



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Die Wirkung von bewusst und unbewusst wahrgenommenen
abrupt auftauchenden Hinweisreizen auf die Effekte der IOR

Verfasserin

Isabell Anais Möckel

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, Januar 2016

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Danksagung

Meinem Prof. Ulrich Ansorge möchte ich für seine gedanklichen Anregungen und seine fachliche Kompetenz, insbesondere aber für seine Menschlichkeit herzlichst danken.

Danke auch an Dr. Isabella Fuchs-Leitner für die fachliche Unterstützung.

Daniel, Danke Dir vielmals für Deine grandiosen Ideen zu meinen indiskutablen Arbeitsbedingungen. Ohne Dich wäre ich wohl niemals heil zum Ende gekommen.

Mein Bruderherz, auf dich ist immer Verlass! Ein besonderer Dank an Dich und Deine manuellen Fertigkeiten.

Und zuletzt aber am wichtigsten: Vielen Dank an meine Eltern für ihren unermüdlichen Einsatz und ihre grenzenlose Liebe.

Das Ziel ist in der Verwirklichung das Letzte,
das Erste aber in der Absicht der Vernunft.

Thomas von Aquin

Inhalt

Zusammenfassung	9
Abstract	10
Einleitung	11
I Theoretischer Hintergrund	14
1. Selektive visuell-räumliche Aufmerksamkeit	14
1.1 Klärung des Begriffs.....	14
1.2 Metaphern zur visuell-räumlichen Aufmerksamkeit.....	15
1.3 Stufen der Selektion.....	16
1.4 Verdeckte vs. offene Verlagerungen der Aufmerksamkeit.....	17
2. Hinweisreizprozedur	19
2.1 Ablauf.....	20
2.2 Zentrale und periphere Hinweisreize	21
2.3. Validität und Vorhersagbarkeit der Zielreizpositionen.....	22
2.4. Hinweisreizeffekt.....	24
2.5 IOR.....	26
3. Automatische und kontrollierte Verarbeitungsprozesse	27
3.1 Definition.....	28
3.2 Steuerungsprozesse der Aufmerksamkeit.....	30
3.2.1 Saliente Reize.....	31
3.2.2 Die Wirkung abrupt einsetzender Hinweisreize.....	33
3.2.3 Das Kriterium der Absicht.....	36
3.2.3.1 Der Einfluss salienter Reize.....	37
3.2.3.2 Im Zusammenhang mit der IOR.....	41
4. Die IOR und das Kriterium der Bewusstheit	43
4.1 Neuronale Korrelate zur IOR.....	44
4.2 Die Aufmerksamkeit und das Bewusstsein.....	48
4.3 Subjektive und objektive Wahrnehmungsschwelle.....	50
4.4 Subliminale Hinweisreize.....	52
4.5 Subliminale Hinweisreizprozeduren und die IOR.....	54

4.6 Hinführung zur Fragestellung.....	59
4.7 Fragestellung und Hypothesen.....	63
II. Methode.....	66
1. Versuchsteilnehmende.....	66
2. Apparaturen und technische Daten.....	67
3. Prozedur und Reizmaterial.....	68
4. Ablauf der Untersuchung.....	70
III Ergebnisse.....	72
1. Eliminierte Daten und Entdeckungsleistung des Zielreizes.....	72
2. Untersuchung der Zielreizdetektion.....	72
2.1 Haupteffekte.....	73
2.2 Interaktionseffekte.....	74
3. Subjektive und objektive Wahrnehmungsschwelle.....	75
IV Diskussion.....	76
1. Ergebnisse.....	77
2. Schlussfolgerungen.....	78
Literaturverzeichnis.....	80
Abbildungsverzeichnis.....	89
Curriculum Vitae.....	90

Zusammenfassung

Bisherige Untersuchungen zur visuell-räumlichen Aufmerksamkeit konnten zeigen, dass periphere abrupt einsetzende Hinweisreize, die an der Zielreizposition erscheinen (valide Bedingung) zu schnelleren Reaktionszeiten führen als Hinweisreize, die eine andere Position anzeigen (nicht-valide Bedingung). Beim Einsatz eines späten Hinweis-Zielreiz-Intervalls (HZI) von über 300 ms wird dieser sogenannte Validitätseffekt umgekehrt und es folgt eine Hemmung der Rückkehr (engl.: inhibition of return, kurz: IOR) mit verzögerten Reaktionszeiten in der validen Bedingung. Neuerdings wurde die IOR auch in Bedingungen mit unbewusst wahrgenommenen Hinweisreizen gefunden, was zu der Annahme führte, dass die IOR ein Signal für die reizgetriebene Aufmerksamkeitssteuerung darstellt (Mulckhuyse et al., 2007). In der vorliegenden Studie wurden die Effekte der IOR durch den Vergleich der Reaktionszeiten auf irrelevante supraliminale und subliminale Hinweisreize für ein jeweils kurzes und langes HZI mit Zielreizen, die häufiger (75 %) an der entgegengesetzten Position zum Hinweisreiz (antiprädiktiv) präsentiert werden untersucht. Dafür wurde die Prozedur von Mulckhuyse und seinen Kollegen (2007) adaptiert, indem ihre Technik der Flimmerverschmelzung für unbewusste Bedingung angewendet wurde. Die Ergebnisse schließen aus, dass die IOR automatisch gesteuert wird und sprechen folglich für einen kontrollierten Mechanismus, der diesem Effekt zugrunde liegt.

Schlagwörter: IOR, Aufmerksamkeitsverlagerungen, Bewusstheit, automatische Verarbeitung, top-down Kontrolle

Abstract

Previous research on visuospatial attention has shown that peripheral abrupt-onset cues at target position (valid condition) lead to faster reaction times than cues indicating a different position (invalid condition). When using late stimulus onset asynchronies (SOA) above 300 ms this so called cueing effect is reversed and inhibition of return (IOR) follows with delayed reaction times in the valid condition. More recently, IOR was found in conditions with unconsciously perceived cues as well leading to the assumption that IOR is a signal for a stimulus-driven capture of attention (Mulckhuyse et al., 2007). In the present study, the effects of IOR were investigated by comparing the reaction times of irrelevant supraliminal and subliminal cues for each a short (16 ms) and a long (1000 ms) SOA with targets more often (75 %) presented at the opposite position of the cue (antipredictive). Therefore the paradigm of Mulckhuyse and colleagues (2007) was adopted by using their technique of flicker fusion for the unconscious condition. The results rule out the idea of IOR as an automatic process and, hence, speak for a controlled mechanism underlying the effect.

Keywords: IOR, shifts of attention, awareness, subliminal, automatic processing, top-down control

Einleitung

In der täglichen Auseinandersetzung mit unserer Umwelt begegnen wir im Wachzustand permanent einer Vielzahl von Reizen. Damit wir uns sinnvoll orientieren und gezielt fortbewegen können (Handlungssteuerung), benötigen wir eine konkrete Vorstellung über das, was außerhalb unseres Geistes passiert. Diesen „Vorgang der unmittelbaren und aktiven Teilhabe des Geistes (oder der Psyche) an seiner (oder ihrer) Umgebung“ (Ansorge & Leder, 2011, S.9), bezeichnen wir als *Wahrnehmung*. Die Instrumente, mit denen wir uns die Inhalte der Welt zugänglich machen, sind unsere Sinnesorgane. Nur über diese Kanäle können wir Informationen, die uns die Reize der Umgebung liefern, aufnehmen und verarbeiten, um schließlich auf dessen Grundlage innere Bilder (Repräsentationen) der Außenwelt zu erstellen. Aufgrund ihres unmittelbaren Charakters, können wir uns dem Einfluss der Wahrnehmung bzw. der Umgebung im Allgemeinen nicht entziehen. D.h., zum Einen, dass es die Umgebung ist, die bestimmt, was wir wahrnehmen können (Ansorge & Leder, 2011, Kap. 1). Zum Anderen bedeutet dies, dass wir inmitten eines steten Informationsstroms stehen. Trotzdem nehmen wir niemals alle augenblicklich verfügbaren Informationen der Umgebung gleichzeitig wahr, sondern sind dazu in der Lage, die für uns momentan relevanten Reizinformationen herauszufiltern und zeitgleich irrelevantes Informationsmaterial auszublenden. Diese konzentrierte Form der Wahrnehmung nennt man *selektive Aufmerksamkeit*. Suchen wir einen Gegenstand, wie z.B. einen blauen Stift, *steuern* wir unsere Aufmerksamkeit *visuell im Raum* umher. Dabei können wir Dinge, wie ein Federmäppchen, direkt fokussieren (*offene Aufmerksamkeitsverlagerungen*), um unsere Suche möglichst erfolgreich zum Ziel zu führen. Wir haben jedoch auch die Möglichkeit, die Aufmerksamkeit auf Dinge zu richten, die sich nicht im Zentrum unseres Sichtfeldes

befinden. Diese sogenannten *verdeckten Verlagerungen* der Aufmerksamkeit spielen sich in der Peripherie des Sichtfelds ab und ermöglichen uns, *Informationen* effizienter zu *verarbeiten*. Hierbei scheinen vor allem *saliente* - das sind sehr auffällige - Reize eine vordergründige Rolle zu spielen. Das *abrupte Auftauchen* sowie sehr *auffallende Merkmale* einzelner Reize stehen im Verdacht, die Aufmerksamkeit rein *automatisch* auf sich zu ziehen (Müller & Rabbit, 1989; Itti & Koch, 2001; Mulckhuyse, Talsma & Theeuwes, 2007; Theeuwes, 1992). Es gibt jedoch auch Belege, die eine andere Sichtweise unterstützen (Folk, Remington & Jonston, 1992, Gibson & Amelio, 2000; siehe auch Ansorge, 2006). Demnach stehen eher *kontrollierte Prozesse* im Vordergrund, die beispielsweise auch auf der Suche nach einem Gegenstand unsere *Absichten* verfolgen. In sogenannten *Hinweisreizprozeduren* (engl.: cueing paradigm) wird unter Laborbedingungen u.a. versucht, herauszufinden, welche Annahme letztendlich zutrifft. Dabei ist ein Phänomen besonders in den Fokus der Debatte geraten. Es handelt sich um die *Hemmung der Rückkehr* (engl.: inhibition of return, kurz: IOR). Diese beschreibt, dass die Aufmerksamkeit in der Fokussierung der räumlichen Position, die eben beachtet wurde, gehemmt wird. Eine neuerliche Hinwendung zu dieser Position ist folglich erst nach einer gewissen Zeit möglich (Posner & Cohen, 1984). Bei diesem Phänomen wird ebenso über *neuronale Strukturen* spekuliert, die für das Zustandekommen der IOR verantwortlich sind, um Rückschlüsse auf automatische bzw. kontrollierte Verarbeitungsprozesse ziehen zu können, die daran beteiligt sind. Die *Colliculi Superiores* gehören zu einer dieser Strukturen und sind Teil eines neuronalen Verarbeitungsweges, der mit *reflexivem* Verhalten in Verbindung gebracht wird. Ein anderer Verarbeitungsweg betrifft wiederum die Beteiligung des *primären visuellen Cortex*, der für kontrollierte Verhaltensweisen zuständig ist.

Neuere Ansätze beschäftigen sich mit möglichen Verlagerungsprozessen der

Einleitung

Aufmerksamkeit im Zusammenhang mit der *unbewussten* Wahrnehmung (z.B. McCormick, 1997; Mulckhuysen et al., 2007). Es konnte bereits nachgewiesen werden, dass Reize die Aufmerksamkeit auch unbewusst zu steuern vermögen (z.B. McCormick, 1997). Da es sich in Versuchsanordnungen der Hinweisreizprozedur hauptsächlich um salientes Reizmaterial handelt, das mehrheitlich mit automatischen Prozessen in Verbindung gebracht wird, folgerte man auch bei unbewussten Bedingungen eine automatische Verarbeitungsweise (z.B. Mulckhuysen et al., 2007). Nach wie vor zu klären gilt jedoch, ob auch die IOR automatischen oder vielmehr kontrollierten Verarbeitungsprozessen der Aufmerksamkeitssteuerung zuzurechnen ist. Der *Vergleich* einer bewussten und unbewussten Bedingung schafft eine günstige Basis, um dies zu überprüfen. Bisherige Untersuchungen dazu (z.B. McCormick, 1997; Ivanoff & Klein, 2003; Mulckhuysen et al., 2007) konnten noch keinen eindeutigen Aufschluss geben. In der vorliegenden Arbeit wird daher der Anspruch gestellt, einen Beitrag zur Klärung der *Fragestellung* zu leisten, ob die IOR beim Vergleich von bewusst und unbewusst wahrgenommenen Reizen einen rein automatischen Verarbeitungsweg in Gang setzt oder durch den Einfluss kontrollierter Prozesse bestimmt wird.

I Theoretischer Hintergrund

1. Selektive visuell-räumliche Aufmerksamkeit

Das Konzept der Aufmerksamkeit wird in der Wissenschaft in Abhängigkeit von ihrer Funktion in verschiedenen Bedeutungen verwendet. Um den Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit eindeutig zu machen, sei daher zunächst eine entsprechende Hinführung zum Begriff der selektiven visuell-räumlichen Aufmerksamkeit gegeben (siehe 1.1). Zum besseren Verständnis ihrer Funktionsweise folgen konkrete Veranschaulichungen (siehe 1.2) sowie verschiedene Auffassungen zum Ablauf der Selektion (siehe 1.3). Des Weiteren wird erklärt, dass die visuelle Aufmerksamkeit sowohl mit als auch ohne begleitende Augenbewegungen in Erscheinung treten kann (siehe 1.3).

1.1 Klärung des Begriffs

Im Kontext der Informationsverarbeitung, der dieser Arbeit zugrunde liegt, ist es die *Selektivität*, die als eine wesentliche Funktion der Aufmerksamkeit im Vordergrund steht (Müller & Krummenacher, 2012). Durch ihre selektive Funktion beschreibt man, auf welche Weise eine Auswahl über die gegebene Informationsmenge getroffen wird, um das Erreichen aktueller Wahrnehmungs- und Handlungsziele ermöglichen zu können (Hagendorf, Krummenacher, Müller & Schubert, 2011). Anders ausgedrückt: damit das limitierte Fassungsvermögen, das unserem Arbeitsgedächtnis zu Grunde liegt, nicht überlastet wird und eine effiziente Verhaltenssteuerung gewährleistet ist, konzentrieren wir unsere Aufmerksamkeit auf einen nur kleinen Teil der Informationsflut (Broadbent, 1958; Treisman, 1964). Dabei werden relevante Reize beachtet während irrelevantes Reizmaterial

ignoriert wird (Müller & Krummenacher 2012). Diese konzentrierte Form der Wahrnehmung nennt man *selektive* oder fokussierte Aufmerksamkeit. Hierbei unterscheidet man verschiedene Sinnesmodalitäten. Betrachtet man die Rezeption der Informationen speziell über die Augen, subsummiert man dies unter dem Begriff der *visuellen* Aufmerksamkeit. Da sich die Aufmerksamkeit in der visuellen Modalität im Raum bewegt, spielen bei der Selektion vor allem Positionsinformationen eine wesentliche Rolle. In diesem Zusammenhang spricht man von (selektiver) *visuell-räumlicher* Aufmerksamkeit, die auch den Gegenstand der vorliegenden Arbeit darstellt. Im Weiteren wird der Terminus „Aufmerksamkeit“ - wenn nicht anderes vermerkt - im Sinne dieser Definition verwendet.

1.2 Metaphern zur visuell-räumlichen Aufmerksamkeit

Wie sieht Aufmerksamkeit eigentlich aus? Um diese Frage beantworten zu können, sind in Abhängigkeit von der Vorstellung über ihre Funktionsweise zwei Metaphern besonders hervorzuheben. In der „Lichtkegel-Metapher“ (z.B. Posner, Snyder & Davidson, 1980; Tsal, 1983) wird die Aufmerksamkeit mit einem Scheinwerfer verglichen. Nach dieser Vorstellung hat die Aufmerksamkeit einen fixen Durchmesser, kann jedoch flexibel auf bestimmte Positionen im Raum gelenkt werden. Der Teil im visuellen Raum, der sich im Lichtkegel der Aufmerksamkeit befindet, ist gut sichtbar (beachtete Position), während im dunklen Teil außerhalb des Lichtkegels (unbeachtete Position) schlecht gesehen wird (Eysenck & Keane, 2010). Nach Posner (1980) bedeutet dies, dass Reize innerhalb des Lichtkegels im Vergleich zu jenen außerhalb des Lichtkegels verbessert (schneller und genauer) verarbeitet werden. Eriksen und St. James (1986) gehen mit ihrem „Gummilinsen“-Modell (engl.: „zoom-lense“) noch einen Schritt weiter. Hier übernimmt die

Aufmerksamkeit die Aufgabe einer Gummilinse. Diese ist dazu in der Lage, Abschnitte, auf denen scharf gesehen wird, zu verändern. Das bedeutet, im Unterschied zur Lichtkegel-Metapher kann hier der Aufmerksamkeitsbereich je nach Anforderung sowohl vergrößert als auch verkleinert werden. Ist die Aufmerksamkeit breit über das visuelle Feld verteilt, werden alle Reize parallel verarbeitet. Fokussiert sich die Aufmerksamkeit hingegen auf eine bestimmte Position, werden nur Reize innerhalb dieses Bereichs berücksichtigt (Eriksen & Yeh, 1985).

1.3 Stufen der Selektion

Die Vorstellung der Gummilinse findet eine Entsprechung in Treisman und Gelades (1980) *Merkmalsintegrationstheorie* (engl.: feature integration theory). Danach läuft die Selektion von Reizen bzw. die Erkennung von Objekten über zwei Verarbeitungsstufen ab. In einer frühen Stufe ist die Aufmerksamkeit über das gesamte Sichtfeld verteilt, so dass alle Informationen parallel registriert werden. Dabei werden die Objekte nicht im Ganzen wahrgenommen, sondern ihre elementaren physikalischen Merkmale wie Farbe, Kontrast und Orientierung einer oberflächlichen Analyse unterzogen. Hier findet die Selektion statt, die darüber entscheidet, welche Informationen relevant sind und welche ignoriert werden können. Die darauffolgende spätere Stufe ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Position fokussiert ist. Die darin enthaltenen Informationen werden dann auf Basis semantischer Analysen zu einem Ganzen zusammengesetzt und führen schließlich zur Objektwahrnehmung. Die inhaltliche Bedeutung der Reize wird demzufolge erst nach dem Selektionsprozess hinzugefügt. Diese Vorstellung entspricht der *Theorie der frühen Selektion* (vgl. Broadbent, 1958; vgl. Treisman,

1964). Demgegenüber wird in der *Theorie der späten Selektion* (Deutsch & Deutsch, 1963) vermutet, dass alle Reize sowohl auf physikalischer als auch semantischer Ebene gleichzeitig verarbeitet werden. Dem geht der Gedanke voraus, dass Reize hinsichtlich ihrer momentanen Handlungsrelevanz gewichtet und ausgewählt werden müssen. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn die Inhalte der Reizinformationen bereits bekannt sind. Die Selektion erfolgt demnach erst später in der Verarbeitungskette.

1.4 Verdeckte vs. offene Verlagerungen der Aufmerksamkeit

Den beiden Metaphern zur visuell-räumlichen Aufmerksamkeit gemeinsam ist, dass Reize außerhalb des beachteten Bereichs nur durch ein Verschieben des Lichtkegels bzw. durch ein Erweitern der Linse wahrgenommen werden. Damit also ein Gegenstand, wie z.B. ein blauer Stift, vom Lichtkegel oder über die Gummilinse der Aufmerksamkeit erfasst werden kann, muss sie zuerst auf den Bereich fokussiert werden, in dem sich der blaue Stift auch befindet. Die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf einen Reiz oder eine Position nennt man *Orientierung der Aufmerksamkeit* (engl.: orienting of attention). Häufig spricht man auch von *Verlagerungen der Aufmerksamkeit* (engl.: shifts of attention). Finden diese Verlagerungen *offen* statt (engl.: overt orienting), sind sie durch Bewegungen der Augen und gegebenenfalls auch des Kopfes und Körpers in Richtung der beachteten Position direkt beobachtbar (Posner, 1980). Entdecken wir über die Augen beispielsweise einen gesuchten Gegenstand wie den blauen Stift, richten wir unsere Aufmerksamkeit auf das Zentrum unseres Blickfeldes, die Fovea, die den blauen Stift scharf abbildet (foveales Sehen). Der Blick zum Gegenstand wird demnach von der Aufmerksamkeit begleitet. Es ist jedoch auch möglich, dass ein Objekt Aufmerksamkeit auf sich zieht, ohne dabei die Augen auf den

beachtete Position auszurichten. Die Verlagerung der Aufmerksamkeit findet dann *verdeckt* statt (engl.: covert orienting), da die Richtung der Aufmerksamkeit von der Blickrichtung abweicht (Posner, 1980). Sollte z.B. auf der Suche nach dem blauen Stift ein roter Stift vom Tisch rollen, kann dieses Geschehen aus den Augenwinkeln verfolgt werden. D.h., die Aufmerksamkeit ist nicht auf die Fovea, sondern auf die Peripherie des Sichtfeldes gerichtet, in der Objekte - hier der rote Stift - nur verschwommen gesehen werden (parafoveales Sehen). Verdeckte Verlagerungen sind folglich im Unterschied zu offenen Verlagerungen nicht direkt beobachtbar. Dies bedeutet jedoch nicht, dass zwischen der verdeckten und offen beobachtbaren Form der Aufmerksamkeit kein Zusammenhang besteht. Es wird allgemein angenommen, dass die verdeckten Verlagerungen den offenen zeitlich vorangehen, um nachfolgende Augenbewegungen einzuleiten (Carrasco, 2011). Auf eine verdeckte Verlagerung muss jedoch nicht zwingend eine Augenbewegung folgen und auch die Richtung der Verlagerung muss mit der geplanten Bewegungsrichtung der Augen nicht übereinstimmen (Posner, 1980). Da die offenen Verlagerungen an Augenbewegungen gebunden sind, kann diese Form der Aufmerksamkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt nur auf eine Position gerichtet sein. Die verdeckte Form kann hingegen auf mehrere Positionen gleichzeitig verlagert werden. Zusammengefasst übernimmt die verdeckte Form der Aufmerksamkeit demnach eine vorbereitende Funktion, indem sie durch die Bewachung der Umgebung entsprechende Informationen bereitstellt (Carrasco, 2011). Dies hilft beispielsweise dabei, den Überblick im Straßenverkehr nicht zu verlieren und auf relevante Reize rechtzeitig zu reagieren.

Die Untersuchung der vorliegenden Arbeit befasst sich mit den verdeckten Verlagerungen der Aufmerksamkeit. Diese sind zwar schwieriger zu messen, können aber über andere Parameter als die Augen indirekt erfasst werden. Näheres dazu wird in der

Hinweisreizprozedur erläutert, die im Folgenden als Untersuchungsmethode vorgestellt wird (siehe 2).

2. Hinweisreizprozedur

Um die visuell-räumliche Aufmerksamkeit wissenschaftlich untersuchen zu können, muss ProbandInnen im Labor unter kontrollierten Bedingungen Reizmaterial dargeboten werden, das durch festgelegte Instruktionen zu beantworten ist. Ein gängiger experimenteller Aufbau dazu, ist die Hinweisreizprozedur von Posner (1980) (siehe 2.1). Mit Experimenten zur Hinweisreizprozedur konnte im Allgemeinen zum Einen ein Beitrag dazu geleistet werden, verdeckte Verlagerungen der Aufmerksamkeit unabhängig von Blickbewegungen messbar zu machen. Zum Anderen wurde gezeigt, dass verdeckte Verlagerungen an einer bestimmten räumlichen Position die Reaktionsleistung an eben dieser Position verbessern können (Posner & Cohen, 1984). Diese Methode wird auch in der vorliegenden Arbeit als Untersuchung angewendet. Das besondere an dieser Versuchsanordnung ist, wie der Name schon vermuten lässt, die Darbietung eines Hinweisreizes (engl.: cue). Durch ihn wird mehr oder weniger gut angekündigt, auf welcher Position ein nachfolgender Zielreiz (engl.: target) erscheinen wird. Dies geschieht über den Grad an Information, den der Hinweisreiz über die Zielreizposition bereit stellt (siehe 2.2). In Abhängigkeit von der Größe des zeitlichen Intervalls, das zwischen dem Einblenden des Hinweisreizes und dem Einblenden des Zielreizes gesetzt wird (Hinweis-Zielreiz-Intervall, kurz: HZI) sowie der Art des Hinweisreizes, zeigen sich, gemessen an den Reaktionszeiten Effekte, die sich in einer verbesserten bzw. verzögerten Entdeckungsleistung des Zielreizes niederschlagen (siehe 2.3 und 2.4).

2.1 Ablauf

Bei der Hinweisreizprozedur von Posner (1980) handelt es sich um einfache Reaktionszeit-Aufgaben am Computer: sobald die Versuchsperson einen zuvor festgelegten Zielreiz wie ein Quadrat (z.B. Posner, Nissen & Ogden, 1978) oder einen schwarzen Punkt (z.B. Mulckhuyse et al, 2007) auf dem Bildschirm entdeckt, soll sie dies so schnell wie möglich per einfachen Tastendruck auf der Computertastatur kenntlich machen. Diese Detektionsaufgabe gilt es in mehreren Durchgängen zu bewältigen. Die räumliche Position des Zielreizes kann dabei von Durchgang zu Durchgang wechseln. Dadurch ist nicht vorhersehbar, an welcher Position sich der Zielreiz zeigen wird. Vor dem Einblenden des Zielreizes wird jedoch zusätzlich ein Hinweisreiz präsentiert. Die Funktion des Hinweisreizes besteht im Allgemeinen darin, die Aufmerksamkeit der Versuchsteilnehmenden auf eine bestimmte räumliche Position zu lenken (Hagendorf et al., 2011). Im Speziellen ist dies eine der vorzufindenden Zielreizpositionen. Die Anzahl der möglichen Zielreizpositionen ist variabel, und zwar im Ausmaß von mindestens zwei bis unendlich viele. Für gewöhnlich werden sie jedoch auf nur wenige beschränkt, z.B. auf zwei (z.B. Mulckhuyse et al., 2007), so wie es auch in dieser Arbeit der Fall ist. Die Bildschirmmitte dient stets als zentraler Fixationspunkt, der von den Versuchsteilnehmenden über die gesamte Testung hinweg anvisiert werden soll. Gekennzeichnet wird dies durch einen zentralen Reiz wie beispielsweise ein Kreuz (z.B. Posner, 1980) oder ein Punkt (z.B. Jonides, 1981; Müller & Rabbit, 1989). Somit befinden sich die Zielreizpositionen in der Peripherie des Sichtfelds. Bei insgesamt drei räumlichen Positionen, so wie es in der vorliegenden Untersuchung vorgesehen ist, sind dies die Positionen links und rechts der Mitte.

2.2 Zentrale und periphere Hinweisreize

Der Hinweisreiz kann je nach Versuchsanordnung sowohl zentral als auch peripher präsentiert werden. Gibt man Hinweisreize am zentralen Fixationspunkt vor, kann man an ihnen gegebenenfalls Informationen über die räumliche Position des Zielreizes ablesen. Zentrale Hinweisreize haben symbolischen Charakter. D.h., um den indizierten Zielreizort ausfindig zu machen, muss zuerst eine Interpretation des Hinweisreizes erfolgen (Ansorge, 2006). Dadurch wird der Reiz auch nach semantischen Aspekten und somit vollständig verarbeitet. Als zentraler Hinweisreiz fungiert üblicherweise ein Symbol, wie z.B. ein nach links oder rechts zeigender Pfeil, der entsprechend auf die Zielreizposition links oder rechts der Mitte verweist (z.B. Posner et al., 1978). Ebenso können Ziffern je nach Festlegung unterschiedliche Zielreizpositionen kennzeichnen (z.B. Posner et al., 1980). Werden periphere Hinweisreize präsentiert, liefert bereits ihr Erscheinen selbst die Positionsinformation über den Zielreiz. D.h., die Zielreizposition muss nicht erst durch andere Merkmale, wie z.B. die Richtung eines Pfeils erschlossen werden (Ansorge, 2006), sondern ergibt sich direkt aus der Position des Hinweisreizes. In der Regel wird dies durch kurzzeitige Luminanzänderungen - das sind Änderungen in der Leuchtdichte - umgesetzt, beispielsweise als Aufleuchten der linken oder rechten Position (z.B. Posner & Cohen, 1984), aber auch in Form von geometrischen Figuren, wie Pfeile (z.B. Jonides, 1981) oder Kreise (z.B. Eimer, 1994). Ob beim peripheren Hinweisreiz eine vollständige Verarbeitung der Information erfolgt oder nur bestimmte Aspekte davon berücksichtigt werden, wird im Verlauf unter Punkt 3 behandelt.

2.3. Validität und Vorhersagbarkeit der Zielreizpositionen

Mit der *Validität* der Hinweisreize drückt man aus, ob die Hinweis- und Zielreizposition innerhalb eines Durchgangs übereinstimmt oder nicht. Daraus ergeben sich zwei Bedingungen: In der validen Bedingung gibt der Hinweisreiz die gleiche Position an wie die des nachfolgenden Zielreizes. Wird der Zielreiz beispielsweise auf der rechten Position erscheinen, kann der valide Hinweisreiz zentral vorgegeben ein nach rechts weisender Pfeil sein, peripher präsentiert als Aufleuchten der rechten Position kenntlich gemacht werden. Die nicht-valide Bedingung hingegen beinhaltet Hinweisreize, die eine andere Position kennzeichnen als jene, an der der Zielreiz erscheint. Dies wäre z.B. ein nach links weisender Pfeil oder das Aufleuchten der linken Position, wenn der nachfolgende Zielreiz die rechte Position einnimmt. Eine Veranschaulichung für zentral und peripher vorgegebene Hinweisreize unter validen bzw. nicht-validen Bedingungen ist in Abbildung 1 gegeben.

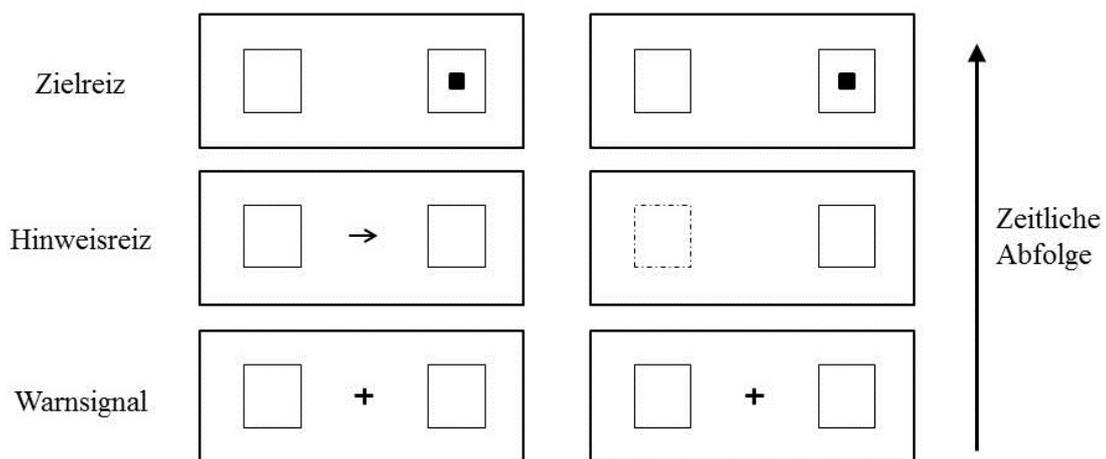


Abbildung 1: Schematischer Ablauf am Bildschirm mit einem zentralen Hinweisreiz in der validen Bedingung (links) und einem peripheren Hinweisreiz in der nicht-validen Bedingung (rechts).

Bedingungen, in welchen der Hinweisreiz keine Information über die mögliche Zielreizposition aufweist, bezeichnet man als neutral. Bei der Vorgabe zentraler Hinweisreize erzeugt man diese Bedingung z.B. durch das Einblenden eines Kreuzes (z.B. Posner, 1980), das lediglich als zeitliches Warnsignal für den bevorstehenden Zielreiz fungiert. Da periphere Hinweisreize allein durch ihr Erscheinen die Zielreizposition anzeigen können, wird für die Schaffung einer neutralen Bedingung in solchen Versuchsanordnungen der Hinweisreiz schlicht weggelassen (z.B. Posner et al, 1980).

Die Vorhersagbarkeit der Zielreizpositionen – im Folgenden wird von zwei möglichen ausgegangen – ist gegeben, wenn die Hinweisreize ausreichend Informationen darüber liefern, an welcher Position der nachfolgende Zielreiz angezeigt wird. Der Hinweisreiz wird ausreichend informativ, sobald durch ihn die Zielreizpositionen überzufällig oft bestimmt werden können. Dies wird durch das Verhältnis von validen zu nicht-validen Durchgängen erkennbar. Bei einer Wahrscheinlichkeit von jeweils 50 % für valide und nicht-valide Durchgänge enthalten Hinweisreize keine Vorhersagekraft, da sie den Ort des Zielreizes nicht überzufällig oft anzeigen und somit keine Information über die Zielreizposition geben. Solche Hinweisreize nennt man auch *nicht-prädiktiv*. Wenn die Hinweisreize allerdings eine Rateleistung über dem Zufallsniveau erlauben, sind sie *prädiktiv* und machen zwei Varianten der Vorhersage möglich. Zum Einen über die valide Bedingung. So kann der Hinweisreiz z.B. mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % an der gleichen Position und mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 % an der anderen Position als der Zielreiz präsentiert werden (z.B. Posner et al., 1978). Die validen Hinweisreize geben dann zu 80 % die korrekte Zielreizposition an. Wird das Verhältnis umgekehrt (z.B. McCormick, 1997; Fuchs & Ansorge, 2012), trifft die zweite Variante zu. D.h., die Übereinstimmung von Hinweis- und Zielreizposition ist dann nur in 20% der Fälle gegeben, während der nicht-

valide Hinweisreiz die andere Position mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% indiziert (Ansorge, 2000). Da der Hinweisreiz in diesem Fall jene Position überzufällig oft anzeigt, die dem Zielreiz entgegengesetzt ist, spricht man auch von *anti-prädiktiven* Hinweisreizen.

Der Untersuchung werden üblicherweise auch sog. *catch trials* hinzugefügt. Das sind Durchgänge, die nicht beantwortet werden sollen, da hier nach dem Hinweisreiz kein Zielreiz folgt. Mit dieser Prozedur wird aufgedeckt, ob und mit welcher Häufigkeit die Wahrnehmung eines Zielreizes trotz seiner Abwesenheit behauptet wird. Entsprechende Reaktionsneigungen können dann kontrolliert und korrigiert werden.

2.4. Hinweisreizeffekt

Um mögliche Effekte zentraler und peripherer Hinweisreize auf die Entdeckungsleistung der Zielreize ermitteln zu können, verglichen Posner und seine Kollegen (Posner et al., 1980) die valide (80%) und nicht-valide Bedingung (20%) mit der neutralen Bedingung (50%). Als abhängige Variable (AV) dienten die Geschwindigkeit und die Antwortgenauigkeit, mit welcher die Zielreize identifiziert wurden. Die HZI wurden unter 300 Millisekunden (ms) angelegt. Es stellte sich heraus, dass auf Zielreize der validen Bedingung schnellere Reaktionszeiten und weniger Fehler erfolgten als auf Zielreize der neutralen Bedingung. Umgekehrt wurden in der nicht-validen Bedingung langsamere Reaktionszeiten sowie mehr Fehler festgestellt, wenn man sie mit der neutralen Bedingung verglich. Hinweisreize, die die Zielreizposition korrekt anzeigten, führten demnach zu einer schnelleren Zielreizdetektion, während Hinweisreize, die an der anderen Position präsentiert wurden, die Zielreizentdeckung erschwerten. Offensichtlich wurden die Hinweisreize verwendet, um die Position des Zielreizes ausfindig zu machen. Hinweisreize werden

demnach nachweislich zur Selektion von Positionen genutzt und können in Abhängigkeit von ihrem Informationsgehalt entweder in zeitlichen Nutzen (engl.: benefits) oder Kosten (engl.: costs) für die Zielreizentdeckung resultieren. Basierend auf seinen Beobachtungen, formulierte Posner mit seinen Kollegen (Peterson, 1990; Walker, Friedrich & Rafal, 1984) drei mentale Operationen zur Zielreizentdeckung, die er hinter den Verlagerungen der Aufmerksamkeit vermutete. Die erste Operation beinhaltet die Loslösung (engl.: disengagement) der Aufmerksamkeit von der aktuellen Position. Als nächstes findet in einem zweiten Schritt der Wechsel (engl.: movement) der Aufmerksamkeit von einer Position zur nächsten statt. Und zuletzt erfolgt die Fokussierung (engl.: engagement) der Aufmerksamkeit auf die neue Position. Unter dem Aspekt dieser drei Teilschritte, lassen sich für den Kosten- und Nutzeneffekt Erklärungen ableiten. Der Nutzen valider Hinweisreize ist dabei wie folgt zu betrachten: Bei der Vorgabe der Hinweisreize wird die Aufmerksamkeit bereits vor dem Erscheinen des Zielreizes auf die korrekte Position ausgerichtet. Wird anschließend der Zielreiz eingeblendet, muss lediglich noch die Aufmerksamkeit fokussiert werden. In der neutralen Bedingung hingegen ruht die Aufmerksamkeit beim Erscheinen des Zielreizes noch auf dem Fixationskreuz, da keine Information über die mögliche Zielreizposition gegeben wird und somit kein Grund besteht, den Selektionsprozess vorher einzuleiten. D.h., bevor die Aufmerksamkeit fokussiert wird, um auf den Zielreiz reagieren zu können, muss zuerst ein Wechsel der Aufmerksamkeit vom Fixationspunkt zur Zielreizposition stattfinden. Im Vergleich resultiert daraus für die valide Bedingung eine Zeitersparnis. Bezüglich der Kosten bei nicht-validen Hinweisreizen ergibt sich folgende Darstellung: Durch den Hinweisreiz wird die Aufmerksamkeit auf eine Position gelenkt, die dem Zielreiz entgegengesetzt ist. Um nun auf den nachfolgenden Zielreiz reagieren zu können, muss die Aufmerksamkeit zuerst von der momentan

beachteten Position losgelöst werden, damit sie dann auf die korrekte Zielreizposition gelenkt und an den Zielreiz gebunden werden kann. In der neutralen Bedingung erfolgt lediglich die Verlagerung der Aufmerksamkeit, so dass sich hier ein zeitlicher Vorteil gegenüber der nicht-validen Bedingung ergibt (Posner et al., 1984). Schnellere Reaktionszeiten der validen im Vergleich zur nicht-validen Bedingung fasst man unter dem Begriff *Validitätseffekt* (engl.: cueing effect) zusammen. Dieser spiegelt sich in der Lichtkegel-Metapher wider: Zielreize, die an der Position der Aufmerksamkeitsverlagerung auftauchen, führen zu einer schnelleren und genaueren Wahrnehmung im Vergleich zu Zielreizen, die nicht an der Position der Aufmerksamkeitsverlagerung erscheinen. Für das Zustandekommen des Validitätseffekts können offene Aufmerksamkeitsverlagerungen ausgeschlossen werden, da die HZI, die gesetzt wurden, zu kurz sind, um eine erfolgreiche Blickbewegung zum Zielreiz zuzulassen (Jonides, 1981; Ansorge, 2006; Ansorge & Leder, 2011, Kap 4).

2.5 IOR

Mit einem kurzen HZI unter 300 ms fanden Posner und Cohen (1984) bei der Vorgabe peripherer Hinweisreize den typischen Validitätseffekt. Vergrößerten sie allerdings das HZI über 300 ms, zeigte sich überraschend ein umgekehrtes Muster: schnellere Reaktionszeiten für Zielreize, die an der anderen Position als der Hinweisreiz präsentiert wurden im Verhältnis zu jenen an der gleichen Position. Die Autoren erklärten sich dieses Phänomen folgendermaßen: Durch den Hinweisreiz wird die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Position gelenkt. Folgt an dieser Position der Zielreiz mit einer erheblichen zeitlichen Verzögerung, ist nicht gesichert, dass sich der Aufmerksamkeitsfokus noch an

dieser Position befindet. D.h., ab etwa 300 ms findet eine Loslösung der Aufmerksamkeit von der eben beachteten Position statt. Zudem wird gleichzeitig eine neuerliche Hinwendung zu der eben beachteten Position aktiv unterdrückt. Man nennt diesen Effekt daher *Hemmung der Rückkehr* (engl.: inhibition of return, kurz: IOR), und schreibt ihm die Funktion zu, die Informationssuche auf diese Weise möglichst effizient zu gestalten. Im evolutionären Kontext wäre es z.B. sinnvoll auf der Suche nach Nahrung, jene Orte zu meiden, die man bereits erfolglos aufgesucht hat (Klein, 2000). Übertragen auf das Beispiel mit der Suche nach dem blauen Stift wäre es ebenso effizienter, den Schreibtisch systematisch abzusuchen, anstatt das Federmäpchen, trotz erstmaligem Misserfolg immer und immer wieder zu überprüfen. Stellt also die beachtete Position in einem gewissen Zeitrahmen keine relevanten Informationen bereit, kann sich die Aufmerksamkeit durch die IOR anderen Positionen des visuellen Raums zuwenden, um dort neue Informationen einzuholen (Posner & Cohen, 1984; Klein, 2000). Aufgrund der IOR ergeben sich somit langsamere Reaktionsleistungen, wenn der Zielreiz an der eben beachteten Position erscheint. Der Validitätseffekt zeigte sich sowohl bei zentralen als auch bei peripheren Hinweisreizen. Die IOR konnte allerdings ausschließlich bei der abrupt einsetzenden Präsentation peripherer Hinweisreize gefunden werden (Posner & Cohen, 1984).

3. Automatische und kontrollierte Verarbeitungsprozesse

Nachdem geschildert wurde, was unter Aufmerksamkeit zu verstehen ist und wie ihre verdeckten Verlagerungen untersucht werden können, soll nun dargelegt werden, über welche vorangehenden Prozesse sie gesteuert wird. Unter dem Aspekt der Informationsverarbeitung im Allgemeinen und der Informationsselektion im Speziellen wurden in sogenannten „Zwei-Prozess-Theorien“ grundsätzlich zwei Arten unterschieden:

kontrollierte und *automatische* Prozesse (siehe 2.1). Entsprechend können die *Steuerungsprozesse der Aufmerksamkeit* bei der Selektion von Positionsinformationen unterteilt werden: sind sie absichtlich auf ein Ziel ausgerichtet, finden sie kontrolliert statt. Werden sie ohne eine bestehende Absicht durch Reize ausgelöst, laufen sie automatisch ab (siehe 2.2). Die Kriterien, nach welchen diese beiden Verarbeitungsmodi klassifiziert werden, sind von der jeweiligen Theorie abhängig (Ansorge, 2000). Da diese Arbeit vorwiegend Untersuchungen zur Hinweisreizprozedur behandelt und Posner mit seinen Kollegen diese Methode bedeutend geprägt hat (1980; Posner et al., 1980; Posner & Cohen, 1984), werden nachfolgend die Voraussetzungen einer automatischen bzw. kontrollierten Verarbeitung sensu Posner und Snyder (1975) implementiert.

3.1 Definition

Nach Posner und Snyder (1975) gibt es drei wesentliche Kriterien, nach welchen kontrollierte und automatische Prozesse voneinander zu unterscheiden sind: dem Bestehen von *Absichten*, der Anfälligkeit für *Interferenzen* sowie der Anwesenheit des *Bewusstseins*. Eine kontrollierte Verarbeitung erfordert die Absicht, sich auf ein bestimmtes Ereignis zu konzentrieren. Absichten werden z.B. durch Instruktionen oder Suchkriterien geformt. Suchen wir z.B. einen blauen Stift, wird die Aufmerksamkeit willentlich auf das momentane Handlungsziel ausgerichtet. Auch die Erwartung, den gesuchten Gegenstand an einem dafür vorgesehenen Ort, wie z.B. dem Federmäppchen zu finden, leitet einen *zielgerichteten* Suchprozess ein. Es sind demnach höhere mentale Prozesse, die bei einer kontrollierten Verarbeitung die Interpretation der Umgebung beeinflussen, indem sie mit bestehenden Erfahrungs- und Wissensinhalten verknüpft wird (Zimbardo & Gerrig, 2008). Man nennt

diesen Verarbeitungsmodus daher auch *top-down* oder *endogen* gesteuert. Absichtlich eingeleitete Prozesse unterliegen der Überwachung und Kontrolle des *bewussten* Verarbeitungssystems. Dieses weist begrenzte Kapazitäten auf, so dass damit verbundene mentale Prozesse als aufwendig und langsam charakterisiert werden. Daraus ergibt sich eine *Interferenzanfälligkeit* (Ansorge & Leder, 2011, Kap 5). Im Konkreten bedeutet das: wird man mit zwei gleichzeitig ablaufenden Aufgaben konfrontiert, die beide kontrollierte Steuerungsprozesse erfordern (z.B. Notenlesen und Klavierspielen), kann es bei einer parallelen Bearbeitung zu wechselseitigen Störungen in der Informationsverarbeitung kommen. Die Verarbeitung ist demnach weniger störresistent (Ansorge, 2006). Die Konsequenzen limitierter Kapazitäten zeigen sich insbesondere bei neuen und ungeübten Anforderungen. In Form von Übung kann der Aufwand jedoch verringert werden (Leder & Ansorge, 2011). Sind z.B. bestimmte Handlungsabläufe des Klavierspielens automatisiert, kann das Ausführen einer parallelen Tätigkeit wie dem Notenlesen weitestgehend *interferenzfrei* durchgeführt werden. Dies liegt an dem Umstand, dass automatische Prozesse im Allgemeinen *reflexiv* stattfinden, die Reizverarbeitung somit *unbewusst* abläuft. D.h., die zentralen Kapazitäten werden kaum oder überhaupt nicht beansprucht, wodurch die Informationsverarbeitung schnell ablaufen kann (Ansorge & Leder, 2011, Kap 5). Für das oben angeführte Beispiel bedeutet das: Je geübter der Musiker ist, desto weniger muss er seine Bewegungen auf der Klaviatur kontrollieren und desto mehr Kapazitäten stehen für das Notenlesen zur Verfügung. Da man davon ausgeht, dass automatische Prozesse von den Reizen der Umgebung ausgelöst werden, spricht man auch von einem *reizgetriebenen* Verarbeitungsmodus (Ansorge & Leder, 2011, Kap 5). Anders formuliert handelt es sich um die Aufnahme sensorischer Information aus der Umgebung, die an das Gehirn weitergeleitet wird (Zimbardo & Gerrig, 2008). Im Unterschied zur kontrollierten Verarbeitung verläuft

der Verarbeitungsweg hier also von unten nach oben bzw. von außen nach innen, was durch die gängigen Umschreibungen *bottom-up* und *exogen* gesteuert verdeutlicht wird.

3.2 Steuerungsprozesse der Aufmerksamkeit

Für einen zielgerichteten Modus der Aufmerksamkeitssteuerung ist demnach die Absicht ein maßgebliches Kennzeichen. Daher spricht man in diesem Zusammenhang auch von *willkürlicher* Aufmerksamkeit (Eimer, Nattkemper, Schröger & Prinz, 1996). Aufgrund der Beteiligung des Bewusstseins schreibt man ihr eine *aktive* Komponente zu (James, 1890/1983). Demgegenüber stellt die reizgetriebene Aufmerksamkeitssteuerung einen Prozesse dar, der keine bewusste Wahrnehmung der Reizinformationen verlangt und somit *passiv* (James, 1890/1983), ohne eine erklärte Absicht stattfindet. Dies definiert die *unwillkürliche* Aufmerksamkeit (Eimer et al., 1996). Obwohl die beiden Konzepte der Aufmerksamkeitssteuerung für gewöhnlich strikt voneinander getrennt betrachtet und untersucht wurden, besteht mittlerweile allgemeine Übereinstimmung darüber, dass jeder Selektionsvorgang durch die Interaktion interner und externer Faktoren bestimmt wird, folglich sowohl zielgerichtet als auch reizgetrieben abläuft (Müller & Rabbit, 1989; Yantis, 2000; Eimer et al., 1996). Jedoch besteht Uneinigkeit darüber, ob unwillkürliche Verlagerungen der Aufmerksamkeit im Besonderen tatsächlich rein automatisch oder überwiegend unter dem Einfluss kontrollierter Prozesse stattfinden. Bestimmten Reizen kommt in dieser Debatte eine besondere Rolle zu (siehe 3.2.1), da sie häufig als Maß einer automatischen bzw. kontrollierten Aufmerksamkeitssteuerung herangezogen werden (siehe 3.2.2). Es mag im ersten Moment widersinnig erscheinen, einen unwillkürlichen Prozess, der als automatisch ablaufend definiert wird, mit kontrollierten Verarbeitungsprozessen zu

verbinden. Berücksichtigt man jedoch den auslösenden Moment eines Selektionsvorgangs, ist es durchaus denkbar, dass ein automatischer Prozess aufgrund eines zuvor festgelegten Plans ausgelöst wird und somit vordergründig unter dessen Kontrolle steht. Beispielsweise würde man sich auf der Suche nach einem blauen Stift vermutlich einen Plan machen, nach welchem die Suche erfolgen soll, indem man an Orten sucht, die sein Auffinden wahrscheinlicher machen, wie z.B. das Federmäpchen. Ohne diesen Plan würde das Federmäpchen aller Voraussicht nach keine Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Diesem Weg folgend, wäre jedoch die strikte Trennung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen wie Posner und Snyder (1975) es vorschlugen, zumindest bezüglich des Kriteriums der Absicht kritisch zu betrachten (siehe 3.2.4). Dies soll anhand von experimentellen Evidenzen zu unwillkürlich ausgelösten Aufmerksamkeitsprozessen und zur IOR näher gebracht werden (siehe 3.2.3.1 und 3.2.3.2).

3.2.1 Saliente Reize

Bestimmte Reize scheinen prädestiniert dafür zu sein, die Aufmerksamkeit automatisch auf sich zu lenken. Eine große Wirkung zeigen in diesem Zusammenhang saliente Reize bzw. Positionen. Mit dem Begriff Salienz wird ausgedrückt, wie stark sich ein Ort im Raum von seiner Umgebung im Kontrast abhebt. Nach dem Salienzmodell der Aufmerksamkeit (Itti & Koch, 2001) ist die Salienz einer bestimmten Position gegeben, wenn sich diese in der Summe bezüglich der Merkmale Orientierung, Intensität und Farbe von ihrer Umgebung unterscheidet. Je stärker der Kontrast einer Position im Vergleich zu allen anderen ist, desto wahrscheinlicher wird die Aufmerksamkeit dorthin verlagert. Wird dieser Bereich anschließend ausgeblendet, erfolgt eine Verlagerung an der Position mit der

nächst höheren Salienz usf. Dabei verhindert die IOR, dass eine bereits beachtete Position wiederholt aufgesucht wird (Ansorge & Leder, 2011, Kap 4). Ist ein Reiz ausreichend salient, sticht er im Sichtfeld heraus (engl.: popout) (Itti & Koch, 2001). Zu den besonders salienten Reizen zählen die sogenannten Einzelreize (engl.: singletons). Diese unterscheiden sich von den anderen Reizen im visuellen Feld in zumindest einem unverkennbaren Merkmal (z.B. blau) einer zentralen Dimension (z.B. Farbe) (Ansorge & Neumann, 2005; Ansorge, Horstmann und Worschech, 2010). Beispielsweise würde vermutlich auf einem Schreibtisch mit lauter roten Stiften ein einzelner blauer Stift sofort ins Auge fallen. Wie oben erwähnt, erfolgt die Verlagerung der Aufmerksamkeit nach dem Salienzmodell (Itt & Koch, 2001) für gewöhnlich an der Position mit der höchsten Salienz. Im eben genannten Beispiel wäre das die Position mit dem blauen Stift. Nach Itti und Koch (2001) geschieht dies sehr schnell und primär exogen gesteuert und zwar unabhängig davon, welche Anforderung gerade verlangt wird. Folglich sollen saliente Reize die Aufmerksamkeit auch dann automatisch verlagern, wenn sie irrelevant für die momentan vorliegenden Absichten sind. Yantis und Jonides (1984) zeigten, dass ebenso Objekte bzw. Reize, die abrupt im Sichtfeld auftauchen, Aufmerksamkeitsverlagerungen auslösen. Eine mögliche Erklärung liegt in der Neuartigkeit der Information, die durch das plötzliche Eintreten eines externen Ereignisses bei sonst gleichbleibendem Informationsgehalt gegeben ist (Yantis & Hillstrom, 1994). Evolutionär gesehen wäre es zumindest sinnvoll, Anzeichen von Gefahr sofort zu erkennen, um möglichst schnell darauf reagieren zu können (Yantis, 1993). Da abrupt einsetzende Reize ihre Wirkung dadurch entfalten, dass sie alleine auftreten, zählen sie ebenfalls zu den Einzelreizen. Sie unterscheiden sich jedoch von den zuvor beschriebenen Einzelreizen in einem wesentlichen Punkt: der Effekt abrupt einsetzender Reize ist dynamisch über die Zeit definiert, wohingegen die Salienz von Einzelreizen über statische

Merkmale bestimmt wird (Lamy & Egeth, 2003). Eine Methode, um abrupt einsetzende Reize zu untersuchen, stellt die bereits vorgestellte Hinweisreizprozedur dar (siehe 2). Experimentelle Untersuchungen zu statischen Einzelreizen werden üblicherweise in Versuchsanordnungen zur *visuellen Suche* durchgeführt. Die Aufgabe beinhaltet, per Tastendruck am Computer zu entscheiden, ob sich in einem Suchbild mit mehreren Distraktoren - das sind dargebotene ablenkende Reize - ein zuvor definierter Zielreiz befindet. Der Zielreiz ist ein Einzelreiz und unterscheidet sich in mindestens einem Merkmal, wie z.B. der Form oder der Farbe von den Distraktoren. Die Anzahl der verwendeten Distraktoren hat dabei keinen Einfluss auf die Zeit, die für die Suche verwendet wird (Theeuwes & Godijn, 2002).

3.2.2 Die Wirkung abrupt einsetzender Hinweisreize

Jonides (1981) widmete sich der Frage, ob Aufmerksamkeitsverlagerungen sowohl automatisch als auch kontrolliert ausgelöst werden können. Um zu überprüfen, ob automatische Verarbeitungsprozesse die Arbeitskapazitäten des Gehirns tatsächlich weniger beanspruchen als das bei kontrollierten Prozessen der Fall ist, verwendete er zwei miteinander interferierende Aufgaben: eine Merk- und eine Suchaufgabe (Experiment 1). Die Suchaufgabe stand im Vordergrund und beinhaltete einen Suchbildschirm mit acht Buchstaben. Beim Entdecken des Buchstaben L bzw. R sollte jeweils ein linker bzw. rechter Tastendruck erfolgen. Der jeweilige Zielreiz wurde vorauslaufend in den mehrheitlich validen Durchgängen mit einer abrupt auftauchenden Pfeilspitze entweder im Zentrum des Bildschirms oder als peripherer Hinweisreiz nahe seiner Position korrekt angekündigt. Zuvor wurde den Versuchsteilnehmenden in einer Merkaufgabe eine Reihe von Zahlen

aufgesagt, die sie nach beenden der Suchaufgabe in der richtigen Reihenfolge möglichst fehlerfrei erinnern sollten. Die Reaktionszeiten auf die Hinweisreize wurden als Anzeiger für die Kapazitätsbelastung durch die Doppelaufgabe herangezogen. Es ergab sich, dass der Validitätseffekt bei der Vorgabe peripherer Hinweisreize zwar nicht signifikant aber dennoch größer war als bei der Vorgabe zentraler Hinweisreize. Demnach interferierten die peripheren Hinweisreize weniger mit der Merkaufgabe als das bei den zentralen Hinweisreizen der Fall war. Dies sah Jonides (1981) als Bestätigung dafür an, dass abrupt einsetzende periphere Hinweisreize die Aufmerksamkeit in einer mehr automatischen Weise steuern, wohingegen zentrale Hinweisreize durch den Grad an Information, den sie bereit stellen, mehr Kapazitäten zur Verarbeitung erfordern. Dies stimmt auch mit Posner und Snyders (1975) Kriterium der Interferenzanfälligkeit überein, nach dem automatische Prozesse keine oder weniger Kapazitäten benötigen als kontrollierte (siehe 3.1). In einer weiteren Untersuchung (Experiment 2) konnte Jonides (1981) feststellen, dass auch die Instruktion, abrupt auftauchende Hinweisreize absichtlich zu ignorieren, unwillkürliche Aufmerksamkeitsverlagerungen zu diesen Reizen hin nicht verhindern konnte. In diesem Zusammenhang formulierte Jonides (1981) eine gewisse Unterdrückungsresistenz (engl.: *resistance to suppression*) gegenüber automatischen Prozessen. Dieser Effekt zeigte sich verstärkt bei peripheren Hinweisreizen im Vergleich zu Reizen, die im Zentrum des Sichtfelds auftauchten. Des Weiteren wurde gefunden, dass der Validitätseffekt auch dann auftrat, wenn die peripheren Hinweisreize nicht-prädiktiv zur Zielreizposition waren (Experiment 3). D.h., obwohl die Hinweisreize keine Information darüber lieferten, an welcher Position der Zielreiz erscheinen wird, erfolgten schnellere Reaktionszeiten, wenn die Hinweis- und Zielreizposition übereinstimmten. Effekte zentraler Hinweisreize entwickelten sich hingegen vorwiegend bei vorhersagbaren Zielreizpositionen (Posner et al.,

1980; Müller & Rabbit, 1989). Zudem konnte festgestellt werden, dass die Effekte bei zentralen Hinweisreizen länger andauern als bei peripheren Hinweisreizen, was mit einer eingehenderen Verarbeitung von Information interpretiert wurde (Müller & Rabbit, 1989). Daraus folgerte man, dass periphere Hinweisreize als Indikator für eine rein automatische Aufmerksamkeitssteuerung anzusehen sind. Im Gegensatz dazu setzen zentrale Hinweisreize aufgrund der vollständigen Verarbeitung von Information, die zur Zielreizendeckung genutzt wird, kontrollierte Prozesse in Gang (Jonides, 1981; Posner, 1980; Müller & Rabbit, 1989).

Eine ähnliche Studie (Lambert, Spencer & Mohindra, 1987) bringt die Annahme, periphere Hinweisreize würden die Aufmerksamkeit rein automatisch steuern, ins Wanken. Zwar wurde auch hier bei ausdrücklicher Instruktion, abrupt einsetzende periphere Hinweisreize zu ignorieren, ein entsprechender Effekt demonstriert. Jedoch war dieser im Vergleich zur Bedingung, in der keine Instruktion gegeben wurde, signifikant reduziert. Die Absicht hatte hier demnach einen Einfluss auf die Verlagerungstendenz der Aufmerksamkeit, und widerspricht somit in diesem Kriterium Posner und Snyders (1975) strikter Trennung von automatischen und kontrollierten Prozessen. Um sich mehr Klarheit darüber zu verschaffen, warum periphere Hinweisreize in manchen Fällen (siehe auch Müller & Rabbit, 1989) nur *schwache* automatische Aufmerksamkeitsverlagerungen auslösen, verfolgten Yantis und Jonides (1990) einen neuen Ansatz. Sie versetzten ihre Versuchsteilnehmenden in einen Zustand höherer Aufmerksamkeit, indem sie sie genauestens darüber informierten, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein zentraler Hinweisreiz den Zielreiz korrekt anzeigt. Des Weiteren wiesen sie explizit darauf hin, dass daher eine Beachtung der angezeigten Position von Vorteil wäre. Tatsächlich eliminierte diese Instruktion den Verlagerungseffekt von plötzlich einsetzenden Reizen. Dies führte Yantis und Jonides

(1990) zu der Schlussfolgerung, dass die *Stärke* der Automatizität, die durch abrupt einsetzende Hinweisreize ausgelöst wird, offensichtlich vom Fokussierungsgrad der Aufmerksamkeit abhängt. Ist die Aufmerksamkeit in einem diffusen Zustand, kann sie leicht durch abrupt einsetzende Reize ausgelöst werden. Befindet sie sich hingegen in einem hoch konzentrierten Zustand, ist das Ziel vordergründig und die abrupt einsetzenden Reize können ignoriert werden.

Der Nachweis einer rein automatischen Aufmerksamkeitssteuerung durch abrupt einsetzende periphere Hinweisreize gestaltet sich erkennbar schwierig, insbesondere, wenn man das Kriterium der Absicht berücksichtigt. Festzuhalten gilt, dass der Hinweisreiz zum Auslösen eines rein automatischen Aufmerksamkeitsprozesses keine Information über die Position des Zielreizes enthalten sollte, da sonst kontrollierte Prozesse ausgelöst werden.

3.2.3 Das Kriterium der Absicht

In weiterer Konsequenz führten die widersprüchlichen Forschungsergebnisse zur Debatte, ob an unwillkürlichen Aufmerksamkeitsverlagerungen womöglich auch kontrollierte Prozesse beteiligt sind. Geht man davon aus, dass die Aufmerksamkeit primär reizgesteuert wird (Müller & Rabbit, 1989; Itti & Koch, 2001; Mulckhuyse & Theeuwes, 2010; Theeuwes, 1992), erfolgt die Verlagerung der Aufmerksamkeit, ausgelöst durch ein externes Ereignis (z.B. rollt ein Stift vom Tisch), automatisch. Dies geschieht demnach unabhängig davon, ob das auslösende Ereignis zu den aktuellen Absichten passt (z.B. wird ein blauer Stift gesucht) oder nicht. Erst, wenn eine Position beachtet wird, kann sie auf eine Passung mit den Absichten überprüft werden (z.B. ob es sich um den blauen Stift handelt) (Müller & Rabbit, 1989). Der Einfluss von kontrollierten Prozessen kommt demnach später

im Selektionsvorgang zum tragen (Theeuwes, 1992). Die Annahme, es handele sich hierbei um einen rein automatischen Prozess, schließt zudem nach der von Posner und Snyder (1975) getroffenen Definition (siehe 3.1) eine bewusste Wahrnehmung aus.

Vertritt man die Position einer überwiegend zielgerichteten Aufmerksamkeitssteuerung (Ansorge, 2006; Ansorge, Horstmann & Scharlau, 2011; Folk et al., 1992), sind es kontrollierte Prozesse, die anfänglich zu einer Verlagerung der Aufmerksamkeit führen. D.h., auch wenn die Verlagerung selbst durch Reize aus der Umgebung ausgelöst wird, geht ihr stets eine Absicht voraus. (z.B. soll überprüft werden, ob der rollende Stift ein blauer ist) (Eimer et al., 1996). Dabei muss die Absicht nicht bewusst verfolgt werden, sondern kann unbewusst den Selektionsvorgang beeinflussen (Lamme, 2003; siehe auch Ansorge & Neumann, 2005; Neumann, 1990). Die Rolle des Bewusstseins wird unter Punkt 4 näher erläutert.

3.2.3.1 Der Einfluss salienter Reize

Damit man bei der visuellen Suche tatsächlich rein automatische Selektionsprozesse erhält, muss das Merkmal, über den der Einzelreiz bestimmt wird, vollständig irrelevant für die Aufgabenstellung sein. In der klassischen visuellen Suche ist der Einzelreiz der Zielreiz selbst. Kritisch zu betrachten ist dabei die explizite Suche nach dem hervorstechenden Merkmal, so dass hierbei auf eine primär automatische Aufmerksamkeitsverlagerung nicht geschlossen werden kann (Yantis & Egeth, 1999). Zudem zeigte eine Studie von Pashler (1988), dass ein Einzelreiz, der über die Dimension der Form zu suchen war, mit einem irrelevanten Einzelreiz, der über die Farbdimension definiert war, bedeutend interferierte. Wurde allerdings vorher die genaue Form des Zielreizes mitgeteilt, trat dieser Effekt nicht

auf.

Um die Beziehung zwischen kontrollierten und automatischen Steuerungsprozessen der Aufmerksamkeit zu überprüfen, konstruierte Theeuwes (1992) unter Berücksichtigung oben genannter Kritikpunkte eine spezielle Darbietungsmethode der Einzelreizprozedur. Neben der Suchbedingung, in welcher ein einziger Einzelreiz (ein grüner Kreis) unter den Distraktoren (grüne Quadrate oder rote Kreise) präsentiert wurde, fügte er eine zweite Bedingung hinzu, in der ein zweiter Einzelreiz als zusätzlicher Distraktor (ein rotes Quadrat) im Bild erschien (engl.: additional singleton task, Theeuwes, 2004). Dadurch definierte sich die Salienz des zusätzlichen Einzelreizes durch die Farbdimension, während der Zielreiz über die Dimension der Form bestimmt wurde. Der zusätzliche Distraktor stand also bezüglich der gesuchten Dimension nicht in Beziehung zum Zielreiz und wurde somit als irrelevant für die Aufgabenstellung angesehen. Innerhalb der präsentierten Kreise und Quadrate befand sich zusätzlich jeweils ein einzelnes Liniensegment. Die Aufgabe bestand darin, die Orientierung der Linie innerhalb des Zielreizes korrekt zu bestimmen. Die Versuchsteilnehmenden wurden über die genau zu suchende Form informiert. Es stellte sich heraus, dass sich in der Bedingung mit irrelevantem Einzelreiz im Vergleich zur Bedingung ohne die Reaktionszeit auf den Zielreiz erhöhte. D.h., obwohl die Aufgabe darin bestand, den Zielreiz zu suchen, interferierte der irrelevante Einzelreiz mit diesem Vorhaben. Dies konnte auch nicht durch ausreichend Übung verhindert werden. Der irrelevante Einzelreiz wurde offenbar trotz anderer Suchabsichten automatisch selektiert. Daraus folgerte Theeuwes (1992), dass die Verlagerungen der Aufmerksamkeit primär reizgesteuert werden.

Demgegenüber vermuteten Folk und seine Kollegen (1992) einen maßgeblichen Einfluss kontrollierter Prozesse auf unwillkürliche Aufmerksamkeitsverlagerungen. Sie begründeten diese Ansicht mit dem Argument, dass bei der experimentellen Selektion von

Reizen immer eine Aufgabe im Vordergrund steht. Durch die Anforderung der Aufgabe werden Suchabsichten gebildet, die den weiteren Aufmerksamkeitsprozess kontrollieren. Die Hinweisreize werden somit abhängig vom Kriterium, das den Zielreiz definiert, selektiert. Sucht man beispielsweise einen blauen Stift, werden Kriterien, wie Form und Farbe gebildet, nach welchen dieser Stift gesucht wird. Um ihre Vermutung zu belegen, verwendeten Folk und seine Kollegen (1992) eine Hinweisreizprozedur mit abrupt einsetzenden peripheren Hinweisreizen, die sie mit einem nachfolgenden Suchbildschirm für den Zielreiz kombinierten. Der irrelevante Hinweisreiz wurde 150 ms vor dem Zielreiz und den Einzelreizen präsentiert. Die Teilnehmenden wurden über den Versuchsablauf vollständig informiert. Es ergaben sich verzögerte Reaktionszeiten in der nicht-validen Bedingung und zwar nur dann, wenn der irrelevante Hinweisreiz (vier rote Punkte um eine graue Box herum angeordnet) zur Suchabsicht (Selektionskriterium Farbe) des Zielreizes (ein rotes x) passte. Teilte der Hinweisreiz kein Merkmal mit dem Zielreiz, waren auch keine Verzögerungen in den Reaktionszeiten zu erkennen. Damit sahen sich Folk und seine Kollegen (1992) in ihrer sogenannten *Kontingenzhypothese zur unwillkürlichen Aufmerksamkeitssteuerung* (engl.: contingent involuntary orienting hypothesis) bestätigt. Die Aufmerksamkeitssteuerung hängt im Wesentlichen von der Beziehung zwischen den Reizmerkmalen und den Aufgabenanforderungen ab und kommt nicht, wie im Konzept der reizgetriebenen Aufmerksamkeitssteuerung vermutet (Itti & Koch, 2001; Müller & Rabbit, 1989; Theeuwes, 1992; 2004), über die Salienz der Reize allein zustande. Dies gilt jedoch nur, wenn die Hinweisreize keine Auskunft über den Zielreizort liefern (Folk et al. 1992).

Bacon und Egeth (1994) versuchten sich zu erklären, wie es bei Theeuwes (1992) zur Interferenz des irrelevanten Einzelreizes mit dem Ziel-Einzelreiz kommen konnte und formulierten auf dieser Basis zwei Suchmodi, die der Suchende bei der Erstellung seiner

Suchabsichten anwenden kann: einen Merkmalsuchmodus (engl.: feature search mode) und einen Einzelreizsuchmodus (engl.: singleton detection mode). Letzterer soll auf Interferenzen durch Einzelreize mit irrelevanten Dimensionen anfällig sein und sich bei Theeuwes (1992) bemerkbar gemacht haben. Um dies zu belegen, replizierten Bacon und Egeth (1994) die Untersuchung von Theeuwes (1992) und schlossen zwei Experimente an, die den Einzelreizsuchmodus aufheben. Dies setzten sie um, indem sie in manchen Durchgängen zum Einen überflüssige Zielreize (grüne Kreise, dessen Liniensegment nicht gesucht wird) unter den Distraktoren einsetzten (Experiment 2) und zum Anderen Distraktoren in einer dritten Form (Dreieck) hinzufügten (Experiment 3). In beiden Experimenten zeigten sich trotz dem Einblenden eines irrelevanten Einzelreizes keine Reaktionszeitverzögerungen. Offenbar wurden die Versuchsteilnehmenden dazu gezwungen, ihre Suche allein auf Basis des Merkmals, nämlich der Form und nicht durch das Erscheinen eines eigentümlich aussehenden Reizes durchzuführen. Dies erklärt die widersprüchlichen Ergebnisse von Theeuwes (1992) und Folk und seinen Kollegen (1992) und spricht im Allgemeinen eher für eine zielgerichtete Aufmerksamkeitssteuerung bei statischen Merkmalen.

Zusammenfassend sprechen die Ergebnisse aus der Hinweisreizprozedur sowie der visuellen Suche für zwei wesentliche Voraussetzungen, die ein Hinweisreiz erfüllen muss, um das Auslösen rein automatischer Verarbeitungsprozesse anzeigen zu können: zum Einen darf er keine Informationen über den Zielreizort enthalten. Zum Anderen darf er bezüglich des gesuchten Merkmals nicht relevant sein. D.h., streng genommen darf er nicht zu den Suchabsichten passen.

3.2.3.2 *Im Zusammenhang mit der IOR*

Die Debatte darüber, ob saliente Reize zu einer rein automatischen Aufmerksamkeitsverlagerung führen oder über die Passung von Suchabsichten selektiert werden, setzt sich auch bei der IOR fort. Da die IOR primär unter Verwendung peripherer Hinweisreize zu beobachten war, wurde sie mehrheitlich mit einer reizgetriebenen Aufmerksamkeitssteuerung in Verbindung gebracht (z.B. Posner & Cohen, 1984; Mulckhuyse et al., 2007; Klein, 2000). Zudem führte die Tatsache, dass der Validitätseffekt vorwiegend bei kurzen HZI und die IOR bei langen HZI auftraten zu der Annahme, es handele sich hierbei um ein und denselben Mechanismus. Nach dieser Ansicht ergibt sich demnach für die automatische Aufmerksamkeitssteuerung ein biphasisches Muster, nach welchem der Validitätseffekt in einer frühen Phase zu sehen ist und durch die IOR in einer darauffolgenden Phase abgelöst wird (Posner & Cohen, 1984; Mulckhuyse & Theeuwes, 2010).

Gibson und Amelio (2000) gingen den Effekten der IOR nach, indem sie sich wie Folk und seine Kollegen (1992) einer kombinierten Versuchsanordnung von Hinweisreizprozedur und visueller Suche bedienten. Die Kombination ergab sich aus abrupt einsetzenden oder statisch in Farbe vorgegebenen Hinweis- und Zielreizen. Die Bedingungen wurden unter zwei HZI gemessen, um auch nachfolgende Effekte wie die IOR messen zu können. Bei einem kurzen HZI von 100 ms zeigte sich der typische Validitätseffekt: verbesserte Reaktionszeiten in der validen Bedingung, wenn Hinweis- und Zielreiz zur Suchabsicht passten. Wurde hingegen ein langes HZI von 1000 ms verwendet, zeigte sich die IOR in dieser Bedingung mit verzögerten Reaktionszeiten für Hinweis- und Zielreize. Der Effekt zeigte sich jedoch nur dann, wenn beide Reize über das abrupte Einblenden

definiert waren. War der Hinweisreiz bezüglich der Farbdimension relevant, wurde kein entsprechender Effekt gefunden. Den Grund dafür vermuten die Autoren u.a. in der Darbietungsweise der Farbe selbst. Nichtsdestotrotz zeigte sich die IOR nur bei relevanten Hinweisreizen.

Im Gegensatz dazu zeigten Theeuwes und Godijn (2002) in ihrer Untersuchung, dass auch irrelevante Einzelreize den Effekt der IOR auslösen können. Als Reizmaterial dienten acht konturierte graue Kreise, die um den Fixationspunkt herum in einem imaginären Kreis angeordnet wurden. Darunter befand sich ein roter Kreis, der als irrelevanter Einzelreiz eingesetzt wurde. In jedem Kreis befand sich ein grauer Punkt. Die Aufgabe bestand darin, den Bildschirm bei einem kurzen oder langen HZI zu beobachten und so schnell wie möglich zu melden, wenn ein grauer Punkt verschwindet. Statt dem abruptem Einblenden wurde als Merkmal demnach ein abruptes Ausblenden herangezogen. Tatsächlich konnte im kurzen HZI ein Validitätseffekt und nachfolgend im langen HZI eine IOR gefunden werden. Dieses typisch biphasische Muster wurde als Beleg für eine primär reizgesteuert Aufmerksamkeitssteuerung angesehen, insbesondere, da die IOR erschien, die die Autoren als Kennzeichen einer automatischen Verarbeitungsweise heranzogen.

Demgegenüber steht die Vermutung, dass es sich bei der IOR und dem Validitätseffekt um zwei voneinander unabhängige Mechanismen (Danzinger & Kingstone, 1999) handelt, wobei die IOR über kontrollierte Prozesse vermittelt wird. Dem liegt die Idee zugrunde, dass Hemmungsprozesse im Allgemeinen als Teil exekutiver Funktionen der bewussten Kontrolle unterliegen und die IOR folglich nicht als Mechanismus zur Hemmung der eben beachteten räumlichen Position verstanden werden muss (Fuchs & Ansorge, 2012). Das Bewusstsein spielt demnach zur Klärung dieser Frage ebenso eine große Rolle und soll daher im Folgenden eingehender beleuchtet werden (siehe 4).

4. Die IOR und das Kriterium der Bewusstheit

Um sich der Frage widmen zu können, ob die IOR zu den zwei Seiten eines automatischen Verarbeitungsprozesses gehört oder vielmehr als Teil des bewussten Kontrollsystems zu betrachten ist, soll zunächst dargelegt werden, welche neuronalen Wege für eine automatische und kontrollierte Verarbeitung der IOR von Relevanz sind (4.1). Im Weiteren wird geklärt, in welchem Zusammenhang das Bewusstsein und die Aufmerksamkeit miteinander stehen (siehe 4.2). Eine klare Vorstellung von Bewusstheit lieferten uns bereits Posner und Snyder (1975) (siehe 3.1). Nach dieser hängen bewusste Prozesse von Absichten ab, die dem kontrollierten System unterstellt sind. Jedoch zeigte sich bei experimentellen Untersuchungen, dass eine strikte Trennung unwillkürlicher Aufmerksamkeitsprozesse von den vorliegenden Absichten in den wenigsten Fällen tatsächlich anzutreffen und zudem unter Laborbedingungen allein aufgrund der zu gebenden Instruktionen eine große Herausforderung darstellen (siehe 3.2.1 – 3.2.3). Um mehr Aufschluss über die zugrundeliegenden Mechanismen der automatischen und kontrollierten Prozesse bei der Aufmerksamkeitssteuerung zu erhalten, erscheint es daher sinnvoll, auch Reizmaterial zu verwenden, das unbewusst wahrgenommen wird. Kriterien, nach welchen die Grenzen der Bewusstheit definiert und gemessen werden können (siehe 4.3) sowie geeignete Reize für eine unbewusste Wahrnehmung werden vorgestellt (siehe 4.4). Im Anschluss werden Studien zur IOR mit unbewussten Hinweisreizen präsentiert, in denen versucht wurde, allen notwendigen Voraussetzungen zu entsprechen (siehe 4.5). Diese leiten die Untersuchung von Fuchs und Ansorge (2012) ein (siehe 4.6), die für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit essentiell ist (siehe 4.7).

4.1 Neuronale Korrelate zur IOR

Die Annahme, dass die IOR einen automatischen Verarbeitungsprozess darstellt, wird teils aus Untersuchungen gestützt, die sich mit den *neuronalen Korrelaten* von Aufmerksamkeitsprozessen beschäftigt haben (z.B. Rafal, Henik & Smith, 1991). Einer Struktur im Gehirn kommt hier eine besondere Rolle zu. Dabei handelt es sich um zwei Hügel der Vierhügelplatte, die anterior (weiter vorne gelegen) im Tectum (lat. für Dach) des Mittelhirns liegen, die sogenannten *Colliculi Superiores* (lat. für obere Hügelchen, kurz: CS) (White & Munoz, 2011). Sie sind Teil eines stammesgeschichtlich älteren visuellen Systems (Rafal et al., 1991). Durch die Notwendigkeit einer zunehmend flexibleren Kontrolle des Orientierungsverhaltens im Laufe der Evolution entwickelte sich vor allem beim Menschen ein wesentlich komplexeres visuelles System (White & Munoz, 2011), das durch das Zusammenspiel alter und neuer Strukturen gekennzeichnet ist. Zu den älteren Strukturen gehört die *retinotectale Projektion*. Sie beschreibt die Weiterleitung der visuellen Information von der Netzhaut des Auges (Retina) über die dort liegenden Nervenzellen (retinalen Ganglienzellen) zu den CS. Die Funktion der CS besteht im Lokalisieren von sensorischen Reizen im Raum (Rafal et al., 1991). Von den CS wird die visuelle Information dann über die *extrastriäre* Sehbahn zu den visuellen Bereichen der Großhirnrinde (Cortex), die außerhalb des primären visuellen Cortex (Sehrinde oder area striata) liegen, weitergeleitet. Das extrastriäre System dient u.a. schnellen Orientierungsreaktionen (White & Munoz, 2011), wie z.B. der Steuerung von sehr schnellen Augenbewegungen (Sakkaden) und gezielten Kopfbewegungen (Eysel, 2010). Dieses System ist demnach reflexiv und wird daher mit automatischen Orientierungsreaktionen der Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht (Rafal et al., 1991).

Neuere Strukturen (Rafal et al., 1991) projizieren über die *retino-geniculo-striäre Bahn* von den retinalen Ganglienzellen über den *corpus geniculatum laterale* (lat. für seitlicher Kniehöcker) des Thalamus (gr. für Kammer) - das ist der größte Teil des Zwischenhirns - zum primären visuellen Cortex (Pinel, 2007). Man unterscheidet hierbei zwei wesentliche Verarbeitungspfade für visuelle Information, die zur Wahrnehmung von Objekten entscheidend sind und vom primären visuellen Cortex ausgehend unterschiedliche Richtungen einschlagen. Der *dorsale* (in Richtung Bauch gelegene) oder *magnozelluläre* Pfad projiziert sowohl zum mediotemporalen Cortex (mittlerer Teil des Schläfenlappens) als auch zum posterioren parietalen Cortex (weiter hinten gelegene Teil des Scheitellappens). Diesen Pfad bilden Nervenzellen, die verstärkt auf Bewegung und Kontrast reagieren. Der zweite Verarbeitungspfad ist der *ventrale* (in Richtung Rücken gelegene) oder *parvozelluläre*. Er führt zum inferotemporalen Cortex (weiter unten gelegene Teil des Schläfenlappens) und besteht aus Nervenzellen, die insbesondere bei Farben und feinen Details aktiv werden und nur eine geringe Sensitivität für Kontraste aufweisen (Ilg & Thier, 2012).

In einer Reihe von Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die willkürliche Aufmerksamkeit im Speziellen über ein System vermittelt wird, das in Teilen des parietalen und frontalen Cortex angesiedelt ist (Corbetta & Shulman, 2002; Hopfinger, Buonocore & Mangun, 2000; Rosen et al., 1999). Bezüglich der neuronalen Korrelate für die unwillkürliche Aufmerksamkeitsorientierung bzw. des Validitätseffekts und der IOR liegen hingegen noch uneindeutige Ergebnisse und verschiedene Ansichtsweisen vor (Corbetta & Shulman, 2002; Dorris, Klein, Everling und Munoz, 2002; Klein, 2000; Mayer, Seidenberg, Dorflinger & Rao, 2004; Rafal et al., 1991). Klärungsbedarf besteht insbesondere hinsichtlich der Beziehung dieser beiden Prozesse zueinander: Gehören sie zu einem

gemeinsamen Mechanismus (Mulckhuysen & Theeuwes, 2010) oder entstehen sie unabhängig voneinander in unterschiedlichen neuronalen Strukturen (Danzinger & Kingstone, 1999; Fuchs & Ansorge, 2012) ?

Zwischen der retinotectalen und der retino-geniculo-striären Sehbahn besteht eine Asymmetrie in der Anzahl der Projektionen von den Gesichtsfeldern zu den CS bzw. dem visuellen Cortex (Rafal et al., 1991). Das Gesichtsfeld, das jeweils über ein Auge wahrgenommen wird, untergliedert man vertikal in zwei Teile, da die visuelle Wahrnehmung auf diese Weise über die Nerven weitergeleitet wird. Eine Hälfte liegt näher zur Nase (nasale Gesichtshälfte), die andere näher zur Schläfe (temporale Gesichtshälfte) (Pinel, 2007). Die Asymmetrie der beiden visuellen Bahnen besteht in mehr Projektionen der temporalen Gesichtshälfte zu den CS (Rafal et al., 1991). Rafal und seine Kollegen (1991) haben sich diese Asymmetrie in ihrer Untersuchung zu Nutze gemacht, indem sie Hinweisreizaufgaben monokular (einäugig) bewältigen ließen. Sie fanden heraus, dass die IOR im temporalen Gesichtsfeld, das mehr Projektionen zu den CS aufweist, stärker ist als im nasalen Gesichtsfeld. Ebenso konnte die IOR bei Neugeborenen beobachtet werden, obwohl diese noch keinen vollständig entwickelten Cortex, wohl aber vollständig entwickelte CS besitzen (Valenza, Simion & Umiltà, 1994). Zudem trat die IOR bei Patienten mit Schädigungen an den CS vermindert oder gar nicht auf (Posner & Cohen, 1984; Sapiro, Soroker, Berger & Henik, 1999). Diese Belege können unterstützend für eine Sichtweise herangezogen werden, die die Entstehung der IOR in den CS vermutet und die IOR somit als Teil eines automatischen Prozesses versteht.

Auch Dorris und seine Kollegen (2002) konnten eine Beteiligung der CS an der IOR feststellen. Die Autoren betonen jedoch, dass die IOR nicht mit einer Hemmung der Nervenzellen der CS gleichzusetzen ist, die Hemmung selbst also nicht in den CS generiert

wird. Somit wäre eine andere Gehirnstruktur denkbar, die für die Entstehung der IOR verantwortlich ist, ebenso wie die Vermutung, dass die IOR keine Hemmung der eben beachteten räumlichen Position im Speziellen darstellt (Fuchs & Ansorge, 2012). Mayer und seine Kollegen (2004) führten eine Studie durch, in welcher sie ihre Versuchsteilnehmenden während der Bearbeitung von Aufgaben mit Hinweisreizen in einer ereigniskorrelierten funktionellen Magnetresonanztomographie (engl.: event-related functional magnetic resonance imaging, kurz: ER-fMRI) untersuchten. Die ER-fMRI ist ein bildgebendes Verfahren, welches über die Hämodynamik – das ist die Strömungsmechanik des Blutes – Schlüsse auf den Aktivierungsgrad von Gehirnarealen zulässt. Beim Vergleich der validen zur nicht-validen Bedingung für jeweils das kurze und das lange HZI, konnte kein Areal auffindig gemacht werden, das eine signifikant stärkere Aktivierung aufzeigte. Stellte man jedoch einen Vergleich innerhalb der validen und nicht-validen Bedingung für das lange und kurze HZI an, waren jeweils im langen HZI grundsätzlich signifikant stärkere Aktivierungen zu verzeichnen. Zudem zeigte sich bei der IOR (valide Bedingung im langen HZI) eine gesteigerte Aktivierung von mehreren kortikalen (die Großhirnrinde betreffenden) sowie subkortikalen (unter der Großhirnrinde liegenden) Strukturen, die beim Validitätseffekt (valide Bedingung im kurzen HZI) nicht zu beobachten waren. Dies lässt die Vermutung zu, dass die IOR in einer anderen neuronalen Struktur entsteht als der Validitätseffekt. Zudem wurden viele dieser neuronalen Strukturen, die bei Meyer und seinen Kollegen einzig bei der IOR aktiviert waren, in bisherigen Untersuchungen mit einer kontrollierten Aufmerksamkeitsorientierung in Zusammenhang gebracht, wie z.B. der posteriore parietale Cortex (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy, Shulman, 2000; Gitelman et al., 1999; Hopfinger et al., 2000). Es wäre demnach durchaus denkbar, dass die IOR zum Einen einen vom Validitätseffekt unabhängigen Mechanismus darstellt und zum Anderen nicht über

automatische, sondern über kontrollierte Aufmerksamkeitsprozesse in Gang gesetzt wird (Fuchs & Ansorge, 2012).

4.2 Die Aufmerksamkeit und das Bewusstsein

Es ist weithin bekannt, dass nicht alle Erfahrungen, die gemacht werden, bewusst ablaufen (Lamme, 2003). Ebenso weiß man, dass auch bei der Aufmerksamkeit nicht alle visuellen Informationen, die dargeboten sind, verarbeitet werden, sondern zu einem gegebenen Zeitpunkt nur ein Teil daraus herausgegriffen und der Rest ignoriert wird (siehe 1.1). Die Aufmerksamkeit und das Bewusstsein teilen demnach einen wesentlichen Mechanismus, den Prozess der Selektion. Aus diesem Grund wird der Bereich der visuellen Aufmerksamkeit, der beachtet wird, oftmals mit visueller Bewusstheit gleichgesetzt (Lamme, 2003). Das würde zum Einen bedeuten, dass jene Informationen, die außerhalb des Fokus liegen nicht ins Bewusstsein gelangen können. Umgekehrt wird damit impliziert, dass alle Informationen im beachteten Bereich dem Bewusstsein zugänglich sind. Erwiesenermaßen gibt es jedoch Reizmerkmale, die auch dann nicht das Bewusstsein erreichen, wenn sie beachtet werden, wie z.B. maskierte Reize (z.B. Breitmeyer & Ganz, 1976; Lamme, Zipser & Spekreijse, 2002).

Eine andere Sichtweise sieht eine Trennung von Aufmerksamkeit und Bewusstsein vor. Demzufolge wird bereits in einem vorauslaufenden Prozess die Bewusstheit von Informationen selektiert. Die Aufmerksamkeit selektiert dann nachfolgend als unabhängige Instanz, welche Information bewusst berichtet oder erinnert werden kann und welche ausgeblendet wird. Nach dieser Vorstellung hängt die Aufmerksamkeit folglich eher von der Erinnerungsleistung bzw. dem Arbeitsgedächtnis ab als vom Bewusstsein. D.h., die

Aufmerksamkeit entscheidet nicht, welche Inhalte bewusst werden, sondern ob genügend Speicher dafür vorhanden ist. Demnach wird vieles bewusst wahrgenommen, das ohne die Aufmerksamkeit jedoch schnell vergessen ist. Beispielhaft für diese Annahme ist die *Unaufmerksamkeitsblindheit* (engl.: inattentional blindness) (Lamme, 2003). Dieses Phänomen beschreibt, dass ein salientes Ereignis, das sich vor den Augen des Betrachters abspielt, nicht wahrgenommen wird, wenn sich der Betrachter zu diesem Zeitpunkt auf eine andere Aufgabe konzentriert (eine Übersicht bei Mack & Rock, 1998).

Die Vermutung, dass die Aufmerksamkeit und das Bewusstsein zwei voneinander unabhängige Instanzen darstellen, bildet Lamme (2003) in einem neurobiologischen Modell zur Weiterleitung von Information im Gehirn ab. Wie allgemein bekannt ist, verläuft der Informationsfluss des sensorischen Systems hierarchisch von unten nach oben ab. Entsprechend sind die Nervenzellen in den Gehirnstrukturen hierarchisch aufgebaut, so dass die ankommenden sensorischen Signale von unten nach oben weitergeleitet werden. Lamme und sein Kollege (Lamme 2003; Lamme & Roelfsema, 2000), nehmen nun an, dass die eingehenden Informationen zunächst eine Welle der Vorwärtskopplung (engl.: feedforward sweep) auslösen, die der Hierarchie folgend die Gebiete des Cortex nach und nach aktiviert. Diese erste Aktivierung nach dem Wahrnehmen eines Reizes erfolgt nach 40 ms. Nach etwa 120 ms sind alle kortikalen Gebiete inklusive des motorischen Cortex aktiviert. Durch die Welle der Vorwärtskopplung werden bereits sehr anspruchsvolle Informationen bereit gestellt (VanRullen & Thorpe, 2001). Jedoch finden Antworten auf dieser Verarbeitungsstufe noch unbewusst statt. Um Bewusstheit zu schaffen, wird eine rückwärtsgerichtete Verarbeitung (engl.: recurrent processing) benötigt. Diese beginnt, nachdem die Welle der Vorwärtskopplung das erste kortikale Areal aktiviert hat. Die aktivierten Zellen dieses Areals und des Areals, das zuvor aktiviert wurde kommunizieren

miteinander sowie untereinander und durch diese rückwärtsgerichtete Bearbeitung - so vermutet Lamme (2003) - entsteht eine bewusste Wahrnehmung. Das Modell findet durch eine Reihe von Untersuchungen Unterstützung (z.B. Lamme et al., 2002; Pascual-Leone & Walsh, 2001; Supèr, Spekreijse & Lamme, 2001). Ein für diese Untersuchung interessantes Beispiel ist die rückwärtsgerichtete Maskierung, die unter 4.4 kurz erklärt wird.

4.3 Subjektive und objektive Wahrnehmungsschwelle

Eine Abgrenzung, die sich für bewusste und unbewusste Wahrnehmungsprozesse bei der Vorgabe von Reizen etabliert hat, ist die Schwelle zum diskriminativem Antwortverhalten. Mit Diskrimination wird die Unterscheidung von Reizen (z.B. in bewusst und unbewusst) ausgedrückt. Man differenziert zwischen einer *objektiven* und einer *subjektiven Wahrnehmungsschwelle* (engl.: objective and subjective threshold). Die objektive Wahrnehmungsschwelle ist mit der Entdeckungsleistung von Reizen gleichzusetzen, die auf dem Zufallsniveau erbracht wird. Die subjektive Wahrnehmungsschwelle wird hingegen als Schwelle definiert, an welcher Reizinformationen auf dem Zufallsniveau entdeckt oder erkannt werden (Cheesman & Merikle, 1986). D.h., auch wenn von den Subjekten angegeben wird, dass der Reiz nicht bewusst wahrgenommen wurde, kann das diskriminative Antwortverhalten über dem Zufallsniveau liegen. Dies äußert sich darin, dass die Informationen der Reize überzufällig oft korrekt genutzt werden, obwohl es nicht bewusst passiert (McCormick, 1997). Diese Art der Wahrnehmung nennt man daher auch *subliminal*, während Wahrnehmungsprozesse über der subjektiven oder objektiven Wahrnehmungsschwelle als *supraliminal* bezeichnet werden. Zur Messung der subjektiven Reizschwelle werden die Versuchsteilnehmenden

direkt dazu befragt, ob sie den Reiz wahrgenommen haben oder nicht. Wenn allerdings fehlendes Vertrauen in die eigenen Wahrnehmungsurteile vorliegt, könnte dies dazu führen, dass es den Versuchspersonen misslingt, bewusste Inhalte zu berichten (Bjorkman, Juslin & Winman, 1993). Es bietet sich daher an, zur Messung der Bewusstheit auch einen Wert der objektiven Wahrnehmungsschwelle zu berücksichtigen. Als Standardmethode wird dafür das *Sensitivitätsmaß d'* (engl.: sensitivity measure d-prime) herangezogen, das auf die *Signalentdeckungstheorie* (engl.: signal detection theory) von Green und Sweets (1966) zurückgeht. Dabei handelt es sich um ein Modell zur Messung der Empfindlichkeit bei der Wahrnehmung von Reizen. Durch diese Methode werden zwei Prozesse bei der Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle berücksichtigt: Zum Einen der sensorische Prozess, der die subjektive *Reizsensitivität* beinhaltet, zum Anderen der Entscheidungsprozess, in dem die *Antworttendenz* zum Tragen kommt. So kann z.B. trotz individuell unterschiedlicher Antworttendenzen auf Reize festgestellt werden, ob die zu beurteilenden Personen die gleiche Reizsensitivität besitzen (Zimbardo & Gerrig, 2008). In Untersuchungen zur Signalentdeckung wird üblicherweise in mehreren Durchgängen ein Zielreiz (Signal) gleicher Intensität präsentiert. Da die Signalentdeckungstheorie ursprünglich für die Radartechnik entwickelt wurde (Peterson, Birdsall & Fox, 1954), besteht das Ziel darin, das Signal vom sogenannten Rauschen zu diskriminieren. Dabei gibt es auch Durchgänge, in welchen kein Signal erfolgt. Nach jedem Durchgang ist zu melden, ob das Signal vorhanden war oder nicht. Das Signal ist in der Regel von geringer Intensität und tritt stets mit dem Rauschen gemeinsam auf. Dadurch kann das Rauschen mit dem Signal verwechselt werden. Es wird demnach geprüft, wie gut Durchgänge mit dem Rauschen von Durchgängen mit dem Rauschen und dem Signal unterschieden werden können. Durch die Kombination aus Signal und Rauschen ergeben sich vier

Kombinationsmöglichkeiten: Das vorhandene Signal wird gemeldet (Treffer), das vorhandene Signal wird nicht gemeldet (Verpasser), ein nicht vorhandenes Signal wird gemeldet (falscher Alarm) und ein nicht vorhandenes Signal wird nicht gemeldet (korrekte Ablehnung). Die Methode der Signalentdeckung kann immer dann angewendet werden, wenn zu entscheiden ist, ob ein Signal bzw. ein Reiz aufgetreten ist oder nicht. Zur vollständigen Beschreibung der Diskriminationsleistung werden jene Möglichkeiten herangezogen, welche eine Antwort beinhalten, folglich die Treffer und die falschen Alarme. Die Sensitivität - damit ist der Grad der Überschneidung zwischen dem Signal und dem Rauschen gemeint - wird mit dem eingangs erwähnten Sensitivitätsmaß d' berechnet. Dazu werden jeweils die relativen Häufigkeiten der Treffer und der falschen Alarme z-transformiert und anschließend voneinander subtrahiert (falsche Alarme - Treffer). Wenn d' den Wert 0 annimmt, ist dies ein Kennzeichen dafür, dass zwischen dem Signal und dem Rauschen nicht diskriminiert werden konnte. Bezogen auf die Bewusstheit würde dies eine unbewusste Wahrnehmung des Reizes anzeigen. Ist $d' > 0$, liegt die Diskriminationsleistung über dem Zufallsniveau. Der Reiz wird dann bewusst wahrgenommen (Stanislaw & Todorov, 1999).

4.4 Subliminale Hinweisreize

Wie aus den Ausführungen in Punkt 4.2 und 4.3 hervorgeht, kann ein Reiz auch Aufmerksamkeit auf sich ziehen, wenn er nicht bewusst verarbeitet wird (Merikle, Smilek & Eastwood, 2001). Eine Möglichkeit, dies umzusetzen, besteht in der Methode der *Maskierung* (engl.: *masking*). Bei dieser Technik wird vor (vorwärtsgerichtete Maskierung) oder nach (rückwärtsgerichtete Maskierung) der Präsentation des zu maskierenden Reizes

ein anderer Reiz, die sogenannte *Maske* (engl.: mask), eingeblendet, der die bewusste Wahrnehmung des maskierten Reizes dämpfen oder gänzlich eliminieren soll. Dabei darf der zu maskierende Reiz nur sehr kurz vorgegeben werden, damit er nicht vollständig verarbeitet werden kann (eine Übersicht bei Breitmeyer & Ganz, 1976). Mit dem Modell von Lamme (2003) lässt sich die rückwärtsgerichtete Maskierung beispielhaft erklären: Durch die Präsentation des zu maskierenden Reizes wird eine Welle der Vorwärtskopplung ausgelöst, die sukzessive Zellen der kortikalen Areale aktiviert. Nach etwa 40 ms wird die Maske eingeblendet, wodurch eine rückwärtsgerichtete Verarbeitung des maskierten Reizes unterdrückt wird. Die weitere Verarbeitung des maskierten Reizes wird demnach durch die neue Welle der Vorwärtskopplung der Maske überdeckt, so dass der maskierte Reiz nicht bewusst wahrgenommen werden kann (Lamme, 2000; Lamme & Roelfsema, 2002; Lamme, Zipser & Spekreijse, 2002).

Ein sehr ähnliches Ergebnis wird erzielt, wenn man sich die *Flimmerverschmelzungsfrequenz* (engl.: flicker fusion frequency) (eine Übersicht bei Simonson & Brožek, 1952) in Kombination mit der Unaufmerksamkeitsblindheit (siehe 4.2) zu Nutze macht (z.B. Bauer, Cheadle, Parton, Müller & Usher, 2009; Fuchs & Ansorge, 2012; Mulckhuysen et al., 2007). Die Flimmerverschmelzungsfrequenz ist die „Frequenzgrenze, bei der intermittierende Lichtreize gerade keinen Flimmereindruck mehr hervorrufen.“ (Eysel, 2010). D.h., die Flimmerverschmelzungsfrequenz stellt jene Grenze dar, ab welcher ein immer wiederkehrender Reiz nicht als Flimmern, sondern als ein durchgängiger Reiz wahrgenommen wird. Damit wiederholt präsentierte Reize als ein Reiz empfunden werden, muss die Frequenzgrenze zwischen 22 und 90 Hertz liegen (Eysel, 2010). Möchte man also einen Reiz subliminal präsentieren, kann er mit Hilfe der Flimmerverschmelzung und der Tatsache, dass ein externes Ereignis nicht gesehen wird,

wenn die Aufmerksamkeit auf ein anderes Ziel ausgerichtet ist, maskiert werden. Z.B. kann der Reiz zunächst einzeln präsentiert und durch eine darauffolgende zusätzliche Einblendung identischer Reize an anderen Positionen verdeckt werden. Anders ausgedrückt: Durch die Flimmerverschmelzung der sukzessiven Reizbeginne soll eine bewusste Wahrnehmung des zuvor singularär eingeblendeten Reizes unterbunden werden. Diese Technik kam, basierend auf der Studie von Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007), in dieser Arbeit zur Anwendung, um Hinweisreize unter der Wahrnehmungsschwelle zu präsentieren (siehe auch Fuchs & Ansorge, 2012).

Es gibt noch eine Reihe anderer Methoden, Reize unter der bewussten Wahrnehmungsschwelle zu präsentieren, wie z.B. die Luminanzen der Reize zu manipulieren, indem die Helligkeit und der Kontrast zum Hintergrund systematisch verändert werden (z.B. McCormick, 2007; Mele, Savazzi, Marzi & Berlucchi, 2008). Um die Untersuchung dieser Arbeit nachvollziehen zu können, wurde eine Auswahl der dafür entscheidenden Techniken vorgestellt.

4.5 Subliminale Hinweisreizprozeduren und die IOR

McCormick (1997) untersuchte den Einfluss unbewusster Hinweisreize auf die verdeckten Verlagerungen der Aufmerksamkeit. Dazu verwendete er eine Hinweisreizprozedur mit abrupt einsetzenden peripheren Hinweisreizen in einer bewussten und unbewussten Bedingung. Zur Schaffung einer unbewussten Bedingung wurde ein dunkelgrauer Hinweisreiz auf einem schwarzen Bildschirm präsentiert. Zusätzlich wurde das Licht im Testraum eingeschaltet und der Kontrast und die Helligkeit am Bildschirm wurden verringert. In der bewussten Bedingung wurde hingegen ein weißer Reiz

vorgegeben, das Licht im Testraum ausgeschaltet und die Helligkeit und der Kontrast des Bildschirms hoch gestellt. Jedoch verwendete McCormick (1997) keine zentralen Hinweisreize. Um trotzdem einen Vergleich zwischen kontrollierten und automatischen Verlagerungen der Aufmerksamkeit anstellen zu können, wählte er einen anti-prädiktiven Hinweisreiz, der zu 15 % auf der Position des Zielreizes und zu 85 % auf der entgegengesetzten Position erschien. Diese Vorgehensweise erklärt sich folgendermaßen: da ein zentraler Hinweisreiz sich nicht an der Position des Zielreizes befindet, benötigt er normalerweise eine absichtlich gesteuerte Verlagerung der Aufmerksamkeit, um den Zielreiz an den peripheren Positionen zu entdecken. Wenn ein peripherer Hinweisreiz abrupt eingeblendet wird, zieht er zunächst Aufmerksamkeit auf sich. Wird die Information des peripheren Hinweisreizes in der bewussten Bedingung genutzt, kann die Aufmerksamkeit auf die Position gerichtet werden, auf der der Zielreiz in der Mehrheit der Fälle auftritt (85%). D.h., um den Zielreiz zu entdecken muss die Aufmerksamkeit absichtlich auf die dem Hinweisreiz entgegengesetzte Position verlagert werden. Die Versuchsteilnehmenden wurden genauestens über den Versuchsablauf und die Vorhersagekraft des Hinweisreizes informiert. Die Sichtbarkeit der Hinweisreize wurde über die subjektive Wahrnehmungsschwelle (siehe 4.3) nach jedem Durchgang erhoben. McCormick (1997) ging davon aus, dass bei unbewusst wahrgenommenen Hinweisreizen keine kontrollierte Verarbeitung zustande kommen kann, während automatische Prozesse auch unter der bewussten Wahrnehmungsschwelle nachweisbar sein müssten. Es zeigte sich: wurden die Hinweisreize bewusst wahrgenommen, richteten die Versuchsteilnehmenden ihre Aufmerksamkeit bereits bei kurzem HZI auf die Position, an dem der Zielreiz am wahrscheinlichsten erschien. Dies drückt sich in schnelleren Reaktionszeiten für Zielreize an der anderen Position aus. Da zum Lokalisieren des Zielreizes eine absichtsgesteuerte

Loslösung vom anti-prädiktiven Hinweisreiz erfolgen muss, kann angenommen werden, dass hier ein absichtlicher Gebrauch der Hinweisreize zu diesem Effekt geführt hat. Für Hinweisreize, die unter der subjektiven Wahrnehmungsschwelle präsentiert wurden, ergaben sich bei einem kurzen HZI hingegen schnellere Reaktionszeiten für Zielreize, die an der Position des Hinweisreizes auftauchten im Vergleich zu Zielreizpositionen ohne Hinweisreiz. Dies spricht für eine automatische Verarbeitungsweise der unbewussten Hinweisreize (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010). Bei langem HZI konnte jedoch kein IOR beobachtet werden (McCormick, 1997).

Eine mögliche Erklärung für das Ausbleiben der IOR liegt in der Relevanz des Hinweisreizes. Durch die Prüfung der Sichtbarkeit des Hinweisreizes nach jedem Durchgang und durch die Instruktion, den Zielreiz an der dem Hinweisreiz entgegengesetzten Position zu erwarten, hatten die Versuchsteilnehmenden womöglich die Absicht gebildet, den Hinweisreiz zu suchen (McCormick, 1997; Ivanoff & Klein, 2003; Mulckhuyse & Theeuwes, 2010). Zur Überprüfung von Effekten der Aufmerksamkeitsverlagerung sind relevante Hinweisreize im Verhältnis zu irrelevanten besser geeignet, da sie die Aufmerksamkeit länger am Ort des Hinweisreizes halten. Wie bereits zuvor ersichtlich wurde (siehe 3.2.3.1), führen relevante Hinweisreize jedoch zu einer absichtsgesteuerten Verarbeitung, so dass hier nicht auf rein automatische Prozesse geschlossen werden kann (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010). Zudem war der Hinweisreiz informativ bezüglich der Zielreizposition, was die Suchabsicht womöglich verstärkt hat (Ivanoff und Klein, 2003).

Ivanoff und Klein (2003) griffen die Studie von McCormick (1997) auf und beseitigten die geäußerten Kritikpunkte, indem sie unbewusst wahrgenommene Hinweisreize einsetzten, die keine Informationen über die Zielreizposition enthielten und

irrelevant zur Aufgabenstellung waren. Somit sollte bei vorliegenden Effekten auf rein automatische Verarbeitungsprozesse geschlossen werden können. Zur Umsetzung der unbewussten Wahrnehmung der Hinweisreize setzten sie die Technik der Metakontrast-Maskierung ein. Das ist eine Form der rückwärtsgerichteten Maskierung, bei der der zu maskierende Reiz von der Maske räumlich nicht überdeckt wird (Breitmeyer & Ganz, 1976). Dazu wurde zuerst der Hinweisreiz (schwarzer Ring) eingblendet. In der Hälfte der Durchgänge folgten zwei schwarze im Umfang größere Ringe links und rechts vom Fixationskreuz, die den Hinweisreiz verdeckten, ohne die exakt gleiche räumliche Position einzunehmen. Der Zielreiz folgte als schwarzer oder grauer Punkt, wobei letzterer nicht beantwortet werden sollte. Es wurden zwei Bedingungen geschaffen: eine mit Erhebung der subjektiven Wahrnehmungsschwelle nach jedem Durchgang und eine ohne. Für maskierte Reize konnten in der Bedingung mit Erhebung der subjektiven Wahrnehmungsschwelle die Ergebnisse von McCormick (1997) repliziert und deren Zutreffen auf nicht-prädiktive Hinweisreize erweitert werden. D.h., Validitätseffekte bei kurzem HZI und kein IOR im langen HZI. In der Bedingung ohne Erhebung der subjektiven Wahrnehmungsschwelle zeigte sich bei langem HZI zusätzlich der IOR-Effekt, der bei McCormick (1997) ausblieb. Durch die Irrelevanz der Hinweisreize ergab sich allerdings eine neue Problematik: Da sich die Aufmerksamkeit zu schnell von der Position des Hinweisreizes löste, konnten keine Validitätseffekte gemessen werden. Ivanoff und Klein (2003) vermuteten, dass sie durch die frühe Loslösung vom Hinweisreiz von frühen IOR-Effekten überdeckt wurden. Daraus schlossen sie, dass ein Validitätseffekt sich nur dann zeigt, wenn der Hinweisreiz auch tatsächlich zu den Suchabsichten passt (vgl. Folk et al., 1992).

Mulckhuyse und ihre Kollegen (2007) versuchten alle störenden Variablen vorausgehender Untersuchungen zu berücksichtigen, um einen rein automatischen

Verlagerunseffekt zu erzielen. Dafür wendeten sie Hinweisreize (graue Scheiben) an, die dem Zielreiz (schwarzer Punkt) weder ähnelten (Irrelevanz) noch Informationen über die Zielreizposition enthielten (50 % Validität). Des Weiteren wurde keine Information über geeignete Antwortstrategien gegeben. Die Erhebung der subjektiven Wahrnehmungsschwelle erfolgte zudem nicht nach jedem Durchgang, sondern wurde einmalig nach Durchführung des gesamten Blocks erfragt. In einem anschließenden Block wurde außerdem zusätzlich die objektive Wahrnehmungsschwelle ermittelt. Um eine vorzeitige Loslösung der Aufmerksamkeit vom Hinweisreiz zu verhindern, setzten sie ein HZI, das klein genug war (16 ms), um die Aufmerksamkeit beizubehalten. Zur unbewussten Wahrnehmung der Hinweisreize kam die unter 4.4 erklärte Flimmerverschmelzung zur Anwendung. Hierfür folgten nach dem Einblenden des Hinweisreizes zwei weitere graue Scheiben gleicher Größe, Farbe und Luminanz, die als Platzhalter für die Positionen eingesetzt wurden. Ein schematischer Ablauf der Hauptuntersuchung ist in Abbildung 2 zu finden. Im anschließenden Block wurde die Instruktion gegeben, die Zielreize zu ignorieren. Stattdessen sollten die Teilnehmenden versuchen zu bestimmen, welche der beiden Hinweisreize, die auf der linken und rechten Seite erschienen, zuerst eingeblendet wurden. Als Ergebnisse der Hauptuntersuchung erhielten Mulckhuysen und ihre Kollegen (2007) Validitätseffekte im kurzen HZI und IOR-Effekte im langen HZI. Die Autoren folgerten daraus, dass die Untersuchung rein automatische Verlagerungseffekte der Aufmerksamkeit demonstrierte und die IOR, da sie dem Validitätseffekt zeitlich nachfolgt, Teil eines gemeinsamen Prozesses ist.

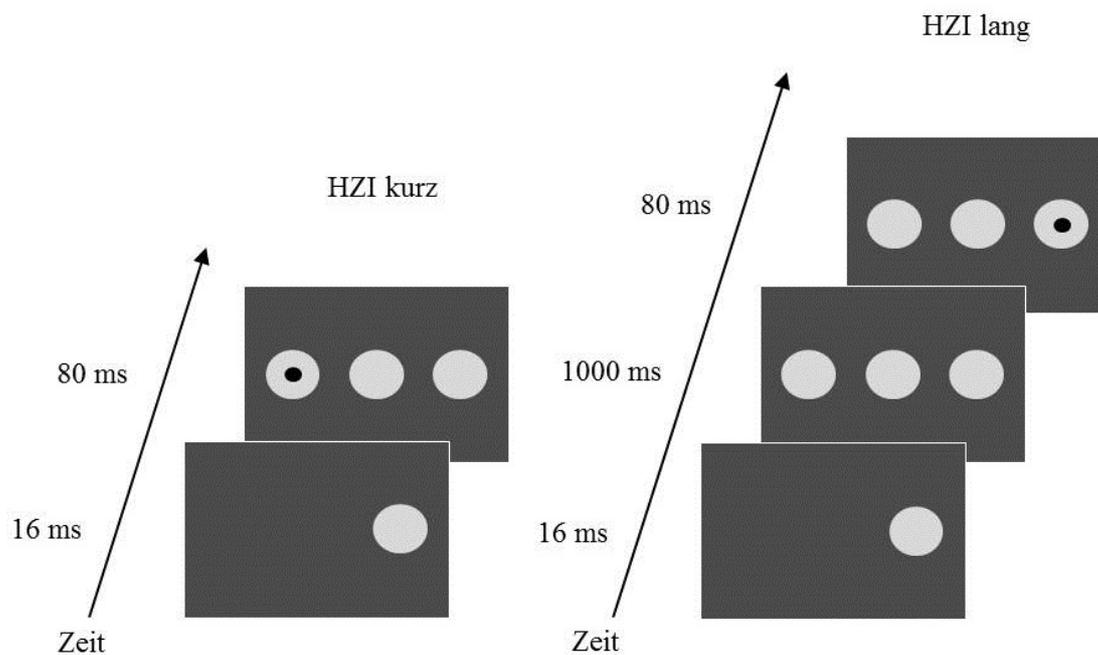


Abbildung 2: Schematische Darstellung der wesentlichen Bildschirmabfolge bei Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) in der unbewussten Bedingung mit validem (links) und nicht-validem Hinweisreiz (rechts).

4.6 Hinführung zur Fragestellung

Der IOR-Effekt kann demnach über eine absichtlich gesteuerte Aufmerksamkeitskontrolle bei zentralen Hinweisreizen beseitigt (z.B. Posner & Cohen, 1984) und bei bewusst wahrgenommenen anti-prädiktiven Hinweisreizen verstärkt werden (z.B. McCormick, 1997). Letzteres konnte bei unbewusst wahrgenommenen Hinweisreizen nicht beobachtet werden (McCormick, 1997), wohingegen nicht-prädiktive Hinweisreize bei ausreichend kurzem HZI zu einem IOR-Effekt führten (Mulckhuyse et al., 2007). Kritisch anzumerken ist jedoch, dass der IOR-Effekt bei Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) womöglich durch eine Passung der Suchabsicht für Hinweis- und Zielreize zustande kam (Fuchs & Ansorge, 2012). Der graue Hinweisreiz erschien auf einem dunkelgrauen Hintergrund und blieb beim Erscheinen des schwarzen Zielreizes eingeblendet. Durch die

Ähnlichkeit im Kontrast von Hintergrund und Zielreiz könnte der Hinweisreiz wie ein grauer Ring gewirkt haben. Somit würde der so entstandene graue Ring mit dem grauen Hinweisreiz bezüglich der Kontrastpolarität in der Suchabsicht übereinstimmen und wäre als relevant zur Aufgabe einzustufen (Fuchs & Ansorge, 2012). Wie aus Ergebnissen der Hinweisreizprozedur und der visuellen Suche hervorgeht (siehe 3.2.3.2), muss ein Hinweisreiz zum Auslösen rein automatischer Prozesse zwei Voraussetzungen erfüllen: Zum Einen darf er keine Information über die Zielreizposition enthalten und zum Anderen darf er bezüglich der Merkmale, die für den Zielreiz relevant sind, nicht zu den Suchabsichten passen. Letzteres gilt jedoch nicht für die Entstehung der IOR. In der Untersuchung von Gibson und Amelio (2000) zeigte sich die IOR nur dann, wenn der Hinweis- und Zielreiz in der Suchabsicht übereinstimmten (siehe 3.2.3.2). Da eine Kontrastabhängigkeit bei Mulckhuysen und ihren Kollegen (2007) nicht abgeklärt wurde, könnte folglich die IOR durch eine Passung der Suchabsichten bezüglich der Kontrastpolaritäten entstanden sein. Ob eine IOR demnach tatsächlich durch unbewusste Hinweisreize auf einem automatischen Verarbeitungsweg entsteht oder doch vorwiegend unter dem Einfluss kontrollierter Prozesse in Gang gesetzt wird, bliebe noch zu klären. Fuchs und Ansorge (2012) widmeten sich dieser Frage in 5 Experimenten. Dazu zogen sie die Prozedur von Mulckhuysen und ihren Kollegen (2007) heran und führten Modifikationen bezüglich der Kontraste durch. Verwendet wurden sowohl weiße als auch schwarze Reize, die zu einem grauen Hintergrund die gleiche Kontraststärke aufwiesen. Da die Aufmerksamkeit hauptsächlich über die Kontraststärke und nicht über die Farbe bzw. Polarität automatisch verlagert wird, sollten sich die Reize auf diese Weise in ihrer Salienz nicht voneinander unterscheiden (Steinman, Steinman & Lehmkuhle, 1997). Als Zielreiz wählten Fuchs und Ansorge (2012) eine Scheibe, der Hinweisreiz wurde als Ring dargestellt. Um eine Kontrastabhängigkeit

feststellen zu können, wurden die Kontrastpolaritäten zwischen Hinweis- und Zielreiz variiert und eine Bedingung mit gleicher und mit entgegengesetzter Kontrastpolarität realisiert. Somit wurde die Passung der Suchabsichten bezüglich des Kontrastes miterhoben. So gab es bei entgegengesetzter Kontrastpolarität die Möglichkeit, bei einem schwarzen Hinweisreiz nach einem weißen Zielreiz und bei einem weißen Hinweisreiz nach einem schwarzen Zielreiz zu suchen. Umgekehrt ergab sich für die Bedingung mit gleicher Kontrastpolarität ein weißer Hinweisreiz mit nachfolgendem weißen Zielreiz oder ein schwarzer Hinweisreiz mit nachfolgendem schwarzen Zielreiz. Der Hinweisreiz enthielt keine Information über die Zielreizposition. Um mögliche Verlagerungseffekte der Aufmerksamkeit messen zu können, erfolgte die Vorgabe von Hinweis- und Zielreizen bei kurzem und langem HZI. Damit sich die Aufmerksamkeit nicht zu schnell vom Hinweisreiz löst und Validitätseffekte sichtbar gemacht werden können, wurde wie bei Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) ein ausreichend kleines HZI (16 ms) verwendet. Zur Umsetzung der unbewussten Wahrnehmung der Hinweisreize wurde die Technik der Flimmerverschmelzung von Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) übernommen. Das heißt im Konkreten: Bei einem kurzen HZI wurde nach der Präsentation des Hinweisreizes der Zielreiz gemeinsam mit drei weiteren zum Hinweisreiz identischen Reizen (Platzhalter) eingeblendet, bei einem langen HZI folgte der Zielreiz 1000 ms nach Vorgabe der Platzhalter (Abbildung 3). Als Maß für automatische Verlagerungseffekte galten im kurzen HZI schnellere Reaktionszeiten auf Zielreize, die an der gleichen Position (GP) wie der Hinweisreiz erschienen im Vergleich zu Zielreizen, die an einer anderen Position (AP) präsentiert wurden. Die IOR wurde anhand von langsameren Reaktionszeiten auf Zielreize an der GP im Verhältnis zu Zielreizen an der AP im langen HZI gemessen. Zur Überprüfung der Sichtbarkeit der Hinweisreize wurden sowohl die subjektive als auch die objektive

Wahrnehmungsschwelle nach dem Vorbild von Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) erhoben.

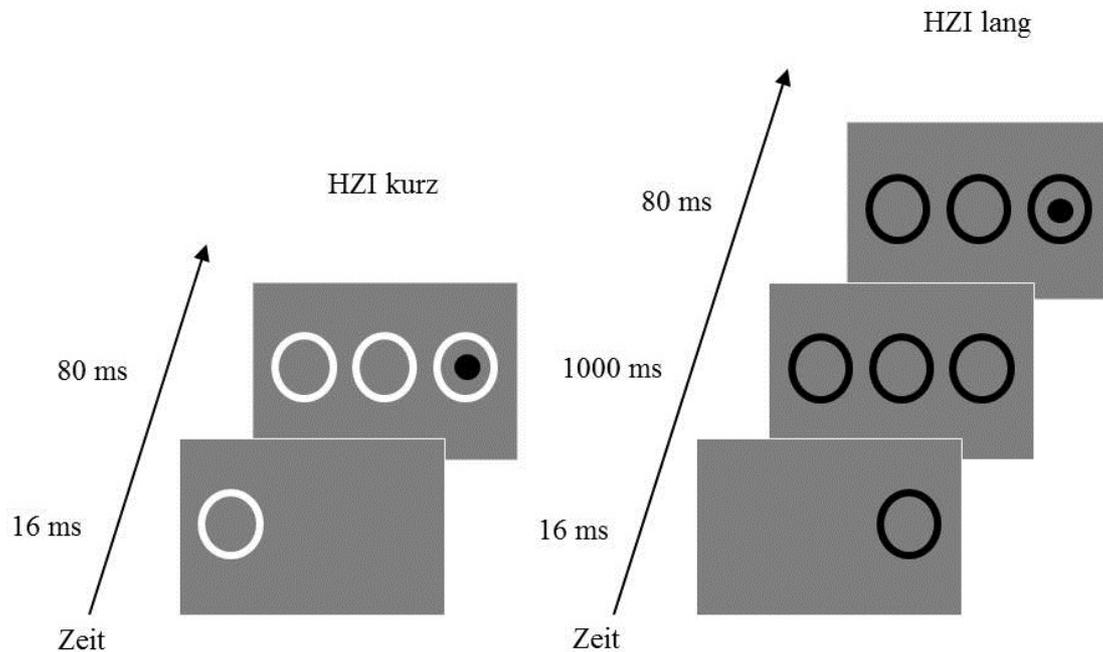


Abbildung 3: Schematische Darstellung der wesentlichen Bildschirmabfolgen in der unbewussten Bedingung mit entgegengesetzter Kontrastpolarität (links) und gleicher Kontrastpolarität (rechts) von Hinweis- und Zielreiz (Fuchs & Ansorge, 2012).

Die Ergebnisse zeigten bei kurzem HZI sowohl für die Bedingung mit gleicher als auch für die Bedingung mit entgegengesetzter Kontrastpolarität einen Validitätseffekt. Es kann somit angenommen werden, dass die hier eingesetzten Hinweisreize zu einer rein automatischen Verarbeitung geführt haben. Jedoch zeigte sich im langen HZI keine IOR, wie das bei Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) der Fall war. Um mögliche Störeinflüsse auszuschließen, die die Entstehung einer IOR verhindert haben könnten, wurden drei weitere Experimente durchgeführt. In Experiment 2 kamen Zwischenintervalle von 50, 100, 200, 300 und 700 ms zum Einsatz, falls das HZI von 1000 ms zu lang gewesen sein sollte, um einen IOR-Effekt abbilden zu können. Da Zielreize mit schwächerem Kontrast zu einem größeren IOR-Effekt führen können als Zielreize mit stärkerem Kontrast (z.B. Hunt &

Kingstone, 2003), wurde in Experiment 3 der Einfluss der Kontraststärke gemessen. Dies wurde realisiert, indem Hinweisreize mit starkem Kontrast und Zielreize mit schwachem Kontrast unter vier verschiedenen HZI eingesetzt wurden. Des Weiteren haben Fuchs und Ansorge (2012) in Experiment 4 berücksichtigt, dass Mulckhuyse und ihre Kollegen (2007) sowohl andere Luminanzwerte für die Reize als auch einen anderen Bildschirmmonitor - statt einem TFT ein CRT Monitor - verwendet hatten. Daher wurden die Luminanzwerte der Zielreize aus der eigenen Untersuchung (Fuchs und Ansorge, 2012) mit jenen aus der Studie von Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) verglichen. In allen Experimenten (2 bis 4) zeigten sich Validitätseffekte im kurzen HZI, aber kein IOR im langen HZI. Die Hinweisreize wurden zudem subjektiv unbewusst wahrgenommen. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass automatische Aufmerksamkeitsverlagerungen auch durch unbewusst wahrgenommene Hinweisreize ausgelöst werden können (Fuchs und Ansorge, 2012).

Da sich die IOR unter Vorgabe nicht-prädiktiver Hinweisreize, die unbewusst wahrgenommen wurden, nicht zeigte und dies vermutlich auf damit verbundene automatische Verarbeitungsprozesse zurückzuführen ist, sollte die IOR unter Bedingungen, die einen kontrollierten Verarbeitungsprozess beinhalten, sichtbar werden. Dies wird im letzten und fünften Experiment von Fuchs und Ansorge (2015) ergründet und ist Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit.

4.7 Fragestellung und Hypothesen

In der folgenden Untersuchung wird die Wirkungsweise von bewusst und unbewusst wahrgenommenen Hinweisreizen auf die Steuerungsprozesse der Aufmerksamkeit geprüft.

Dabei soll geklärt werden, ob die IOR Teil eines biphasischen Prozesses ist, welches einen automatischen Verarbeitungsmechanismus kennzeichnet oder ob sie als unabhängiger Prozess über den Einfluss eines kontrollierten Verarbeitungsmechanismus gesteuert wird.

Das hier verwendete Reizmaterial ist identisch mit dem Reizmaterial aus Experiment 1 von Fuchs und Ansorge (2012). Abweichungen betreffen die Vorhersagbarkeit des Hinweisreizes und das Hinzufügen einer bewussten Bedingung. Wie bei McCormick (1997) wurden bewusst und unbewusst wahrgenommene Hinweisreize, die häufiger an der entgegengesetzten Position des Zielreizes erscheinen, präsentiert. Dies hat den Hintergrund, dass, anders als in den Experimenten zuvor nun ein absichtlicher Gebrauch der Hinweisreize gewünscht ist, um die Verlagerungseffekte zu untersuchen. Zu einer erfolgreichen Zielreizendeckung müsste eine absichtliche Verlagerung der Aufmerksamkeit zur AP erfolgen, da der Zielreiz hier häufiger anzutreffen ist. Bei absichtlichem Gebrauch des Hinweisreizes würde sich dies durch schnellere Reaktionszeiten für die Zielreize der AP ausdrücken. Umgekehrt macht sich der IOR-Effekt bei anti-prädiktiven Hinweisreizen durch langsamere Reaktionszeiten für Zielreize an der GP bemerkbar. Zu erwarten sind schnellere Reaktionszeiten bei kurzem HZI in der bewussten Bedingung. Hingegen sollte sich in der unbewussten Bedingung im kurzen HZI ein Validitätseffekt zeigen. D.h., schnellere Reaktionszeiten für Zielreize an der GP im Vergleich zur AP.

Für die IOR ergeben sich folgende Überlegungen: Sollte die IOR durch automatische Prozesse entstehen, sind für die bewusste und unbewusste Bedingung keine Unterschiede in den IOR-Effekten zu erwarten. Eine automatische Verarbeitung bei langem HZI würde unabhängig von der bewussten Wahrnehmung der Hinweisreize zu einem ähnlichem Widerwillen führen, die bereits beachteten Positionen der Hinweisreize erneut aufzusuchen. Beruht die IOR auf kontrollierten Prozessen, sollten in der bewussten Bedingung im

I Theoretischer Hintergrund

Vergleich zur unbewussten Bedingung langsamere Reaktionszeiten an der GP im langen HZI erfolgen. Die Aufmerksamkeit müsste hier willentlich auf jene Position gelenkt werden, an der der Hinweisreiz vorher nicht aufscheint, der Zielreiz jedoch häufiger präsentiert wird.

II. Methode

Zur Untersuchung werden folgende Punkte näher erläutert: Die Daten zu den Versuchsteilnehmenden (siehe 2.1), die eingesetzten Apparaturen mit den dazugehörigen technischen Daten (siehe 2.2), die angewendete Prozedur inklusive dem dargebotenen Reizmaterial (siehe 2.3) sowie der Ablauf der Untersuchung (siehe 2.4).

1. Versuchsteilnehmende

An der Untersuchung nahmen 14 weibliche und 2 männliche Studierende im Alter von 20 bis 40 Jahren teil. Das Durchschnittsalter der insgesamt 16 Versuchspersonen liegt bei 24 Jahren. Um Beeinträchtigungen des Sehvermögens während der Bearbeitung des Untersuchungsmaterials auszuschließen, wurde jeweils kurz vor der eigentlichen Untersuchung ein geeigneter Lesetest durchgeführt. So konnte bei allen Beteiligten eine normale bzw. eine in die Normalsichtigkeit korrigierte Sehkraft festgestellt werden. Da das Experiment eine manuelle Antwort verlangte, wurde zudem die Händigkeit der Teilnehmenden erfasst (13 Rechts- und 3 Linkshänder).

Bei allen Testpersonen handelt es sich um PsychologiestudentInnen der Universität Wien. Diese wurden dem Experiment über die Online-Rekrutierungsplattform (RSAP) bzw. das Online-Versuchspersonenmanagementsystem (VPMS) des Instituts für psychologische Grundlagenforschung und Forschungsmethoden der Universität Wien zugewiesen. Die Teilnahme ist freiwillig und beinhaltet den Erhalt von Bonuspunkten, die bei gegebener Anzahl für gewisse Annehmlichkeiten im Studium eingesetzt werden können. Da für das vorliegende Experiment nicht das Leistungsverhalten bewertet wird, sondern allgemeine

Funktionsweisen des visuellen Systems von Interesse sind, ist die Studienrichtung der teilnehmenden Personen nicht mit Vorteilen im Testverhalten zu verbinden. Bei der Verteilung auf die verschiedenen Untersuchungen wird außerdem stets darauf geachtet, dass eine gemeldete Testperson nicht wiederholt für die gleiche Art von Experiment rekrutiert wird.

2. Apparaturen und technische Daten

Die Untersuchung wurde über Computer (DELL Optiplex 980) erfasst. Als Bildschirme dienten 19 Zoll TFT Flachmonitore von ACER mit einer Auflösung von 1024 x 768 Punkte pro Zoll und einer Bildwiederholfrequenz von 60 Hertz. Um optische Störeinflüsse weitestgehend zu vermeiden, wurde der Testraum abgedunkelt. Als einzige Lichtquelle dienten kleine Lampen, die jeweils zentral hinter den Monitoren platziert wurden, so dass keine Lichtreflexionen auf den Bildschirmen entstehen können. Damit die Augen während der Testung kontinuierlich nach vorne sowie im selben Abstand zum Zentrum des Bildschirms gerichtet sind, wurden die Köpfe der Versuchspersonen in dafür vorgesehenen Kinnstützen jeweils 56 cm zum Monitor entfernt fixiert. Dabei wurde auf eine individuell bequeme Sitzhöhe geachtet. Die Beantwortung der Aufgaben erfolgte manuell per Tastendruck auf einer Standardcomputertastatur. In Block I wurde zur Beantwortung eines Durchgangs das Drücken der Leertaste gefordert. Block II verlangte eine Wahlreaktion zwischen der Taste „x“ für links und der Taste „,“ für rechts. Um diese beiden Tasten problemlos korrekt bedienen zu können, wurden sie markiert. Zur Programmierung des Designs, zur visuellen Darbietung des Reizmaterials sowie zur Datensammlung während der Testung kam die Software „Experiment Builder“ von SR Research zum Einsatz.

3. Prozedur und Reizmaterial

Die Untersuchung unterteilte sich in zwei Blöcke. Block I (Detektionsaufgabe) stellte den eigentlichen Versuch dar und beinhaltete insgesamt 240 Durchgänge. Block II (Diskriminationsaufgabe) diente der Feststellung der objektiven Wahrnehmungsschwelle und umfasste 80 Durchgänge. Die Durchgänge pro Block wurden in randomisierter (d.h., zufälliger) Reihenfolge vorgegeben. Beide Blöcke enthielten eine bewusste und unbewusste Bedingung, die blockweise getrennt realisiert wurden. Die entsprechende Blockabfolge wurde über die Versuchsteilnehmenden balanciert (d.h., gleichmäßig verteilt). Jeweils bei der Hälfte der Durchgänge von Block I und II wurde ein kurzes (16 ms) bzw. ein langes (1016 ms) HZI gesetzt. Als Hinweisreiz diente ein Ring von $3.0^\circ \times 3.0^\circ$ Größe und 0.25° Stärke, als Zielreiz eine Scheibe ($1.9^\circ \times 1.9^\circ$ Größe). Sowohl der Ziel- als auch der Hinweisreiz wurden in zwei unterschiedlichen Luminanzen präsentiert: in schwarz ($23 \text{ cd} / \text{m}^2$) und in weiß ($122 \text{ cd} / \text{m}^2$).

In Block I suchten acht Versuchsteilnehmer durchgehend nach einer schwarzen und acht nach einer weißen Scheibe, während der Hinweisreiz bei allen Versuchspersonen jeweils zu 50% die gleiche oder die dem Zielreiz entgegengesetzte Kontrastpolarität aufwies. Der Suchhintergrund war grau ($27.5 \text{ cd} / \text{m}^2$) mit einem Weber-Kontrast von $c_w = \pm 0.68$ für die hier verwendete Luminanz von schwarz und weiß. Der Hinweisreiz wurde mit einer Exzentrizität von 6.7° links oder rechts vom zentralen Fixationskreuz präsentiert. In der unbewussten Bedingung folgten nach 16 ms zusätzlich zwei weitere Ringe in der selben Luminanz und der selben Größe als Platzhalter auf der Position in der Mitte und auf der gegenüberliegenden Seite des Hinweisreizes. Die Scheibe wurde entweder links oder rechts

II. Methode

im Zentrum der Ringe eingeblendet. Bei einem kurzen HZI (16 ms) erschien der Zielreiz zeitgleich mit den Platzhaltern, bei einem langen HZI 1000 ms danach. Die bewusste Bedingung wurde geschaffen, indem die zusätzlichen Platzhalter für das kurze und lange HZI weggelassen wurden, um den Hinweisreiz wieder sichtbar zu machen (Abbildung 4).

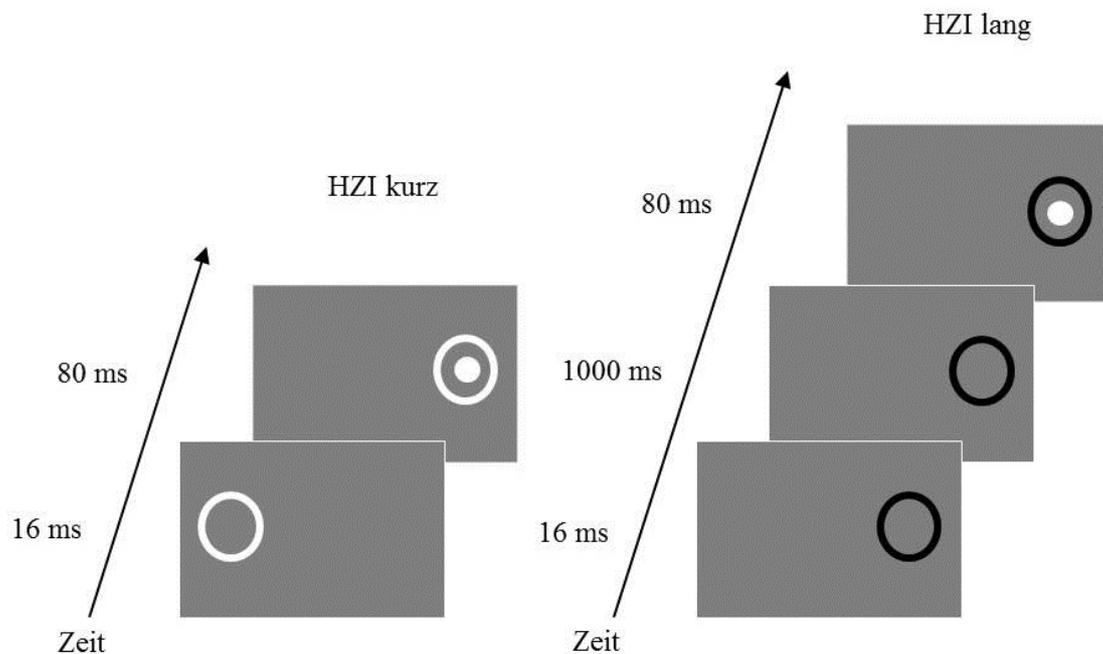


Abbildung 4: Schematische Darstellung der wesentlichen Bildschirmabfolgen in der bewussten Bedingung mit gleicher Kontrastpolarität (links) und entgegengesetzter Kontrastpolarität (rechts) von Hinweis- und Zielreiz (Fuchs und Ansorge, 2012).

In 25% der Fälle erschien der Hinweisreiz an der GP wie der Zielreiz und zu 75% an der AP. 20% der Durchgänge enthielten nach dem Hinweisreiz keinen Zielreiz (engl.: catch trials) und sollten demnach auch nicht beantwortet werden. Diese dienten als Maß für die falschen Alarme. Die Bildschirmabfolge eines Durchgangs wurde für das lange HZI der bewussten Bedingung folgendermaßen vorgegeben: Fixationskreuz (1000 ms), leerer grauer Bildschirm (200 ms), Hinweisreiz (1016 ms), Zielreiz (80 ms), leerer Bildschirm (1000 ms). Die gleiche Abfolge galt für das kurze HZI, wobei hier der Hinweisreiz nur für 16 ms eingeblendet wird. Für die unbewusste Bedingung wurde die Reihenfolge der Bilder im

langen HZI wie im Experiment 1 von Fuchs und Ansorge (2012) vorgegeben: Fixationskreuz (1000 ms), leerer grauer Bildschirm (200 ms), Hinweisreiz (16 ms), Platzhalter (1000 ms), Zielreiz (80 ms), leerer Bildschirm (1000 ms). Um das kurze HZI zu erhalten, wurden die Platzhalter weggelassen.

4. Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung wurde an drei unterschiedlichen Terminen in Gruppen (maximal 6 gleichzeitig) durchgeführt. Als Teilnahmevoraussetzung am Experiment wurde zu Beginn von jedem Proband eine Einverständniserklärung eingeholt. Nachdem ein kurzer Lesetest zur Feststellung des Sehvermögens durchgeführt sowie die Händigkeit erfasst wurden, hat man die Teilnehmenden über den genauen Ablauf der Untersuchung mündlich informiert und anschließend auf die Computerplätze verteilt. Es wurde darum gebeten, den Blick mit Hilfe der Kinnstützen und des Fixationskreuzes durch die gesamte Testung hindurch auf die Bildschirmmitte gerichtet zu halten und die Aufgaben möglichst in Ruhe zu bearbeiten. Die Instruktionen zu den Aufgaben wurden schriftlich auf dem Bildschirm vorgegeben. Um Verständnisprobleme zu vermeiden, hat man vor jeder Bedingung (bewusst und unbewusst) eines Blocks (I und II) Probedurchgänge durchführen lassen. Dabei wurde die Rückmeldung gegeben, ob die jeweiligen Durchgänge richtig, falsch oder zu langsam beantwortet wurden. Nach dem ersten Probedurchgang eines jeden Blocks hatten alle Teilnehmenden nochmals die Möglichkeit, bei Bedarf Fragen zu stellen. Im Anschluss wurden die Blöcke gestartet. Für Block I sollte zur Beantwortung die Leertaste gedrückt werden. Wurde ein Durchgang zu langsam oder falsch beantwortet, bekamen die Versuchspersonen jeweils eine entsprechende Rückmeldung am Bildschirm. Nach Beendigung des Experiments hat man

II. Methode

die Testpersonen zur Überprüfung der subjektiven Wahrnehmungsschwelle nach der Sichtbarkeit der Hinweisreize in Block I befragt. Vor Block II wurden die Versuchspersonen instruiert, auf den Hinweisreiz zu achten und über die gekennzeichneten Tasten für links und rechts eine Wahl darüber zu treffen, auf welcher Seite der Hinweisreiz zuerst erschien. Im Hauptteil von Block II wurde keine Rückmeldung mehr über richtig oder zu langsam beantwortete Durchgänge gegeben. Die Testung dauerte insgesamt circa 20 Minuten.

III Ergebnisse

Vor einer weiteren Analyse der Ergebnisse wurden unbrauchbare Daten eliminiert und die Entdeckungsleistung der Zielreize berechnet (siehe 1.). Im Weiteren werden die wesentlichen Daten der Hauptuntersuchung vorgestellt (siehe 2.) und die Analyse der subjektiven sowie objektiven Wahrnehmungsschwelle präsentiert (siehe 3.).

1. Eliminierte Daten und Entdeckungsleistung des Zielreizes

Zur Datenanalyse wurden ausschließlich Durchgänge berücksichtigt, in denen ein Zielreiz präsentiert wurde. Von der Auswertung ausgeschlossen wurden Durchgänge, in denen der Tastendruck vor dem Erscheinen des Zielreizes oder nach 1000 ms erfolgte (1.9 %). Ebenfalls eliminiert wurden Ausreißer. Das sind Reaktionszeiten, die mehr als zwei Standardabweichungen von der durchschnittlichen Reaktionszeit abweichen (2.8 %).

Bei der Diskrimination des Zielreizes haben die Versuchsteilnehmenden mit einem Sensitivitätsmaß von $d' = 4.1$ eine sehr gute Leistung gezeigt. Das Sensitivitätsmaß d' spiegelt die Differenz der Treffer und der Falschen Alarme wider. Zur Erinnerung der genauen Berechnung und Interpretation siehe 4.3.

2. Untersuchung der Zielreizdetektion

Eine Varianzanalyse mit Messwiederholungen (engl.: Repeated measurement analysis of variance, kurz: RMANOVA) wurde für folgende unabhängige Variablen (UV) mit jeweils zwei Stufen berechnet: Position des Hinweisreizes (GP vs. AP),

Kontrastpolarität des Hinweisreizes (gleiche vs. entgegengesetzte), Sichtbarkeit des Hinweisreizes (bewusst vs. unbewusst) und HZI (kurz vs. lang) gemessen an den durchschnittlich korrekten Reaktionszeiten (RZ) als abhängige Variable (AV). Dabei wird berechnet, welchen Einfluss die unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable nehmen. Durch Haupteffekte wird die Wirkung einer einzelnen UV auf die AV dargestellt. Mit Interaktionseffekten wird der Einfluss der Faktorstufen einer UV in Abhängigkeit von den Faktorstufen einer anderen UV auf die AV untersucht. Als Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau) wurde ein Alpha-Wert von .05 festgelegt. Aufgrund der Messwiederholungen überprüft der Mauchly-Test auf Sphärizität. Das bedeutet, die einzelnen Faktorstufen und die Korrelationen zwischen den Faktorstufen werden auf Homogenität getestet. Zur Beseitigung der Alpha-Fehler-Kumulierung, wurde bei den *t*-tests post hoc die Bonferroni-Korrektur angewendet.

2.1 Haupteffekte

Die Voraussetzung der Sphärizität konnte für alle Faktorstufen angenommen werden. Zur Erklärung der Varianz wurden folgende Effekte gefunden: Mit einem signifikanten Haupteffekt der Hinweisreizposition, $F(1, 15) = 41.7, p < .001, \eta_p^2 = 0.74$, zeigten sich bei Zielreizen, die an der GP (RZ = 385 ms) wie der Hinweireiz erschienen allgemein langsamere Reaktionszeiten als bei Zielreizen, die an der AP (RZ = 364 ms) präsentiert wurden. Des Weiteren antworteten die Versuchsteilnehmenden im langen HZI (RZ = 362 ms) generell schneller als das im kurzen HZI (RZ = 387 ms) der Fall war. Dies wird durch einen signifikanten Haupteffekt für das HZI mit $F(1, 15) = 15.5, p < .01, \eta_p^2 = 0.51$ deutlich. Für die Faktoren Kontrastpolarität und Sichtbarkeit des Hinweireizes konnten keine

Signifikanzen festgestellt werden.

2.2 Interaktionseffekte

Die Voraussetzung der Sphärizität konnte für alle Korrelationen zwischen den Faktorstufen angenommen werden.

Insgesamt wurden vier signifikante Interaktionen zwischen zwei Faktoren beobachtet: zwischen der Position und der Kontrastpolarität [$F(1, 15) = 5.9, p < .05, \eta_p^2 = 0.28$], zwischen der Position und der Sichtbarkeit [$F(1, 15) = 46.1, p < .001, \eta_p^2 = 0.76$], zwischen der Position und dem HZI [$F(1, 16) = 22.2, p < .001, \eta_p^2 = 0.60$] sowie zwischen der Sichtbarkeit und dem HZI [$F(1, 15) = 49.9, p < .001, \eta_p^2 = 0.77$].

Nach Durchführung der post-hoc Bonferroni Korrektur für t -tests ergaben sich für die Untersuchung folgende wesentliche Unterschiede: In der unbewussten Bedingung zeigte sich bei kurzem HZI ein Validitätseffekt (GP: RZ = 392 ms, AP: RZ = 408 ms, $p < 0.05$). Im Vergleich dazu konnten in der bewussten Bedingung bei kurzem HZI auf Zielreize der GP langsamere RZ (= 389 ms) als auf Zielreize der AP (RT = 360 ms, $p < 0.01$) festgestellt werden. Wie schon in der Experimenten zuvor (vgl. Fuchs und Ansorge, 2012) konnten in der unbewussten Bedingung bei langem HZI keine signifikanten Effekte beobachtet werden (GP: RT = 349 ms, AP: RZ = 343 ms, $p = 0.36$). Jedoch konnten in der bewussten Bedingung bei langem HZI signifikant langsamere RZ (= 411 ms) an der GP im Vergleich zur AP (RT = 345 ms, $p < 0.001$) beobachtet werden (IOR). In *Abbildung 5* sind die entscheidenden signifikanten Interaktionseffekte grafisch zusammengefasst.

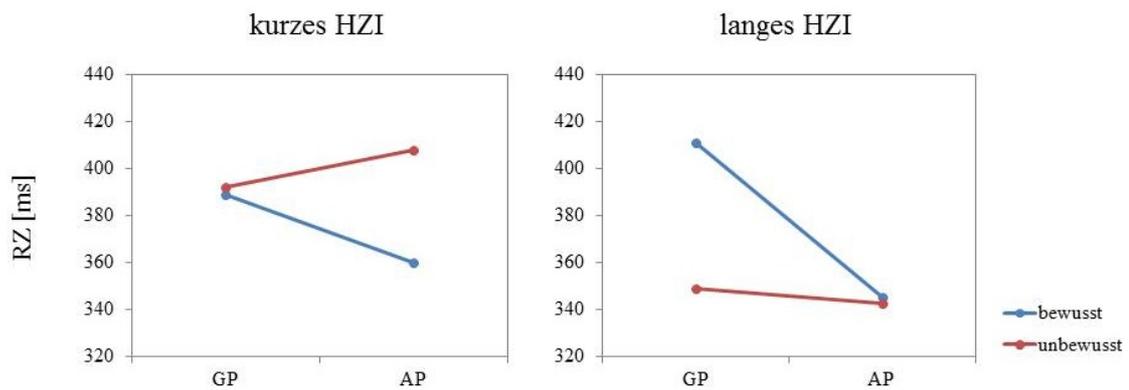


Abbildung 5: Grafische Darstellung der mittleren RZ (zwischen 330 und 430 ms) getrennt nach kurzem (links) und langem HZI (rechts) für sowohl die bewusste (blaue Linie) als auch die unbewusste Bedingung (rote Linie).

3. Subjektive und objektive Wahrnehmungsschwelle

Alle Personen, die an der Untersuchung teilnahmen, berichteten, die Hinweisreize nicht bewusst wahrgenommen zu haben. Bei der Überprüfung der objektiven Wahrnehmungsschwelle wurden die Diskriminationsleistungen der bewussten und unbewussten Bedingung einzeln erfasst und miteinander verglichen. Die Versuchsteilnehmenden zeigten bei der Vorgabe der unbewussten Hinweisreize eine schlechtere Diskriminationsleistung (durchschnittliches $d' = 1.29$) als bei den bewussten Hinweisreizen (durchschnittliches $d' = 3.51$, $p < 0.01$). Jedoch konnten die Versuchspersonen die Hinweisreize in beiden Bedingungen überzufällig oft ($p_s > 0.001$) diskriminieren.

IV Diskussion

1. Ergebnisse

Mit der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob die IOR über automatische oder kontrollierte Steuerungsprozesse der Aufmerksamkeit vermittelt wird. Die Ergebnisse der Untersuchung belegen, dass die IOR als eigenständiger Prozess ausgelöst werden kann und kein Kennzeichen automatischer Steuerungsprozesse darstellt (vgl. Mulckhuyse & Theeuwes, 2012). Unter Verwendung von anti-prädiktiven bewusst wahrgenommenen Hinweisreizen zeigte sich, wie zuvor angenommen, bei kurzem HZI kein Validitätseffekt. Jedoch konnte im langen HZI eine IOR beobachtet werden. Umgekehrt wurde bei Hinweisreizen, die unter der subjektiven Wahrnehmungsschwelle liegen, erwartungsgemäß ein Validitätseffekt im kurzen HZI nachgewiesen, allerdings ohne nachfolgende IOR im langen HZI (vgl. McCormick, 1997). Zwischen der bewussten und unbewussten Bedingung konnte demnach beim langen HZI ein Unterschied festgestellt werden, der sich über die IOR in langsameren Reaktionszeiten auf Hinweisreize der GP ausdrückt.

Wie Fuchs und Ansorge (2012) in Experiment 2 zeigen konnten, ist das Ausbleiben der IOR nicht auf das lange HZI von 1016 ms zurückzuführen, da bei unbewusst wahrgenommenen Hinweisreizen auch durch das Setzen der HZI zwischen 50 und 700 ms kein IOR-Effekt zu verzeichnen war. Ebenso ist die IOR als unabhängig von der Kontraststärke anzusehen (siehe Experiment 3 bei Fuchs & Ansorge, 2012) und somit ihr Fehlen in der unbewussten Bedingung nicht auf abgeschwächte Verlagerungseffekte der Aufmerksamkeit zurückzuführen. Umgekehrt ist auch davon auszugehen, dass der Validitätseffekt tatsächlich rein automatische Aufmerksamkeitsverlagerungen im Sinne

Posner und Snyders (1985) widerspiegelt. Dies geht zum Einen daraus hervor, dass der Validitätseffekt sowohl für Bedingungen mit gleicher als auch mit entgegengesetzter Kontrastpolarität von Hinweis- und Zielreiz gefunden wurde. Da die Hinweisreize nur in Bedingungen mit gleicher Kontrastpolarität zu den Suchabsichten passen, wäre hier bei einer kontrollierten Verarbeitung kein Validitätseffekt zu erwarten. Zum Anderen hat sich erwiesen, dass die Hinweisreize der unbewussten Bedingung auch als unbewusst wahrgenommen wurden. Obwohl die Versuchsteilnehmenden angaben, die Hinweisreize nicht bewusst wahrgenommen zu haben, ergab sich aus der objektiven Messung in dieser Untersuchung sowie in den vorangehenden Experimenten dieser Versuchsreihe (Fuchs & Ansorge, 2012) ein signifikanter Wert, der, anders als bei Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007), eine Diskriminationsleistung über dem Zufallsniveau kennzeichnet. Dies inkludiert auch das vierte Experiment, welches das Versuchsdesign von Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) in einer Bedingung weitestgehend widerspiegelt. Jedoch verwendeten Fuchs und Ansorge (2012) einen Ring als Hinweisreiz, während Mulckhuyse und ihre Kollegen (2007) eine Scheibe einsetzten. Es ist möglich, dass dieser Unterschied bei Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) zu einer verminderten Sichtbarkeit des Hinweisreizes geführt hat (Fuchs & Ansorge, 2012). Des Weiteren konnten Fuchs und Ansorge (2012) im ersten Experiment zeigen, dass die Hinweisreize nach einer Berechnung der Daten mit ausschließlich jenen Versuchspersonen, welche die schlechtesten Diskriminationsleistungen aufwiesen, durchgängig unbewusst wahrgenommen wurden und ebenso zu einem Validitätseffekt im kurzen und keinem IOR-Effekt im langen HZI führten. In der Regel reicht ohnehin das subjektive Maß aus, um eine unbewusste Wahrnehmung der Hinweisreize zu attestieren (Merikle et al., 2001). Zudem konnte in der vorliegenden Untersuchung keine IOR im langen HZI der unbewussten Bedingung beobachtet werden.

Durch den Einsatz anti-prädiktiver Hinweisreize hätte sich eine bewusste Wahrnehmung durch langsamere Reaktionszeiten auf Hinweisreize der GP bemerkbar machen müssen. Dieser Effekt wurde jedoch ausschließlich in der bewussten Bedingung gefunden, was als wesentlicher Beleg dafür gilt, dass die Hinweisreize dieser Untersuchung tatsächlich unbewusst wahrgenommen wurden.

Kritisch zu betrachten ist die Vergleichbarkeit der Hinweisreize hinsichtlich der bewussten und unbewussten Bedingung. Aufgrund uneindeutiger Ergebnisse bezüglich des Validitätseffekts und der IOR beim Einsatz von Platzhaltern in Untersuchungen zur unbewussten Wahrnehmung, ist der Einfluss von Platzhaltern auf diese Effekte noch nicht eindeutig (Ivanoff & Klein, 2003; Fuchs & Ansorge, 2012; Mulckhuysen et al., 2007). So hätte z.B. die Entstehung des Validitätseffekts und der IOR durch die Platzhalter verhindert werden können und wäre nur in der unbewussten Bedingung zum Tragen gekommen. Ein Vergleich mit der bewussten Bedingung hätte die Ergebnisse in Folge verzerrt. In der vorliegenden Untersuchung war eine Verzerrung bezüglich des Validitätseffekts auszuschließen, da er ausschließlich in der unbewussten Bedingung zu beobachten war. Jedoch sollten sich zukünftige Bestrebungen darauf konzentrieren, den Einfluss der Sichtbarkeit und der Platzhalter auf die IOR eingehender zu untersuchen, um die fehlenden Effekte der IOR bei unbewussten Hinweisreizen erklären zu können (Fuchs & Ansorge, 2012).

2. Schlussfolgerungen

Die Tatsache, dass in der unbewussten Bedingung keine IOR gefunden wurde, obwohl sich bei kurzem HZI ein Validitätseffekt zeigte, widerspricht der Ansicht, der

Validitätseffekt und die IOR seien zwei Phasen eines Prozesses (Mulckhuysen & Theeuwes, 2010). Da der Validitätseffekt offensichtlich auf automatischen Verlagerungen der Aufmerksamkeit beruht, bestärkt dies zudem die Annahme, dass die IOR nicht als Kennzeichen automatischer Aufmerksamkeitsverlagerungen zu betrachten ist (vgl. Mulckhuysen et al., 2007). Kombiniert mit dem Ergebnis, dass die IOR in der bewussten Bedingung hingegen erschien, liegt die Vermutung nahe, dass die IOR über einen kontrollierten Aufmerksamkeitsprozess vermittelt wird. Der Entstehungsort der IOR wäre demnach nicht, wie beim Validitätseffekt vermutet, in den CS anzusiedeln (vgl. Mulckhuysen et al., 2010), sondern könnte in anderen neuronalen Strukturen liegen, wie z.B. dem parietalen Cortex (z.B. Mayer et al., 2004). Die Ergebnisse sprechen bezüglich der IOR außerdem für einen Hemmungsprozess, der mehr allgemein als Teil exekutiver Funktionen zu verstehen ist (Fuchs und Ansorge, 2012) als lediglich die Hemmung der eben beachteten räumlichen Position darzustellen. Im evolutionären Kontext findet diese Ansicht ihre Entsprechung in der Anpassungsfähigkeit des menschlichen Orientierungssystems. Um anpassungsfähig zu sein, muss die Möglichkeit bestehen, zum Erreichen unserer Absichten und Ziele flexibel und steuerbar auf Reize reagieren zu können (Ansorge, Horstman & Scharlau, 2011).

Literaturverzeichnis

- Ansorge, U. (2000). *Direkte Parameterspezifikation durch Positionsinformation: Sensumotorische Effekte maskierter peripherer Hinweisreize*. Unveröffentlichte Dissertation, Universität Bielefeld.
- Ansorge, U. (2006). Die Rolle von Absichten bei der automatischen Verarbeitung visuell-räumlicher Reizinformation. *Psychologische Rundschau*, 57(1), 2-12.
- 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(19), 2015-2027.
- Ansorge, U., & Neumann, O. (2005). Intentions determine the effects of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cueing task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(4), 762-777.
- Ansorge, U., & Leder, H. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*. Wiesbaden: Springer VS.
- Bacon, W. F., & Egeth, H. E. (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55(5), 485-496.
- Bauer, F., Cheadle, S. W., Parton, A., Müller, H. J., & Usher, M. (2009). Gamma flicker triggers attentional selection without awareness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(5), 1666–1671.
- Bjorkman, M., Juslin, P., & Winman, A. (1993). Realism of confidence in sensory

- discrimination: The underconfidence phenomenon. *Perception & Psychophysics*, 54(1), 75-81.
- Breitmeyer, B. G., & Ganz, L. (1976). Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing. *Psychological Review*, 83(1), 1-36.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Oxford: Pergamon Press.
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, 51, 1484-1525.
- Cheesman, J., & Merikle, P. M. (1986). Distinguishing conscious from unconscious perceptual processes. *Canadian Journal of Psychology*, 40(4), 343-367.
- Corbetta, M., Kincade, J. M., Ollinger, J. M., McAvoy, M. P. & Shulman, G. L. (2000). Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. *Nature Neuroscience*, 3(3), 292–297.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews*, 3(3), 201-215.
- Danziger, S., & Kingstone, A. (1999). Unmasking the inhibition of return phenomenon. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 61(6), 1024-1037.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Dorris, M. C., Klein, R. M., Everling, S., & Munoz, D. P. (2002). Contribution of the primate Superior Colliculus to inhibition of return. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(8), 1256 - 1263.
- Eimer, M. (1994). An ERP study on visual spatial priming with peripheral onsets. *Psychophysiology*, 31(2), 154-163.
- Eimer, M., Nattkemper, D., Schröger, E., & Prinz, W. (1996). Unwillkürliche

- Aufmerksamkeit. In O. Neumann & A. F. Sanders (Hg.), *Aufmerksamkeit* (S. 219-266). Göttingen: Hogrefe.
- 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*(4), 225-240.
- Eriksen, C. W., & Yeh, Y.-Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*(5), 583-597.
- Eysel, U. (2010). Sehen und Augenbewegungen. In R. F. Schmidt, F. Lang & M. Heckmann, (Hg.), *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie (31. Auflage)* (S. 345-385). Heidelberg: Springer.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2010). Attention and Performance. In *Cognitive Psychology: A student's handbook, (6. Auflage)* (S. 153-202). Hove, East Sussex: Psychology Press.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is dependent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*(4), 1030-1044.
- Fuchs, I., & Ansorge, U. (2012). Inhibition of return is no hallmark of exogenous capture by unconscious cues. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 30.
- Gibson, B. S., & Amelio, J. (2000). Inhibition of return and attentional control settings. *Perception & Psychophysics*, *62*(3), 496-504.
- Gitelman, D. R., Nobre, A. C., Parrish, T. B., LaBar, K. S., Kim, Y. H., Meyer, J. R., & Mesulam, M. (1999). A large-scale distributed network for covert spatial attention: Further anatomical delineation based on stringent behavioural and cognitive controls. *Brain*, *122*, 1093–1106.
- Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). Signal detection theory and psychophysics. New York:

Wiley.

- Hagendorf, H., Krummenacher, J., Müller, H.-J., & Schubert, T. (2011). Wahrnehmung und Aufmerksamkeit: Gemeinsam zum Ziel. In *Allgemeine Psychologie für Bachelor: Wahrnehmung und Aufmerksamkeit* (S. 1-12). Heidelberg: Springer.
- Hopfinger, J. B., Buonocore, M. H., & Mangun, G. R. (2000). The neural mechanisms of top-down attentional control. *Nature Neuroscience*, 3(3), 284–291.
- Ilg, U., & Thier, P. (2012). Neuronale Grundlagen visueller Wahrnehmung. In H. O. Karnath & P. Thier (Hg.), *Neuropsychologie (3.Auflage)* (S. 35-44). Berlin: Springer.
- Itti, L. & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(3), 194-203.
- Ivanoff, J. & Klein, R. M. (2003). Orienting of attention without awareness is affected by measurement-induced attentional control settings. *Journal of Vision*, 3(1), 32-40.
- James, W. (1890/1983). *The principles of psychology*. New York: Macmillan. (Reprinted, 1983 Cambridge, MA: Harvard University Press.)
- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. Long & A. Baddeley (Hg.), *Attention and Performance, IX* (S. 187-203). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 138-146.
- Lambert, A., Spencer, E. & Mohindra, N. (1987). Automaticity and the capture of attention by a peripheral display change. *Current Psychological Research and Reviews*, 6(2), 136-147.
- Lamme, V. A. F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Science*, 7(1), 12-18.
- Lamme, V. A. F. & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by

- feedforward and recurrent processing. *Trends in Neurosciences*, 23(11), 571–579.
- Lamme, V. A. F., Zipser, K. & Spekreijse, H. (2002). Masking interrupts figure-ground signals in V1. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(7), 1044-1053.
- Lamy, D. & Egeth, H. E. (2003). Attentional capture in singleton-detection and feature-search modes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(5), 1003-1020.
- Mack, A. & Rock, I. (1998). Inattention blindness. Cambridge, MA: MIT Press.
- Mayer, A. R., Seidenberg, M., Dorflinger, J. M. & Rao, S. M. (2004). An event-related fMRI study of exogenous orienting: supporting evidence for the cortical basis of inhibition of return? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7), 1262–1271.
- McCormick, P. A. (1997). Orienting attention without awareness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(1), 168-180.
- Mele, S., Savazzi, S., Marzi, C. A., & Berlucchi, G. (2008). Reaction time inhibition from subliminal cues: Is it related to inhibition of return? *Neuropsychologia*, 46(3), 810-819.
- Merikle, P. M., Smilek, D., & Eastwood, J. D. (2001). Perception without awareness: Perspectives from cognitive psychology. *Cognition*, 79(1-2), 115-134.
- Mulckhuyse, M., Talsma, D., & Theeuwes, J. (2007). Grabbing attention without knowing: Automatic capture of attention by subliminal spatial cues. *Visual Cognition*, 15(7), 779-788.
- Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2010). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: a review of the literature. *Acta Psychologica*, 134(3), 299-309.
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental*

- Psychology: Human Perception and Performance*, 15(2), 315-330.
- Müller, H. J., & Krummenacher, J. (2012). Funktionen und Modelle der selektiven Aufmerksamkeit. In H. O. Karnath & P. Thier (Hg.), *Neuropsychologie (3.Auflage)* (S. 239-253). Berlin: Springer.
- Neumann, O. (1990). Direct parameter specification and the concept of perception. *Psychologische Forschung*, 52(2-3), 207-215.
- Pascual-Leone, A., & Walsh, V. (2001) Fast backprojections from the motion to the primary visual area necessary for visual awareness. *Science*, 292(5516), 510–512.
- Pashler, H. (1988). Cross-dimensional interaction and texture segregation. *Perception & Psychophysics*, 43(4), 307-318.
- Peterson, W. W., Birdsall, T. G., & Fox, W. C. (1954). The theory of signal detectability. *Transactions IRE Profession Group on Information Theory, PGIT-4*, 171-212.
- Pinel, J. P. J. (2007). Das visuelle System. In *Biopsychologie (6.Auflage)* (S.165-200). München: Pearson.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3-25.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D.G. Bouwhuis (Hg.), *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 (Hg.), *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

- (Hg.), *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*(2), 160-174.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J., & Rafal, R. D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *The Journal of Neuroscience*, *4*(7), 1863-1874.
- Rafal, R., Henik, R., & Smith, J. (1991). Extrageniculate contributions to reflex visual orienting in normal humans: A temporal hemifield advantage. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*(4), 322–328.
- Rosen, A. C., Rao, S. M., Caffarra, P., Scaglioni, A., Bobholz, J. A., Woodley, S. J., Hammeke, T. A., Cunningham, J. M., Prieto, T. E., & Binder, J. R. (1999). Neural basis of endogenous and exogenous spatial orienting. A functional MRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(2), 135–152.
- Sapir, A., Soroker, N., Berger, A., & Henik, A. (1999). Inhibition of return in spatial attention: Direct evidence for collicular generation. *Nature Neuroscience*, *2*(12), 1053-1054.
- Simonson, E., & Brožek, J. (1952). Flicker fusion frequency: background and applications. *Psychological Review*, *32*(3), 349-378.
- Stanislaw, H., & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *31*(1), 137-149.
- Supèr, H., Spekreijse, H., & Lamme, V. A. F. (2001). Two distinct modes of sensory processing observed in monkey primary visual cortex (V1). *Nature Neuroscience*, *4*(3), 304–310.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, *51*(6), 599-606.

- Theeuwes, J., & Godijn, R. (2002). Irrelevant singletons capture attention: Evidence from inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 64(5), 764-770.
- Theeuwes, J. (2004). Top-down search strategies cannot override attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(1), 65-70.
- Treisman, A. M. (1964). The Effect of Irrelevant Material on the Efficiency of Selective Listening. *The American Journal of Psychology*, 77, 533–546.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136.
- Tsal, Y. (1983). Movements of attention across the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9(4), 523-530.
- Valenza, E., Simion, F., & Umiltà, C. (1994). Inhibition of return in newborn infants. *Infant Behaviour and Development*, 17(2), 293–302.
- VanRullen, R., & Thorpe, S.J. (2001) Is it a bird? Is it a plane? Ultrarapid visual categorisation of natural and artifactual objects. *Perception*, 30(6), 655–668.
- Yantis, S. (1993). Stimulus-driven attentional capture and attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(3), 676-681.
- Yantis, S. (2000). Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control. In S. Monsell & J. Driver (Hg.), *Attention and performance XVIII* (S. 73–103). Cambridge, MA: MIT Press.
- Yantis, S., & Egeth, H. E. (1999). On the distinction between visual salience and stimulus-driven attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(3), 661-676.
- Yantis, S., & Hillstrom, A. P. (1994). Stimulus-driven attentional capture: Evidence from

- equiluminant visual objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20(1), 95-107.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(5), 601-621.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(1), 121-134.
- White, B. J., & Munoz, D. P. (2011). The superior colliculus. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist & S. Everling (Hg.). *The Oxford Handbook of Eye Movements* (S.195-213). Oxford: Oxford University Press.
- Zimbardo, R. J., & Gerrig, P. G. (2008). Sensorische Prozesse und Wahrnehmung. In *Psychologie, (18.Auflage)* (S. 107-128). München: Pearson.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Ablauf am Bildschirm mit einem zentralen Hinweisreiz in der validen Bedingung (links) und einem peripheren Hinweisreiz in der nicht-validen Bedingung (rechts).	22
Abbildung 2: Schematische Darstellung der wesentlichen Bildschirmabfolge bei Mulckhuyse und ihren Kollegen (2007) in der unbewussten Bedingung mit validem (links) und nicht-validem Hinweisreiz (rechts).	59
Abbildung 3: Schematische Darstellung der wesentlichen Bildschirmabfolgen in der unbewussten Bedingung mit entgegengesetzter Kontrastpolarität (links) und gleicher Kontrastpolarität (rechts) von Hinweis- und Zielreiz (Fuchs und Ansorge, 2012).	62
Abbildung 4: Schematische Darstellung der wesentlichen Bildschirmabfolgen in der bewussten Bedingung mit gleicher Kontrastpolarität (links) und entgegengesetzter Kontrastpolarität (rechts) von Hinweis- und Zielreiz (Fuchs und Ansorge, 2012).	69
Abbildung 5: Grafische Darstellung der mittleren RZ (zwischen 330 und 430 ms) getrennt nach kurzem (links) und langem HZI (rechts) für sowohl die bewusste (blaue Linie) als auch die unbewusste Bedingung (rote Linie).	75

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name	Isabell Anais Möckel
Geburtsdatum	11. Juni 1982
Geburtsort	München
Familienstand	ledig
Staatsangehörigkeit	deutsch

Studium

07 / 2009	Erstes Diplomprüfungszeugnis
seit 03 / 2007	Studium der Psychologie an der Universität Wien
10 / 2003 - 09 / 2005	Studium der Germanistik an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Schulausbildung

1993 - 2003	Ludwigsgymnasium, humanistisches und neusprachliches Gymnasium in München
-------------	---

Praktika

02 - 04 / 2012	Praktikantin bei Interface Consult GmbH in Wien zum Erlernen von Grundkenntnissen im Bereich Web Usability
10 / 2005	Katalogisieren und Eindigitalisieren von Filmmaterial in Teilzeit bei bce film in München
02 / 2005 – 01 / 2006	Filmproduktionsassistentin bei stromberg productions in München

**Nebenberufliche
Tätigkeiten**

2012 - heute	Mitglied im Musikförderverein Gräfelfing e.V.
04 / 2012	Teilnahme am Intensiv Workshop "Web Usability" bei Interface Consult GmbH in Wien
2010 - 2012	Mitpflege der pflegebedürftigen Großeltern
2008 - 2010	diverse Promotionstätigkeiten während der Semesterferien in München
03 / 2004 - 10 / 2005	Telefonberaterin in der Kundenbetreuung der Süddeutschen Zeitung bei der Epsilon Verlagsmarketing GmbH & Co. KG

Besondere Kenntnisse

Deutsch	1. Muttersprache
Kroatisch	2. Muttersprache
Englisch	sehr gute Kenntnisse
Französisch	Grundkenntnisse
Latein	Latinum
EDV	MS-Office, Open Office, SPSS, SAP, Typo 3

Interessen

Schreiben, Musik, Sport, Literatur, Klavier, Filme