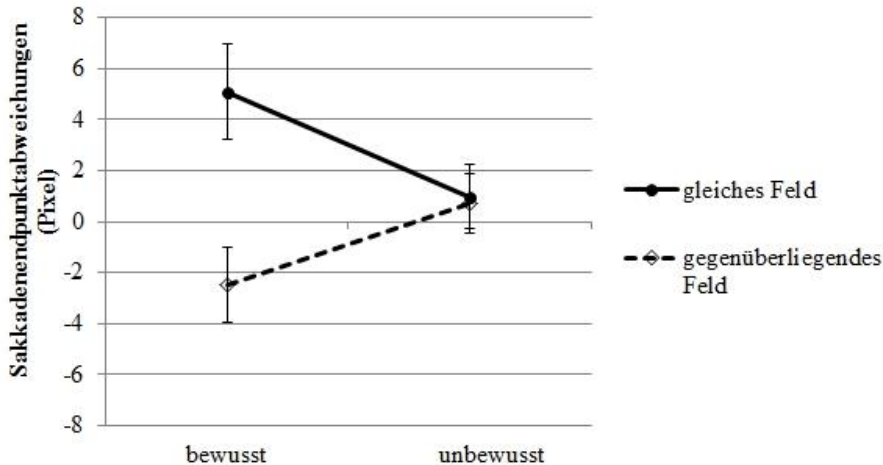


Abbildung 7. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit der Sakkadenendpunktabweichung (in Pixel).

Die Haupteffekte der Faktoren Kontrastpolarität und Bewusstheit, die Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Bewusstheit sowie die dreifache Interaktion der Faktoren Feld, Kontrastpolarität und Bewusstheit waren nicht signifikant (alle $ps > .15$). Ein Einstrichproben- t -Test gegen Null ergab, dass sich die Bedingungskombinationen gleiche Polarität, bewusst, gleiches Feld, $t(25) = 3.05$, $p = .005$, und gleiche Polarität, bewusst, gegenüberliegendes Feld, $t(25) = -2.34$, $p = .028$, signifikant von Null unterschieden. Alle anderen Bedingungen unterschieden sich nicht signifikant von Null (alle $ps > .23$).

Diskussion

Das Ziel der Diplomarbeitsstudie war zu analysieren, wie okulomotorische Verlagerung bei unbewussten im Vergleich zu bewussten Reizen mit plötzlichem Beginn stattfindet. Während der Sakkadenaufgabe wurden Sakkadenlatenz, Sakkadenabweichung und Sakkadenendpunktabweichung gemessen. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, vertikale Sakkaden zu einem Zielreiz auszuführen. Der Ablenkungsreiz erschien entweder in der gleichen vertikalen Bildschirmhälfte wie der Zielreiz oder in der gegenüberliegenden. Er wurde bewusst oder

unbewusst präsentiert. Der Ablenkungsreiz hatte dieselbe Kontrastpolarität wie der Zielreiz oder unterschiedliche. Die Frage, ob die okulomotorische Verlagerung durch den Ablenkungsreiz reiz- oder absichtsgetrieben stattfindet, wurde durch den Einfluss des Faktors Kontrastpolarität auf die Faktoren Feld und Bewusstheit untersucht. Da der Einfluss der Kontrastpolarität daher nicht losgelöst von den Faktoren Feld und Bewusstheit betrachtet werden kann, werden im Folgenden die Ergebnisse aller Faktoren dargestellt. Darauf aufbauend werden der Einfluss der Bewusstheit sowie der Kontrastpolarität zusammengefasst.

Die Sakkadenlatenz wurde durch den Faktor Feld signifikant beeinflusst. Wie erwartet war die Sakkadenlatenz kürzer in der Bedingung gleiches Feld als in der Bedingung gegenüberliegendes Feld. Dies zeigte sich für bewusste sowie unbewusste Ablenkungsreize. Dieser Effekt war außerdem unabhängig von der Polarität des Ablenkungsreizes. Das spricht für eine reizgetriebene Verlagerung. Allerdings war der Effekt des Feldes in der Bedingung gleiche Polarität stärker ausgeprägt als in der Bedingung unterschiedliche Polarität. Das heißt, trotz reizgetriebener Verlagerung durch beide Polaritäten übte der Ablenkungsreiz gleicher Polarität stärkeren Einfluss auf den Effekt des Feldes aus.

Ein Effekt der Kontrastpolarität zeigte sich auch in ihrem Haupteffekt. Die Sakkadenlatenz war signifikant kürzer bei Ablenkungsreizen unterschiedlicher Polarität im Vergleich zu gleicher Polarität. Das widerspricht den Erwartungen aus den Hypothesen. Bei reizgetriebener okulomotorischer Verlagerung sollte sich die Sakkadenlatenz je nach Kontrastpolarität nicht unterscheiden. Der Kontrastunterschied des Ablenkungsreizes würde unabhängig von seiner Polarität die Sakkadenlatenz beeinflussen (vgl. Fuchs et al., 2013; Itti & Koch, 2001). Aber auch die Hypothese der absichtsgetriebenen okulomotorischen Verlagerung widerspricht diesem Ergebnis. Absichtsgetriebene okulomotorische Verlagerung bedeutet, dass nur der Ablenkungsreiz mit gleicher Polarität die Sakkadenlatenz beeinflusst. Bei gleicher Polarität sollte sich die kürzere Sakkadenlatenz in der Bedingung gleiches Feld durch die längere Sakkadenlatenz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld aufheben. Somit wurde kein Unterschied in der Sakkadenlatenz zwischen den Bedingungen gleiche Polarität und unterschiedliche Polarität erwartet. Experimente des Paradigmas der visuellen Suche (siehe S. 13) zeigten, dass dem Zielreiz ähnliche Ablenkungsreize längere Reaktionszeiten als Antwort auf den Zielreiz verursachten als unähnliche (Duncan & Humphreys, 1989). Das Design der vorliegenden Studie war jedoch keine visuelle Suche. Den Versuchspersonen war es möglich vorherzusagen, dass der Zielreiz entweder ober- oder unterhalb des Fixationskreuzes erschien. Dieses Design ähnelt den vorgestellten Studien von Al-Aidroos und Pratt (2010) und Ludwig und Gilchrist (2003; siehe S. 24). Die Versuchspersonen führten vertikale Sakkaden zum Zielreiz

aus. Links oder rechts des Fixationspunktes erschien der Ablenkungsreiz. Die Sakkadenlatenz war länger, wenn der Ablenkungsreiz dem Suchset entsprach, als wenn nicht (Al-Aidroos & Pratt, 2010; Ludwig & Gilchrist, 2003). Dies entspricht dem Ergebnis der vorliegenden Studie. Die vorliegende Studie unterschied sich jedoch dadurch, dass der Ablenkungsreiz zwei verschiedene Positionen einnehmen konnte, nahe beim Zielreiz oder im gegenüberliegenden Feld. Dadurch hätte der vor dem Zielreiz präsentierte Ablenkungsreiz als Hinweisreiz dienen können, was sich im Effekt des Faktors Feld zeigte (vgl. Posner, 1980). Der Ablenkungsreiz erschien jedoch nie an der exakt gleichen Position wie der Zielreiz. Daher ist fraglich, ob der Ablenkungsreiz als Hinweisreiz interpretierbar ist. Möglicherweise beeinflussten die Ablenkungsreize die Sakkade zum Zielreiz im Sinne von Flankierreizen (Eriksen & Eriksen, 1974; siehe S. 11). Nach Experimenten zum Flankierreizparadigma beeinflussen die Flankierreize die Reaktion. Dies geschieht nach der Theorie der direkten Parameterspezifikation (Neumann, 1990; siehe S. 17) auch durch unbewusste Reize, wenn diese den Absichten entsprechen, die vorher gebildet wurden. Ein inkongruenter Flankierreiz aktiviert eine andere Reaktion als der Zielreiz und verursacht eine langsamere Reaktionszeit im Vergleich zu einem kongruenten (Eriksen & Eriksen, 1974). Die Reaktion war in diesem Fall die auszuführende Sakkade. Der als Flankierreiz interpretierte Ablenkungsreiz im gleichen Feld stellte nach der Prämotortheorie der Aufmerksamkeit (Rizzolatti et al., 1994; siehe S. 20) einen inkongruenten Reiz dar. Denn um die Sakkade zum Zielreiz auszuführen, war eine Neuprogrammierung der Amplitude nötig. Im Gegensatz dazu erforderte der Ablenkungsreiz im gegenüberliegenden Feld aber eine Neuprogrammierung der Sakkadenrichtung. Diese beanspruchte mehr Zeit, was sich in der längeren Sakkadenlatenz der Bedingung gegenüberliegendes Feld im Vergleich zur Bedingung gleiches Feld zeigte. Durch die notwendige Neuprogrammierung der Amplitude in der Bedingung gleiches Feld hoben sich die Sakkadenlatenzen der Bedingungen gleiches und gegenüberliegendes Felds jedoch nicht vollständig auf. Die längere Sakkadenlatenz in der Bedingung gleiche Polarität im Vergleich zu unterschiedlicher Polarität zeigt, dass die Ablenkungsreize die Sakkadenprogrammierung besonders in der Bedingung gleiche Polarität beeinflussten. Das heißt, auch im Haupteffekt der Kontrastpolarität zeigt sich, dass der Kontrastpolarität des Zielreizes entsprechende Ablenkungsreize die okulomotorische Verlagerung stärker beeinflussten als nicht entsprechende.

Die beinahe signifikante Interaktion zwischen Feld und Kontrastpolarität zeigt, dass dieser beschriebene Unterschied zwischen gleicher und unterschiedlicher Polarität stärker in der Bedingung gegenüberliegendes Feld als in der Bedingung gleiches Feld ausgeprägt war. Auch dies kann durch Sakkadenprogrammierung erklärt werden. Bei Ablenkungsreizen im gegen-

überliegenden Feld war eine Neuprogrammierung der Sakkadenrichtung notwendig, im Gegensatz zu einer Neuprogrammierung der Amplitude bei Ablenkungsreizen im gleichen Feld, die weniger Zeit brauchte. Wenn also Ablenkungsreize gleicher Polarität aufgrund ihrer Übereinstimmung mit der Polarität des Zielreizes eine längere Sakkadenlatenz verursachten, so war dies besonders bei jenen im gegenüberliegenden Feld durch die notwendige Neuprogrammierung der Sakkadenrichtung ausgeprägt. Dies bestätigt den Einfluss absichtsgetriebener okulomotorischer Verlagerung.

Außerdem war der Unterschied zwischen den Bedingungen gleiche und unterschiedliche Polarität mit langsamer Sakkadenlatenz in der Bedingung gleiche Polarität stärker ausgeprägt in der unbewussten als in der bewussten Bedingung. Hierfür gibt es zwei mögliche Erklärungen. Als erste Möglichkeit erinnert dieses Ergebnis an die Theorie der direkten Parameterspezifikation (Neumann, 1990). Jene Reize, die Eigenschaften besaßen, die den vorher gebildeten Absichten entsprachen, steuerten bei unbewusster Verarbeitung die Handlungskontrolle. Dies bedeutet einen Einfluss absichtsgetriebener Verlagerung bei unbewusster Verarbeitung und steht im Gegensatz zu jenen Theorien, die unbewusste Prozesse als absichtslos bezeichnen (z.B. Posner & Snyder, 1975), bzw. jenen Studien, die reizgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewusster Verarbeitung postulierten (vgl. Mulckhuysen & Theeuwes, 2010a). Es ist allerdings fragwürdig, warum der Einfluss absichtsgetriebener Verlagerung größer bei unbewusster als bei bewusster Verarbeitung sein sollte. Fuchs et al. (2013, Experiment 4) beispielsweise fanden absichtsgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung bei bewussten, nicht aber bei unbewussten Hinweisreizen. Die zweite mögliche Erklärung ist das unterschiedliche Design der vorliegenden Studie der bewussten im Vergleich zur unbewussten Bedingung. In der unbewussten Bedingung wurden mehr Reize präsentiert als in der bewussten. Wenn also Reize gleicher Polarität wie der Zielreiz besonders die Sakkadenlatenz verlangsamten, so war dies eher der Fall, wenn mehr Reize vorhanden waren. Dies zeigte sich auch im Haupteffekt der Bewusstheit. Im Folgenden wird dieser Effekt näher erläutert.

Die Sakkadenlatenz unterschied sich signifikant zwischen bewusster und unbewusster Bedingung. Sie war wie auch bei Van der Stigchel et al. (2009) kürzer in der bewussten als in der unbewussten Bedingung. Eine mögliche Erklärung ist die Anzahl der Reize. Wie auch bei Van der Stigchel et al. (2009) wurden ein Ablenkungsreiz und drei Platzhalter in der unbewussten Bedingung präsentiert. In der bewussten Bedingung war nur der Ablenkungsreiz zusätzlich zum Zielreiz vorhanden. Experimente zur visuellen Suche fanden längere Reaktionszeiten, je mehr Ablenkungsreize vorhanden waren, die dem Zielreiz ähnlich waren (Duncan & Humphreys, 1989). Auch in der vorliegenden Studie war der Effekt einer höheren Anzahl von

Reizen besonders ausgeprägt, wenn diese Reize dem Zielreiz ähnlich waren. Allerdings war, wie bereits erwähnt, das Design der vorliegenden Studie keine klassische visuelle Suche. Der Ablenkungsreiz erschien vor den Platzhaltern. Die längere Sakkadenlatenz in der unbewussten Bedingung stellte möglicherweise eine Interferenz zwischen dem Zielreiz und den drei Platzhaltern dar. Zuerst erschien der Ablenkungsreiz. Nach 16 ms folgten die drei Platzhalter und ergaben mit dem Ablenkungsreiz vier Kreise. Der Ablenkungsreiz ging jedoch den vier Kreisen voraus. Die vier Kreise könnten als Maske des maskierten Ablenkungsreizes interpretiert werden. Experimente zur Beurteilung der zeitlichen Reihenfolge von Reizen (engl. „temporal order judgements“; vgl. Scharlau, Ansorge, & Horstmann, 2006) zeigten, dass maskierte Reize die Wahrnehmung der Maske beschleunigten. Dies würde im vorliegenden Fall bedeuten, dass trotz gleichzeitiger Präsentation von Zielreiz und Platzhaltern die Platzhalter früher wahrgenommen wurden, da ihnen der Ablenkungsreiz vorausging. Dadurch verzögerten die Platzhalter die Wahrnehmung des Zielreizes, wodurch sich die Sakkadenlatenz in der unbewussten Bedingung im Vergleich zur bewussten Bedingung verlangsamte. Die drei Platzhalter in der unbewussten Bedingung verringerten dadurch den Effekt des früher erscheinenden Ablenkungsreizes. Diese Annahme wird bestätigt durch die signifikante Interaktion zwischen Bewusstheit und Feld. Der Effekt des Felds war stärker ausgeprägt in der bewussten Bedingung. Möglicherweise interferierten also die Platzhalter in der unbewussten Bedingung mit dem Effekt der Position des Ablenkungsreizes. Außerdem demonstriert diese Interaktion, dass der Unterschied zwischen bewusster und unbewusster Bedingung mit schnellerer Sakkadenlatenz in der bewussten Bedingung größer in der Bedingung gleiches Feld im Vergleich zur Bedingung gegenüberliegendes Feld war. Das zeigt, dass der Ablenkungsreiz im gleichen Feld in der bewussten Bedingung eine starke Verkürzung der Sakkadenlatenz ermöglichte. Die signifikante Interaktion zwischen Bewusstheit und Kontrastpolarität zeigt, dass der beschriebene Unterschied zwischen bewusster und unbewusster Bedingung größer bei Ablenkungsreizen gleicher Polarität war. Das bedeutet, dass bei Reizen gleicher Polarität die Platzhalter die Sakkadenlatenz mehr beeinflussten als bei jenen unterschiedlicher Polarität, und bestätigt wiederum den Einfluss der Absicht. Allerdings mitverursachten auch Reize unterschiedlicher Polarität die längere Sakkadenlatenz in der unbewussten Bedingung.

Die Sakkadenabweichung war signifikant beeinflusst durch den Faktor Feld. Wie erwartet unterschied sich die Abweichung zum Ablenkungsreiz in der Bedingung gleiches Feld signifikant von der Abweichung weg vom Ablenkungsreiz in der Bedingung gegenüberliegendes Feld. Dieses Ergebnis fanden auch Van der Stigchel et al. (2009). Es entspricht außerdem dem Ergebnis von McSorley, Haggard und Walker (2006), dass bei kürzerer Sakkadenlatenz (bis

200 ms) die Abweichung zum Ablenkungsreiz, bei längerer Sakkadenlatenz die Abweichung weg vom Ablenkungsreiz gerichtet ist. Die Sakkadenlatenz war im gleichen Feld (229.95 ms) kürzer als im gegenüberliegenden Feld (241.50 ms). Allerdings waren beide Mittelwerte über 200 ms. Hier spielte möglicherweise auch der Abstand des Ablenkungs- zum Zielreiz eine Rolle. Nach McSorley, Cruickshank und Inman (2009) ist bei geringer Distanz die Abweichung zum Ablenkungsreiz gerichtet (siehe S. 22).

Die signifikante Interaktion zwischen Feld und Bewusstheit zeigt aber, dass der Einfluss des Faktors Feld nur in der bewussten Bedingung vorhanden war. In der unbewussten Bedingung unterschieden sich die Abweichungen der Bedingungen gleiches und gegenüberliegendes Feld nicht signifikant voneinander. Die Mittelwerte der unbewussten Bedingung für die Bedingungen gleiches und gegenüberliegendes Feld zeigten eine geradlinigere Sakkade im Vergleich zur bewussten Bedingung. Möglicherweise ist der Grund auch hier das unterschiedliche Design der bewussten im Vergleich zur unbewussten Bedingung. In der bewussten Bedingung aktivierte zusätzlich zum Zielreiz der Ablenkungsreiz eine Neuronenpopulation (vgl. Tipper et al., 2001). Dies führte zur Abweichung der Sakkadentrajektorie. In der unbewussten Bedingung lag dem Ablenkungsreiz ein Platzhalter gegenüber, der erschien, sobald die Sakkade ausgeführt werden sollte. Die durch den Platzhalter aktivierte Neuronenpopulation wirkte der Neuronenpopulation des Ablenkungsreizes entgegen. Dadurch wurde die Sakkadentrajektorie möglicherweise geradliniger und die Abweichungen unterschieden sich nicht signifikant in den Bedingungen des Faktors Feld. McSorley, Haggard und Walker (2004) fanden geradlinigere Sakkadentrajektorien bei symmetrisch angeordneten bilateralen Ablenkungsreizen im Vergleich zu einem einzelnen Ablenkungsreiz. In der vorliegenden Studie erschien der Ablenkungsreiz jedoch auch in der unbewussten Bedingung früher als die Platzhalter, wodurch dieser die Sakkadenabweichung stärker beeinflussen hätte können. Der Effekt der Platzhalter könnte durch die unterschiedliche Sakkadenlatenz in der bewussten im Vergleich zur unbewussten Bedingung verstärkt worden sein. Die Sakkadenlatenz war in der bewussten Bedingung kürzer als in der unbewussten. Höhere Geschwindigkeit führt häufig zu geringerer Genauigkeit. Dieses in der englischsprachigen Literatur als „speed-accuracy tradeoff“ (vgl. Dean, Wu, & Maloney, 2007; Harris & Wolpert, 2006) bezeichnete Phänomen wurde bereits von Fitts (1954) beschrieben. Durch die kürzere Sakkadenlatenz in der unbewussten Bedingung war möglicherweise die Sakkadentrajektorie stärker durch den Ablenkungsreiz beeinflusst. Im Gegensatz dazu führte die längere Sakkadenlatenz in der unbewussten Bedingung zu einer Sakkade, die weniger beeinflusst war vom Ablenkungsreiz in den Bedingungen gleiches sowie gegenüberliegendes Feld. Dadurch unterschieden sich die Bedingungen des Faktors Feld in der unbewussten Bedingung nicht

signifikant voneinander. Van der Stigchel et al. (2009) fanden allerdings einen signifikanten Unterschied in der Abweichung zwischen gleichem und gegenüberliegendem Feld bei bewussten als auch unbewussten Ablenkungsreizen. Der Grund dafür sind möglicherweise die kürzeren Sakkadenlatenzen in der Studie von Van der Stigchel et al. (2009) in der bewussten (gleiches Feld: 188 ms, gegenüberliegendes Feld: 203 ms) sowie unbewussten Bedingung (217 ms) im Gegensatz zur vorliegenden Studie (bewusst: 228.74 ms, unbewusst: 242.70 ms). Dadurch kann auch begründet werden, warum sich im Gegensatz zur Studie von Van der Stigchel et al. (2009) in der vorliegenden Studie keine Sakkadenabweichung signifikant von einer geraden Linie von Start- zu Endpunkt der Sakkade unterschied. Die signifikanten Abweichungen in der Studie von Van der Stigchel et al. (2009) können also auch Ergebnis geringerer Genauigkeit durch höhere Geschwindigkeit, in diesem Fall kürzerer Sakkadenlatenz, sein (vgl. Harris & Wolpert, 2006). Im Gegensatz dazu waren die Sakkadenlatenzen der vorliegenden Studie länger, wodurch sich höhere Genauigkeit ergab, die sich durch geradlinige Sakkadentrajektorien kennzeichnete.

Der Faktor Feld wurde nicht durch eine Interaktion mit der Kontrastpolarität beeinflusst. Das heißt, der beschriebene Einfluss des Faktors Felds auf die Sakkadenabweichung war unabhängig von der gesuchten Kontrastpolarität. Eine mögliche Erklärung sind die Sakkadenlatenzen der vorliegenden Studie. Wie beschrieben fanden Mulckhuyse et al. (2009; siehe S. 25) Unterschiede in der Abweichung der Sakkadentrajektorie abhängig vom Suchset bei kurzen Sakkadenlatenzen bis etwa 200 ms. In ihrem zweiten Experiment fanden sie einen signifikanten Unterschied abhängig vom Suchset auch ab einer Sakkadenlatenz von etwa 290 ms. Dieser signifikante Unterschied zeigte sich jedoch nicht in den dazwischenliegenden Sakkadenlatenzen (Mulckhuyse et al., 2009). In der vorliegenden Studie betrug der Mittelwert der Sakkadenlatenz in der Bedingung gleiches Feld 229.95 ms, in der Bedingung gegenüberliegendes Feld 241.50 ms. Die Größe der Sakkadenlatenzen war möglicherweise Ursache dafür, warum kein signifikanter Unterschied der Sakkadenabweichung der Bedingung Feld abhängig von der Kontrastpolarität gefunden wurde. Allerdings widerlegt diese mögliche Erklärung nicht den tatsächlichen Einfluss der Ablenkungsreize unterschiedlicher Polarität, der in der vorliegenden Studie gefunden wurde. Der Kontrastpolarität des Zielreizes nicht entsprechende Ablenkungsreize beeinflussten die Sakkadenabweichung gleichermaßen wie entsprechende. Dies spricht für eine reizgetriebene okulomotorische Verlagerung.

Die Sakkadenendpunktabweichung war signifikant beeinflusst durch den Faktor Feld. Wie erwartet waren die Sakkadenendpunkte in der Bedingung gleiches Feld zum Ablenkungsreiz gerichtet. Der globale Effekt konnte wie bei Van der Stigchel et al. (2009) repliziert werden (vgl. Van der Stigchel & Nijboer, 2011). Dies stimmt überein mit dem Ergebnis von Ottes et al.

(1985, siehe S. 23), die einen globalen Effekt bei einer Sakkadenlatenz bis zu 300 ms fanden. Der Mittelwert der Sakkadenlatenz in der Bedingung gleiches Feld der vorliegenden Studie betrug 229.95 ms. Diese Abweichung zum Ablenkungsreiz unterschied sich signifikant von der Abweichung in der Bedingung gegenüberliegendes Feld. In dieser Bedingung war der Endpunkt weg vom Ablenkungsreiz gerichtet. Dies entspricht dem Ergebnis von Van der Stigchel et al. (2009). Die signifikante Interaktion zwischen Feld und Kontrastpolarität zeigt, dass der Effekt des Faktors Feld nur in der Bedingung gleiche Polarität zu finden war. Bei Ablenkungsreizen mit unterschiedlicher Polarität im Vergleich zum Zielreiz unterschieden sich die Sakkadenendpunktabweichungen des Faktors Feld nicht signifikant voneinander. Ein signifikanter Haupteffekt der Kontrastpolarität zeigte sich nicht, da sich die Sakkadenendpunktabweichungen des gleichen und gegenüberliegenden Feldes gegenseitig aufhoben. Diese Ergebnisse zeigen den Einfluss der Absicht auf die Sakkadenendpunktabweichung. Warum aber zeigte sich dieser Unterschied nicht in der Sakkadenabweichung? Möglicherweise wirkte sich der Einfluss der Kontrastpolarität auf den Faktor Feld erst zu einem späteren Zeitpunkt während des Ausführens der Sakkade signifikant aus. Dies erinnert an die Studie von Mulckhuyse et al. (2009), die zeigte, dass die Unterdrückung des der Absicht nicht entsprechenden Ablenkungsreizes früher stattfand als jene des der Absicht entsprechenden Ablenkungsreizes bzw. an die Hypothese der Loslösung (Theeuwes et al., 2000; siehe S. 25). Während Sakkadenlatenz und Sakkadenabweichung von beiden Ablenkungsreizen, dem Zielreiz ähnlichen und unähnlichen, beeinflusst wurden, zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen diesen Ablenkungsreizen erst in der Sakkadenendpunktabweichung. Dieses Ergebnis bestätigte sich außerdem dadurch, dass die einzigen signifikanten Abweichungen des Sakkadenendpunkts vom Zielreiz bei Ablenkungsreizen gleicher Polarität zu finden waren. Die Vermutung, dass die Kontrastpolarität die Sakkadentrajektorie erst zu einem späteren Zeitpunkt beeinflusste, wird dadurch bestärkt, dass ein signifikanter Unterschied zwischen gleicher und unterschiedlicher Polarität nur in der Bedingung gegenüberliegendes Feld zu finden war. In der Bedingung gegenüberliegendes Feld war die Sakkadenlatenz langsamer als in der Bedingung gleiches Feld. Dadurch zeigte sich hier der Unterschied in der Sakkadenendpunktabweichung zwischen den Bedingungen gleiche und unterschiedliche Polarität.

Die signifikante Interaktion zwischen Feld und Bewusstheit zeigt, dass der Effekt des Feldes nur in der bewussten Bedingung zu finden war. Das entspricht dem Ergebnis der Sakkadenabweichung. Die Sakkadenendpunktabweichungen waren in der unbewussten Bedingung in den Bedingungen gleiches sowie gegenüberliegendes Feld sehr gering. Auch dieses Ergebnis wird bestätigt dadurch, dass die einzigen signifikanten Abweichungen des

Sakkadenendpunkts vom Zielreiz in der bewussten Bedingung zu finden waren. Die Ursache dafür waren möglicherweise auch das Design in der unbewussten Bedingung mit symmetrisch angeordneten Reizen sowie eine kürzere Sakkadenlatenz in der bewussten als in der unbewussten Bedingung. In der Bedingung gleiches Feld fand sich ein signifikanter Unterschied in der Sakkadenendpunktabweichung zwischen bewusster und unbewusster Bedingung, nicht jedoch in der Bedingung gegenüberliegendes Feld. Dies kann durch die Sakkadenlatenz erklärt werden. Der Unterschied zwischen bewusster und unbewusster Bedingung der Sakkadenlatenz war besonders im gleichen Feld ausgeprägt. Hier zeigte sich, wie bereits erläutert, eine starke Verkürzung der Sakkadenlatenz in der bewussten Bedingung. Dies führte zu einer stärkeren Sakkadenendpunktabweichung in der bewussten Bedingung im gleichen Feld. Im gegenüberliegenden Feld waren die Sakkadenlatenzen der bewussten und unbewussten Bedingung weniger unterschiedlich, wodurch sich die Sakkadenendpunktabweichungen nicht signifikant voneinander unterschieden.

Die Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe ergab, dass zwei von 26 Versuchspersonen in der unbewussten Bedingung signifikant überzufällig oft den Ablenkungsreiz erkannten. Die experimentelle Herstellung der unbewussten Verarbeitung wurde durch die Unaufmerksamkeitsblindheit begründet (Mack & Rock, 1998). Diese könnte auch die Ursache dafür sein, dass zwei Versuchspersonen den Reiz überzufällig oft erkannten. Während der Ablenkungsreiz-Erkennungs-Aufgabe war die Aufmerksamkeit auf das frühere Erscheinen eines der vier Kreise gerichtet. Der Fokus der Sakkadenaufgabe hingegen war der Zielreiz. Daher wurde die unbewusste Verarbeitung wie auch bei Van der Stigchel et al. (2009) erst nach Abschluss der Sakkadenaufgabe getestet. Eine Analyse der Ergebnisse der Sakkadenaufgabe nach Ausschluss der zwei Versuchspersonen führte zu keinem Unterschied im Ergebnismuster. Der Unterschied in der Erkennungsleistung in den Bedingungen der Faktoren Feld und Kontrastpolarität war in der unbewussten sowie der bewussten Bedingung nicht signifikant mit Ausnahme der Kontrastpolarität in der bewussten Bedingung. Die Ursache dafür ist möglicherweise der Programmfehler bei neun Versuchspersonen, der ein Erkennen des Ablenkungsreizes in der bewussten Bedingung erschwerte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die unbewussten Ablenkungsreize die Sakkadenlatenz beeinflussten. Der Einfluss des Faktors Feld war zwar stärker in der bewussten Bedingung, zeigte sich aber auch in der unbewussten Bedingung. Die Sakkadenabweichung sowie Sakkadenendpunktabweichung zeigten den Einfluss des Faktors Feld nur bei bewusster Verarbeitung der Ablenkungsreize. Dies kann jedoch, wie beschrieben, auch Auswirkung der höheren Anzahl der Reize in der unbewussten Bedingung sein. Der Einfluss der gesuchten

Kontrastpolarität auf den Faktor Feld war unabhängig von der Bewusstheit (vgl. Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2011). Es wurde keine dreifache Interaktion der Faktoren Feld, Kontrastpolarität und Bewusstheit gefunden. Allerdings lässt sich anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht auf eine absichtsgetriebene okulomotorische Verlagerung schließen. Der Effekt des Faktors Feld der Sakkadenlatenz war zwar stärker ausgeprägt bei den der Kontrastpolarität des Zielreizes entsprechenden Ablenkungsreizen, doch auch die Ablenkungsreize unterschiedlicher Polarität beeinflussten diesen Effekt. Die Sakkadenabweichung abhängig vom Faktor Feld zeigte keinen Einfluss durch die Kontrastpolarität. Dieser Einfluss fand sich erst in der Sakkadenendpunktabweichung. Auf Basis dieser Ergebnisse kann also eine reizgetriebene okulomotorische Verlagerung nicht ausgeschlossen werden.

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Ablenkungsreize waren Reize mit plötzlichem Beginn. Theeuwes (2010) spekulierte, dass nur Reize mit plötzlichem Beginn eine reizgetriebene, absichtslose Aufmerksamkeitsverlagerung möglich machen könnten. Dies ist auch im Einklang mit der Studie von Fuchs et al. (2013), die reizgetriebene Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewusst präsentierten Reizen mit plötzlichem Beginn zeigte. In der vorliegenden Studie wurde diese Art der Verlagerung auch bei bewusst präsentierten Reizen festgestellt. Die gefundene reizgetriebene okulomotorische Verlagerung steht im Gegensatz zur Hypothese der bedingten Aufmerksamkeitsverlagerung nach Folk et al. (1992; siehe S. 14).

Allerdings muss angemerkt werden, dass die Versuchspersonen im gesamten Experiment nach nur einer bestimmten Kontrastpolarität suchten. Sie mussten nicht zwischen verschiedenen Kontrasten oder Farben differenzieren, um den Zielreiz zu erkennen. Das Suchset für die spezifische Kontrastpolarität war möglicherweise nicht genug ausgeprägt. Dadurch könnten auch Ablenkungsreize die drei Messgrößen der Sakkaden beeinflusst haben, die nicht der gesuchten Kontrastpolarität entsprachen. Es ist auch möglich, dass die Versuchspersonen ein Suchset eines Reizes mit plötzlichem Beginn bildeten, unabhängig von dessen Kontrastpolarität. Der Ablenkungsreiz erschien mit einem plötzlichen Beginn. In der bewussten Bedingung konnte der Zielreiz durch seinen plötzlichen Beginn von dem bereits am Display vorhandenen Ablenkungsreiz unterschieden werden. Das heißt, Ablenkungs- und Zielreiz in der bewussten Bedingung entsprachen einem Reiz mit plötzlichem Beginn. Dadurch war es möglich, ein Suchset unabhängig von der Kontrastpolarität des Zielreizes aufzubauen und nach einem Reiz mit plötzlichem Beginn zu suchen (vgl. Folk et al., 1992). Das entspricht aber nicht dem Design in der unbewussten Bedingung. In der unbewussten Bedingung erschienen gleichzeitig mit dem Zielreiz die drei Platzhalter. Dadurch unterschied sich der Zielreiz in seinem plötzlichen Beginn nicht von den anderen drei Reizen. Ein Suchset des plötzlichen Beginns eines Reizes würde nach

der Hypothese der bedingten Aufmerksamkeitsverlagerung (Folk et al., 1992) nicht reichen, um den Zielreiz von den anderen Reizen zu unterscheiden. Gibson und Kelsey (1998) erweiterten diese Hypothese zur *Hypothese der displayweiten bedingten Aufmerksamkeitsverlagerung* (engl. „displaywide contingent orienting hypothesis“; für einen Vergleich beider Hypothesen siehe Burnham, 2007). Diese Hypothese besagt, dass jene Reize Aufmerksamkeit auf sich verlagern, die eine Eigenschaft besitzen, die auch beim Erscheinen des Zielreizdisplays relevant ist. Das bedeutet, dass nicht die Eigenschaft des Zielreizes selbst relevant ist, sondern die Eigenschaft, mit der das Zielreizdisplay beginnt. In der unbewussten Bedingung des vorliegenden Experiments kennzeichnete das Zielreizdisplay ein plötzlicher Beginn. Die drei Platzhalter sowie der Zielreiz erschienen plötzlich. Durch diesen plötzlichen Beginn wussten die Versuchspersonen, dass sie die Sakkade ausführen mussten. Der plötzliche Beginn kennzeichnete auch den Ablenkungsreiz. Nach Gibson und Kelsey lenkte er dadurch Aufmerksamkeit auf sich. Es ist daher möglich, dass die Versuchspersonen ein Suchset für Reize des plötzlichen Beginns bildeten und das Suchset nach der gesuchten Kontrastpolarität nicht stark ausgeprägt war. Ein alternatives Design verwendeten Al-Aidroos und Pratt (2010; vgl. Ludwig & Gilchrist, 2003). Sie präsentierten ober- und gleichzeitig auch unterhalb des Fixationspunktes je einen Reiz, der Zielreiz war nur durch seine Farbe vom anderen Reiz zu unterscheiden. Die Versuchspersonen mussten ein Suchset mit der Farbe oder der Kontrastpolarität des Zielreizes bilden, um diesen zu identifizieren. Fuchs et al. (2013, Experiment 3) präsentierten ihren Versuchspersonen gleichzeitig mit Zielreizen in der gesuchten Kontrastpolarität an manchen Durchgängen an der gleichen Position auch Reize in der anderen Kontrastpolarität, die zu ignorieren waren. Dadurch würde der plötzliche Beginn des Zielreizdisplays nicht als Indikator zum Ausführen einer Sakkade reichen. Auch in diesem Fall mussten die Versuchspersonen zwischen den Kontrastpolaritäten differenzieren und ein polaritätsspezifisches Suchset bilden, um den Zielreiz zu erkennen. Eine weitere methodische Einschränkung stellte das unterschiedliche Design in der bewussten und unbewussten Bedingung dar. Um dies zu verhindern, sollte eine gleiche Anzahl von Reizen verwendet werden. In der bewussten Bedingung könnten die drei Platzhalter eine andere Farbe einnehmen als der Ablenkungsreiz, damit dieser klar zu erkennen ist (vgl. Fuchs et al., 2013).

Eine alternative Erklärung des Einflusses der Kontrastpolarität, die auf einen Einfluss der Absichten hinweist, könnte eine sensorische oder perzeptive *Bahnung* der Kontrastpolarität des Ablenkungsreizes sein (engl. „perceptual priming“; Wiggs & Martin, 1998). Perzeptive Bahnung bedeutet, dass die Darbietung einer Information (*Bahnungsreiz*) die Wahrnehmung einer in ihrem Aussehen ähnlichen Information zu einem darauffolgenden Zeitpunkt erleichtert und

dadurch zu schnellerer Reaktionszeit führt (Wiggs & Martin, 1998). Dies trifft auch bei unbewussten Bahnungsreizen zu (Bar & Biederman, 1998; Breitmeyer, Ro, & Singhal, 2004). Das hieße, dass Ablenkungsreize in der gleichen Polarität zu einer schnelleren Sakkadenlatenz führten als jene mit unterschiedlicher Polarität, da der Ablenkungsreiz in der gleichen Polarität wie der darauffolgende Zielreiz als Bahnungsreiz wirkte und die Wahrnehmung des Zielreizes erleichterte. Es handelte sich in diesem Fall nicht um Aufmerksamkeitsverlagerung. Um diese Möglichkeit auszuschließen, könnten drei verschiedenfarbige Ablenkungsreize verwendet werden (vgl. Worschech & Ansorge, 2012). Die zwei möglichen Zielreize sind in je einer unterschiedlichen Farbe der Ablenkungsreize. Das heißt, das Suchset besteht aus zwei Farben. Bei einer absichtsbewussten Aufmerksamkeitsverlagerung verlagern Ablenkungsreize in beiden gesuchten Farben die Aufmerksamkeit gleichermaßen, unabhängig von der tatsächlichen Farbe des darauffolgenden Zielreizes, nicht aber die dritte Farbe. Bei einer sensorischen Bahnung findet schnellere Reaktionszeit nur dann statt, wenn der Zielreiz die genaue Farbe des vorangegangenen Ablenkungsreizes besitzt (vgl. Worschech & Ansorge, 2012). Allerdings stellt sich die Frage, ob die Aufmerksamkeit durch Farbe genauso verlagert wird wie durch Kontrastpolarität und diese Ergebnisse dann vergleichbar sind (vgl. Fuchs & Ansorge, 2012; Fuchs et al., 2013).

Conclusio

Auf Basis der vorliegenden Studie wird geschlossen, dass Ablenkungsreize mit plötzlichem Beginn die okulomotorische Verlagerung reizgetrieben beeinflussten. Dies traf auf Basis der Sakkadenlatenz auch bei unbewussten Ablenkungsreizen zu. Das steht im Gegensatz zur Hypothese der bedingten Aufmerksamkeitsverlagerung (Folk et al., 1992). Möglicherweise stellen Reize mit plötzlichem Beginn eine Besonderheit in ihrer Fähigkeit dar, Aufmerksamkeit reizgetrieben zu verlagern (vgl. Theeuwes, 2010).

Literaturverzeichnis

- Al-Aidroos, N., & Pratt, J. (2010). Top-down control in time and space: Evidence from saccadic latencies and trajectories. *Visual Cognition, 18*, 26–49. doi:10.1080/13506280802456939
- Ansorge, U. (2000). *Direkte Parameterspezifikation durch Positionsinformation: Sensumotorische Effekte maskierter peripherer Hinweisreize* (Dissertation, Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft, Universität Bielefeld). Abgerufen von <http://www.uni-bielefeld.de/psychologie/public/UAnsorge/diss.pdf>
- 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., Horstmann, G., & Scharlau, I. (2011). Top-down contingent feature-specific orienting with and without awareness of the visual input. *Advances in Cognitive Psychology, 7*, 108–119.
- Ansorge, U., Horstmann, G., & Worschech, F. (2010). Attentional capture by masked colour singletons. *Vision Research, 50*, 2015–2027. doi:10.1016/j.visres.2010.07.015
- Ansorge, U., Kiss, M., & Eimer, M. (2009). Goal-driven attentional capture by invisible colors: Evidence from event-related potentials. *Psychonomic Bulletin & Review, 16*, 648–653. doi:10.3758/PBR.16.4.648
- 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*, 113–122. doi:10.3758/s13414-010-0008-3
- Ansorge, U., & Neumann, O. (2005). Intentions determine the effect of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cuing task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31*, 762–777. doi:10.1037/0096-1523.31.4.762
- 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
- Bachmann, T. (1984). The process of perceptual retouch: Nonspecific afferent activation dynamics in explaining visual masking. *Perception & Psychophysics, 35*, 69–84. doi:10.3758/BF03205926
- Bacon, W. F., & Egeth, H. E. (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics, 55*, 485–496. doi:10.3758/BF03205306

- Bar, M., & Biederman, I. (1998). Subliminal visual priming. *Psychological Science*, *9*, 464–469. doi:10.1111/1467-9280.00086
- 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
- Breitmeyer, B. G., & Ögmen, H. (2006). *Visual masking: Time slices through conscious and unconscious vision* (2. Ausg.). Oxford University Press.
- Breitmeyer, B. G., Ro, T., & Singhal, N. S. (2004). Unconscious color priming occurs at stimulus- not percept-dependent levels of processing. *Psychological Science*, *15*, 198–202. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.01503009.x
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
- Burnham, B. R. (2007). Displaywide visual features associated with a search display's appearance can mediate attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*, 392–422. doi:10.3758/BF03194082
- Cave, K. R., & Bichot, N. P. (1999). Visuospatial attention: Beyond a spotlight model. *Psychonomic Bulletin & Review*, *6*, 204–223. doi:10.3758/BF03212327
- Dean, M., Wu, S.-W., & Maloney, L. T. (2007). Trading off speed and accuracy in rapid, goal-directed movements. *Journal of Vision*, *7*(5), 1–12. doi:10.1167/7.5.10
- Dehaene, S., Changeux, J.-P., Naccache, L., Sackur, J., & Sergent, C. (2006). Conscious, preconscious, and subliminal processing: A testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*, 204–211. doi:10.1016/j.tics.2006.03.007
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, *70*, 80–90. doi:10.1037/h0039515
- Di Lollo, V., Enns, J. T., & Rensink, R. A. (2000). Competition for consciousness among visual events: The psychophysics of reentrant visual processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, *129*, 481–507. doi:10.1037//0096-3445.129.4.481
- Duncan, J. (1980). The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review*, *87*, 272–300. doi:10.1037/0033-295X.87.3.272
- 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
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, *96*, 433–458. doi:10.1037/0033-295X.96.3.433
- Egeth, H. (1967). Selective attention. *Psychological Bulletin*, *67*, 41–57. doi:10.1037/h0024088

- Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology, 48*, 269–297. doi:10.1146/annurev.psych.48.1.269
- Eimer, M., Hommel, B., & Prinz, W. (1995). S-R compatibility and response selection. *Acta Psychologica, 90*, 301–313. doi:10.1016/0001-6918(95)00022-M
- Eimer, M., & Kiss, M. (2010). Top-down search strategies determine attentional capture in visual search: Behavioral and electrophysiological evidence. *Attention, Perception, & Psychophysics, 72*, 951–962. doi:10.3758/APP.72.4.951
- Enns, J. T., Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 345–352. doi:10.1016/S1364-6613(00)01520-5
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics, 16*, 143–149. doi:10.3758/BF03203267
- Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics, 40*, 225–240. doi:10.3758/BF03211502
- Eriksen, C. W., & Yeh, Y.-Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 11*, 583–597. doi:10.1037/0096-1523.11.5.583
- Fecteau, J. H., & Munoz, D. P. (2006). Saliency, relevance, and firing: A priority map for target selection. *Trends in Cognitive Sciences, 10*, 382–390. doi:10.1016/j.tics.2006.06.011
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology, 47*, 381–391. doi:10.1037/h0055392
- Folk, C. L., & Remington, R. (1998). Selectivity in distraction by irrelevant featural singletons: Evidence for two forms of attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*, 847–858. doi:10.1037/0096-1523.24.3.847
- 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
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Wright, J. H. (1994). The structure of attentional control: Contingent attentional capture by apparent motion, abrupt onset, and color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*, 317–329. doi:10.1037/0096-1523.20.2.317

- Fuchs, I., & Ansorge, U. (2012). Unconscious cueing via the superior colliculi: Evidence from searching for onset and color targets. *Brain Sciences*, 2, 33–60. doi:10.3390/brainsci2010033
- Fuchs, I., Theeuwes, J., & Ansorge, U. (2013). Exogenous attentional capture by subliminal abrupt-onset cues: Evidence from contrast-polarity independent cueing effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39, 974–988. doi:10.1037/a0030419
- Gandhi, N. J., & Katnani, H. A. (2011). Motor functions of the superior colliculus. *Annual Review of Neuroscience*, 34, 205–231. doi:10.1146/annurev-neuro-061010-113728
- Gibson, B. S., & Kelsey, E. M. (1998). Stimulus-driven attentional capture is contingent on attentional set for displaywide visual features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 699–706.
- Gilchrist, I. D. (2011). Saccades. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 85–94). New York: Oxford University Press.
- Harris, C. M., & Wolpert, D. M. (2006). The main sequence of saccades optimizes speed-accuracy trade-off. *Biological Cybernetics*, 95, 21–29. doi:10.1007/s00422-006-0064-x
- Held, B., Ansorge, U., & Müller, H. J. (2010). Masked singleton effects. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72, 2069–2086. doi:10.3758/BF03196684
- Hickey, C., McDonald, J. J., & Theeuwes, J. (2006). Electrophysiological evidence of the capture of visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 604–613. doi:10.1162/jocn.2006.18.4.604
- Hickey, C., van Zoest, W., & Theeuwes, J. (2010). The time course of exogenous and endogenous control of covert attention. *Experimental Brain Research*, 201, 789–796. doi:10.1007/s00221-009-2094-9
- Itti, L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision Research*, 40, 1489–1506. doi:10.1016/s0042-6989(99)00163-7
- Itti, L., & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 194–203. doi:10.1038/35058500
- Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20, 1254–1259. doi:10.1109/34.730558
- 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

- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. B. Long & A. D. Baddeley (Hrsg.), *Attention and Performance, IX* (S. 187–203). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kanai, R., Tsuchiya, N., & Verstraten, F. A. J. (2006). The scope and limits of top-down attention in unconscious visual processing. *Current Biology, 16*, 2332–2336. doi:10.1016/j.cub.2006.10.001
- Kappenman, E. S., & Luck, S. J. (2012). ERP components: The ups and downs of brainwave recordings. In E. S. Kappenman & S. J. Luck (Hrsg.), *The Oxford handbook of event-related potential components* (S. 3–30). New York: Oxford University Press.
- Kim, C.-Y., & Blake, R. (2005). Psychophysical magic: Rendering the visible 'invisible'. *Trends in Cognitive Sciences, 9*, 381–388. doi:10.1016/j.tics.2005.06.012
- Kiss, M., Jolicœur, P., Dell'Acqua, R., & Eimer, M. (2008). Attentional capture by visual singletons is mediated by top-down task set: New evidence from the N2pc component. *Psychophysiology, 45*, 1013–1024. doi:10.1111/j.1469-8986.2008.00700.x
- Kouider, S., & Dehaene, S. (2007). Levels of processing during non-conscious perception: A critical review of visual masking. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 362*, 857–875. doi:10.1098/rstb.2007.2093
- Laidlaw, K. E. W., & Kingstone, A. (2010). The time course of vertical, horizontal and oblique saccade trajectories: Evidence for greater distractor interference during vertical saccades. *Vision Research, 50*, 829–837. doi:10.1016/j.visres.2010.02.009
- Lamme, V. A. F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences, 7*, 12–18. doi:10.1016/S1364-6613(02)00013-X
- Lamme, V. A. F. (2004). Separate neural definitions of visual consciousness and visual attention; a case for phenomenal awareness. *Neural Networks, 17*, 861–872. doi:10.1016/j.neunet.2004.02.005
- Lamme, V. A. F. (2006). Towards a true neural stance on consciousness. *Trends in Cognitive Sciences, 10*, 494–501. doi:10.1016/j.tics.2006.09.001
- Lamme, V. A. F., & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neurosciences, 23*, 571–579. doi:10.1016/S0166-2236(00)01657-X
- Land, M. F. (2011). Oculomotor behaviour in vertebrates and invertebrates. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 3–15). New York: Oxford University Press.

- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 451–468. doi:10.1037/0096-1523.21.3.451
- 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
- Lien, M.-C., Ruthruff, E., & Cornett, L. (2010). Attentional capture by singletons is contingent on top-down control settings: Evidence from electrophysiological measures. *Visual Cognition*, *18*, 682–727. doi:10.1080/13506280903000040
- Linzenbold, W., & Himmelbach, M. (2012). Signals from the deep: Reach-related activity in the human superior colliculus. *The Journal of Neuroscience*, *32*, 13881–13888. doi:10.1523/JNEUROSCI.0619-12.2012
- Lock, T. M., Baizer, J. S., & Bender, D. B. (2003). Distribution of corticotectal cells in macaque. *Experimental Brain Research*, *151*, 455–470. doi:10.1007/s00221-003-1500-y
- Ludwig, C. J. H., & Gilchrist, I. D. (2003). Target similarity affects saccade curvature away from irrelevant onsets. *Experimental Brain Research*, *152*, 60–69. doi:10.1007/s00221-003-1520-7
- Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McSorley, E., Cruickshank, A. G., & Inman, L. A. (2009). The development of the spatial extent of oculomotor inhibition. *Brain Research*, *1298*, 92–98. doi:10.1016/j.brainres.2009.08.081
- McSorley, E., Haggard, P., & Walker, R. (2004). Distractor modulation of saccade trajectories: Spatial separation and symmetry effects. *Experimental Brain Research*, *155*, 320–333. doi:10.1007/s00221-003-1729-5
- McSorley, E., Haggard, P., & Walker, R. (2006). Time course of oculomotor inhibition revealed by saccade trajectory modulation. *Journal of Neurophysiology*, *96*, 1420–1424. doi:10.1152/jn.00315.2006
- McSorley, E., Haggard, P., & Walker, R. (2009). The spatial and temporal shape of oculomotor inhibition. *Vision Research*, *49*, 608–614. doi:10.1016/j.visres.2009.01.015
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *11*, 56–60. doi:10.1080/17470215908416289
- Müller, J. R., Philiastides, M. G., & Newsome, W. T. (2005). Microstimulation of the superior colliculus focuses attention without moving the eyes. *Proceedings of the National*

Academy of Sciences of the United States of America, 102, 524–529.
doi:10.1073/pnas.0408311101

- Mulckhuyse, M., Talsma, D., & Theeuwes, J. (2007). Grabbing attention without knowing: Automatic capture of attention by subliminal spatial cues. *Visual Cognition*, 15, 779–788. doi:10.1080/13506280701307001
- Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2010a). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: A review of the literature. *Acta Psychologica*, 134, 299–309. doi:10.1016/j.actpsy.2010.03.002
- Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2010b). Unconscious cueing effects in saccadic eye movements – Facilitation and inhibition in temporal and nasal hemifield. *Vision Research*, 50, 606–613. doi:10.1016/j.visres.2010.01.005
- Mulckhuyse, M., Van der Stigchel, S., & Theeuwes, J. (2009). Early and late modulation of saccade deviations by target distractor similarity. *Journal of Neurophysiology*, 102, 1451–1458. doi:10.1152/jn.00068.2009
- Mulckhuyse, M., van Zoest, W., & Theeuwes, J. (2008). Capture of the eyes by relevant and irrelevant onsets. *Experimental Brain Research*, 186, 225–235. doi:10.1007/s00221-007-1226-3
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, 75, 522–536. doi:10.1037/h0026699
- Neumann, O. (1989). On the origins and status of the concept of automatic processing. *Zeitschrift für Psychologie*, 197, 411–428.
- Neumann, O. (1990). Direct parameter specification and the concept of perception. *Psychological Research*, 52, 207–215. doi:10.1007/BF00877529
- Neumann, O., & Scharlau, I. (2007). Experiments on the Fehrer–Raab effect and the ‘Weather Station Model’ of visual backward masking. *Psychological Research*, 71, 667–677. doi:10.1007/s00426-006-0055-5
- Ottes, F. P., Van Gisbergen, J. A. M., & Eggermont, J. J. (1985). Latency dependence of colour-based target vs nontarget discrimination by the saccadic system. *Vision Research*, 25, 849–862.
- 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.

- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H. L. Pick, Jr. & E. Saltzman (Hrsg.), *Modes of perceiving and processing information* (S. 137–157). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Hrsg.), *Information processing and cognition* (S. 55–85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, *109*, 160–174. doi:10.1037/0096-3445.109.2.160
- Pouget, A., Dayan, P., & Zemel, R. (2000). Information processing with population codes. *Nature Reviews Neuroscience*, *1*, 125–132. doi:10.1038/35039062
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., & Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: Evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, *25*, 31–40. doi:10.1016/0028-3932(87)90041-8
- Rizzolatti, G., Riggio, L., & Sheliga, B. M. (1994). Space and selective attention. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Hrsg.), *Attention and Performance, XV: Conscious and Nonconscious Information Processing* (S. 231–265). Cambridge, MA: MIT Press.
- Sahraie, A., Weiskrantz, L., Barbur, J. L., Simmons, A., Williams, S. C. R., & Brammer, M. J. (1997). Pattern of neuronal activity associated with conscious and unconscious processing of visual signals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *94*, 9406–9411.
- Scharlau, I. (2007). Temporal processes in prime-mask interaction: Assessing perceptual consequences of masked information. *Advances in Cognitive Psychology*, *3*, 241–255.
- Scharlau, I., & Ansorge, U. (2003). Direct parameter specification of an attention shift: Evidence from perceptual latency priming. *Vision Research*, *43*, 1351–1363. doi:10.1016/S0042-6989(03)00141-X
- Scharlau, I., Ansorge, U., & Horstmann, G. (2006). Latency facilitation in temporal-order judgments: Time course of facilitation as a function of judgement type. *Acta Psychologica*, *122*, 129–159. doi:10.1016/j.actpsy.2005.10.006
- Schreij, D., Owens, C., & Theeuwes, J. (2008). Abrupt onsets capture attention independent of top-down control settings. *Perception & Psychophysics*, *70*, 208–218. doi:10.3758/PP.70.2.208
- Serences, J. T., & Yantis, S. (2006). Selective visual attention and perceptual coherence. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*, 38–45. doi:10.1016/j.tics.2005.11.008

- Theeuwes, J. (1991). Cross-dimensional perceptual selectivity. *Perception & Psychophysics*, *50*, 184–193. doi:10.3758/BF03212219
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, *51*, 599–606. doi:10.3758/BF03211656
- Theeuwes, J. (1994) Stimulus-driven capture and attentional set: Selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 799–806. doi:10.1037/0096-1523.20.4.799
- Theeuwes, J. (2004). Top-down search strategies cannot override attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*, 65–70. doi:10.3758/BF03206462
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, *135*, 77–99. doi:10.1016/j.actpsy.2010.02.006
- Theeuwes, J., Atchley, P., & Kramer, A. F. (2000). On the time course of top-down and bottom-up control of visual attention. In S. Monsell & J. Driver (Hrsg.), *Attention and performance, XVIII* (S. 105–125). Cambridge, MA: MIT Press.
- Tipper, S. P., Howard, L. A., & Jackson, S. R. (1997). Selective reaching to grasp: Evidence for distractor interference effects. *Visual Cognition*, *4*, 1–38. doi:10.1080/713756749
- Tipper, S. P., Howard, L. A., & Paul, M. A. (2001). Reaching affects saccade trajectories. *Experimental Brain Research*, *136*, 241–249. doi:10.1007/s002210000577
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *12*, 242–248. doi:10.1080/17470216008416732
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*, 97–136. doi:10.1016/0010-0285(80)90005-5
- Van der Stigchel, S. (2010). Recent advances in the study of saccade trajectory deviations. *Vision Research*, *50*, 1619–1627. doi:10.1016/j.visres.2010.05.028
- Van der Stigchel, S., Meeter, M., & Theeuwes, J. (2006). Eye movement trajectories and what they tell us. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *30*, 666–679. doi:10.1016/j.neubiorev.2005.12.001
- Van der Stigchel, S., Meeter, M., & Theeuwes, J. (2007). Top-down influences make saccades deviate away: The case of endogenous cues. *Acta Psychologica*, *125*, 279–290. doi:10.1016/j.actpsy.2006.08.002
- Van der Stigchel, S., Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2009). Eye cannot see it: The interference of subliminal distractors on saccade metrics. *Vision Research*, *49*, 2104–2109. doi:10.1016/j.visres.2009.05.018

- Van der Stigchel, S., & Nijboer, T. C. W. (2011). The global effect: What determines where the eyes land? *Journal of Eye Movement Research*, 4(2), 1–13.
- Van der Stigchel, S., & Theeuwes, J. (2005). Relation between saccade trajectories and spatial distractor locations. *Cognitive Brain Research*, 25, 579–582. doi:10.1016/j.cogbrainres.2005.08.001
- Van der Stigchel, S., & Theeuwes, J. (2007). The relationship between covert and overt attention in endogenous cuing. *Perception & Psychophysics*, 69, 719–731. doi:10.3758/BF03193774
- van Zoest, W., Donk, M., & Van der Stigchel, S. (2012). Stimulus salience and the time-course of saccade trajectory deviations. *Journal of Vision*, 12(8), 1–13. doi:10.1167/12.8.16
- VideosatNSF (04. 02. 2013). *Psychologist Anne Treisman is a 2011 National Medal of Science Laureate* [Videodatei]. Abgerufen von <http://www.youtube.com/watch?v=AbwvmpANMi8>
- Walker, R., Deubel, H., Schneider, W. X., & Findlay, J. M. (1997). Effect of remote distractors on saccade programming: Evidence for an extended fixation zone. *Journal of Neurophysiology*, 78, 1108–1119.
- Wang, Z., Kruijne, W., & Theeuwes, J. (2012). Lateral interactions in the superior colliculus produce saccade deviation in a neural field model. *Vision Research*, 62, 66–74. doi:10.1016/j.visres.2012.03.024
- Weiskrantz, L. (1996). Blindsight revisited. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 215–220. doi:10.1016/S0959-4388(96)80075-4
- White, B. J., Marino, R. A., Boehnke, S. E., Itti, L., Theeuwes, J., & Munoz, D. P. (2013). Competitive integration of visual and goal-related signals on neuronal accumulation rate: A correlate of oculomotor capture in the superior colliculus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25, 1754–1768. doi:10.1162/jocn_a_00429
- White, B. J., & Munoz, D. P. (2011). The superior colliculus. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 195–213). New York: Oxford University Press.
- White, B. J., Theeuwes, J., & Munoz, D. P. (2012). Interaction between visual- and goal-related neuronal signals on the trajectories of saccadic eye movements. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24, 707–717. doi:10.1162/jocn_a_00162
- Wiggs, C. L., & Martin, A. (1998). Properties and mechanisms of perceptual priming. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 227–233. doi:10.1016/S0959-4388(98)80144-X

- Worschech, F., & Ansorge, U. (2012). Top-down search for color prevents voluntary directing of attention to informative singleton cues. *Experimental Psychology*, *59*, 153–162. doi:10.1027/1618-3169/a000138
- Wykowska, A., & Schubö, A. (2011). Irrelevant singletons in visual search do not capture attention but can produce nonspatial filtering costs. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*, 645–660. doi:10.1162/jocn.2009.21390
- Yarbus, A. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum Press.
- Zhaoping, L. (2008). Attention capture by eye of origin singletons even without awareness – A hallmark of a bottom-up saliency map in the primary visual cortex. *Journal of Vision*, *8*(5), 1–18. doi:10.1167/8.5.1

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Schematische Darstellung der unbewussten Bedingung (a) und der bewussten Bedingung (b). In beiden Darstellungen findet sich von unten nach oben der Ablauf eines Durchgangs, in welchem der dunkle Ablenkungsreiz im gegenüberliegenden Feld zum hellen Zielreiz präsentiert wurde (adaptiert von Van der Stigchel et al., 2009).....	36
<i>Abbildung 2.</i> Mittelwerte und Standardfehler der beinahe signifikanten Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Feld der Sakkadenlatenz (in ms).....	40
<i>Abbildung 3.</i> Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Bewusstheit der Sakkadenlatenz (in ms).....	40
<i>Abbildung 4.</i> Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit der Sakkadenlatenz (in ms).....	41
<i>Abbildung 5.</i> Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit der Sakkadenabweichung (in Radianten).....	42
<i>Abbildung 6.</i> Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Kontrastpolarität und Feld der Sakkadenendpunktabweichung (in Pixel).....	43
<i>Abbildung 7.</i> Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Interaktion der Faktoren Feld und Bewusstheit der Sakkadenendpunktabweichung (in Pixel).....	44

Anhang*Tabelle A1. Mittelwerte und Standardabweichungen der Sakkadenlatenzen (in ms)*

Polarität	Feld	Bewusstheit	Mittelwert	Standardabweichung
gleiche	gleiches	bewusst	220.65	34.09
		unbewusst	246.85	29.54
	gegenüberliegendes	bewusst	241.73	35.95
		unbewusst	252.47	29.90
unterschiedliche	gleiches	bewusst	217.97	36.43
		unbewusst	234.33	32.29
	gegenüberliegendes	bewusst	234.62	35.09
		unbewusst	237.16	32.13

Tabelle A2. Mittelwerte und Standardabweichungen der Sakkadenabweichungen (in Radianten)

Polarität	Feld	Bewusstheit	Mittelwert	Standardabweichung
gleiche	gleiches	bewusst	0.009	0.045
		unbewusst	0.004	0.022
	gegenüberliegendes	bewusst	-0.014	0.036
		unbewusst	0.003	0.025
unterschiedliche	gleiches	bewusst	0.004	0.036
		unbewusst	0.000	0.021
	gegenüberliegendes	bewusst	-0.005	0.057
		unbewusst	0.000	0.017

Tabelle A3. Mittelwerte und Standardabweichungen der Sakkadenendpunktabweichungen (in Pixel)

Polarität	Feld	Bewusstheit	Mittelwert	Standardabweichung
gleiche	gleiches	bewusst	8.01	13.38
		unbewusst	1.63	10.18
	gegenüberliegendes	bewusst	-5.19	11.30
		unbewusst	-0.52	9.40
unterschiedliche	gleiches	bewusst	2.16	9.06
		unbewusst	0.31	10.19
	gegenüberliegendes	bewusst	0.18	7.07
		unbewusst	1.95	8.18

Tabelle A4. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Haupteffekte und Interaktionen

	Mittelwert	Standardfehler
Sakkadenlatenz (in ms)		
Haupteffekt Feld		
gleiches Feld	229.95	6.30
gegenüberliegendes Feld	241.50	6.36
Haupteffekt Kontrastpolarität		
gleiche Polarität	240.42	6.17
unterschiedliche Polarität	231.02	6.52
Haupteffekt Bewusstheit		
bewusst	228.74	6.82
unbewusst	242.70	5.95
Interaktion Feld und Kontrastpolarität		
gleiches Feld, gleiche Polarität	233.75	6.09
gleiches Feld, unterschiedliche Polarität	226.15	6.62
gegenüberliegendes Feld, gleiche Polarität	247.10	6.33
gegenüberliegendes Feld, unterschiedliche Polarität	235.89	6.49

Tabelle A4. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Haupteffekte und Interaktionen
(Fortsetzung)

	Mittelwert	Standardfehler
Interaktion Kontrastpolarität und Bewusstheit		
gleiche Polarität, bewusst	231.19	6.78
gleiche Polarität, unbewusst	249.66	5.80
unterschiedliche Polarität, bewusst	226.30	6.93
unterschiedliche Polarität, unbewusst	235.75	6.25
Interaktion Feld und Bewusstheit		
gleiches Feld, bewusst	219.31	6.85
gleiches Feld, unbewusst	240.59	5.97
gegenüberliegendes Feld, bewusst	238.18	6.90
gegenüberliegendes Feld, unbewusst	244.82	5.97
Sakkadenabweichung (in Radianten)		
Haupteffekt Feld		
gleiches Feld	0.004	0.004
gegenüberliegendes Feld	-0.004	0.004
Interaktion Feld und Bewusstheit		
gleiches Feld, bewusst	0.006	0.007
gleiches Feld, unbewusst	0.002	0.003
gegenüberliegendes Feld, bewusst	-0.009	0.008
gegenüberliegendes Feld, unbewusst	0.001	0.002
Sakkadenendpunktabweichung (in Pixel)		
Haupteffekt Feld		
gleiches Feld	3.03	1.29
gegenüberliegendes Feld	-0.89	0.81

Tabelle A4. Mittelwerte und Standardfehler der signifikanten Haupteffekte und Interaktionen
(Fortsetzung)

	Mittelwert	Standardfehler
Interaktion Feld und Kontrastpolarität		
gleiches Feld, gleiche Polarität	4.82	1.93
gleiches Feld, unterschiedliche Polarität	1.24	1.34
gegenüberliegendes Feld, gleiche Polarität	-2.86	1.37
gegenüberliegendes Feld, unterschiedliche Polarität	1.07	1.02
Interaktion Feld und Bewusstheit		
gleiches Feld, bewusst	5.08	1.85
gleiches Feld, unbewusst	0.97	1.25
gegenüberliegendes Feld, bewusst	-2.50	1.47
gegenüberliegende Feld, unbewusst	0.72	1.16

Danksagung

Ein großer Dank an Dr.ⁱⁿ Isabella Fuchs-Leitner und Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge. Durch sie lernte ich die Kognitionspsychologie kennen und lieben und wurde immer wieder mit neuen Ideen inspiriert.

Vielen lieben Dank an meine Familie. Mama, Papa, ihr ermöglicht mir meine Träume zu verwirklichen und bietet den nötigen Halt.

Ein besonderer Dank an meinen Bruder, der mir immer ein Lächeln auf die Lippen zaubert.

Danke an alle Menschen, die mich während meines Studiums trafen und begleiteten. Danke für eure ermutigenden Worte, die vielen konstruktiven Gespräche und die gemeinsame Zeit.

Curriculum Vitae

Name	Hanna Weichselbaum
E-Mail	hanna.weichselbaum@gmx.at
Geburtsdatum	30. 08. 1989
Staatsbürgerschaft	Österreich
Ausbildung	
seit 10/2007	Studium der Psychologie an der Universität Wien Erste Diplomprüfung am 25. 01. 2010
09/2011-01/2012	Studium der Psychologie an der Université de Strasbourg im Rahmen des Erasmus-Austauschprogramms
2007-2009	Studium der Romanistik Französisch an der Universität Wien
1999-2007	Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Freistadt
1995-1999	Volksschule Waldburg
Praxiserfahrung	
09/2010-12/2011	Nachhilfe und Betreuung im Caritas Haus Daria
08-09/2010	6-Wochen-Praktikum Caritas Haus Daria für Asylwerbende und anerkannte Konventionsflüchtlinge
09/2008, 09/2009	Pflegehilfskraft an der Landes-Nervenklinik Wagner-Jauregg Linz, Stationen Psychiatrie und Neurochirurgie
Sprachkenntnisse	
Deutsch	Muttersprache
Englisch	fließend in Wort und Schrift Sprachaufenthalt in Canterbury, 08/2004
Französisch	fließend in Wort und Schrift 2. Platz Sprachwettbewerb Frankophonie mit anschließendem Sprachaufenthalt in Cannes, 07/2006 Stipendium Französisch als Fremdsprache, Louvain-la-Neuve, Belgien, 08/2008
Latein	Grundkenntnisse
EDV-Kenntnisse	
MS Office	sehr gut
SPSS	sehr gut