



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Die Rückkehrhemmung der Aufmerksamkeit unter
Aufmerksamkeitskontrolle für Farbe

Verfasserin

Helena Breier

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im April 2012

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Danksagung

Ich möchte hiermit allen danken, die mir dabei geholfen haben diese Arbeit erfolgreich abzuschließen. An erster Stelle möchte ich diese Gelegenheit nutzen, um meinen Eltern aus tiefstem Herzen dafür zu danken, dass sie immer für mich da sind und mich während meines Studiums unterstützt haben. Ich bin sehr dankbar für den anregenden wissenschaftlichen Austausch mit Herrn Prof. Ansorge und Herrn Priess. Ohne deren wissenschaftliche Betreuung wäre mir diese Arbeit kaum möglich gewesen. Mein großer, großer Dank gebührt auch Florian B. und Nađa D., die für mich Korrektur gelesen haben. Danke

Kurzbeschreibung

Hinweisreize, die die Aufmerksamkeit unwillkürlich einfangen, bewirken, nach einem genügend langen Zeitintervall (SOA), das darauffolgende Zielreize an ihrer Position langsamer beantwortet werden als an einer anderen Position. Diese Beobachtung aus dem räumlichen Hinweisreizparadigma wird Rückkehrhemmung der Aufmerksamkeit (IOR) genannt. In der vorliegenden Studie wurde die IOR als Indikator des unwillkürlichen Aufmerksamkeitseinfangs eingesetzt, um die Kontingenzhypothese zu überprüfen. Nach der Kontingenzhypothese wird Aufmerksamkeitseinfang, und damit IOR, nur in der relevanten, aber nicht in der irrelevanten Hinweisreizbedingung erwartet. Es wurden zwei Experimente mit sakkadischer Entdeckungsaufgabe durchgeführt (SOA 200/ 300 ms). Vor einem roten Farbsingleton-Zielreiz, wurde per Zufall, entweder ein grüner (irrelevanten) oder ein roter (relevanten) Farbsingleton-Hinweisreiz, entweder an der gleichen (valide) oder einer anderen Position (nicht-valide) eingeblendet. Hinweisreiz-und Zielreizposition waren nicht korreliert. In beiden Relevanzbedingungen ist IOR zu beobachten, was gegen aufgabengesteuerten Aufmerksamkeitseinfang durch Kontingenz und für einen reizgesteuerten Einfang spricht. Die Reaktionszeitverteilung zeigt jedoch in den frühen Antworten einen deutlichen Einfluss der Aufgabenrelevanz auf den IOR-Effekt. Für die unterschiedlichen Verläufe der IOR in den Relevanzbedingungen, werden, neben der bottom-up Hypothese der unterschiedlich schnellen Ablösung, top-down Erklärungsansätze diskutiert. Vorgängerstudien fanden keine IOR nach Farbsingletons, aufgabenrelevant oder irrelevant, sondern nur nach flüchtigen peripheren Helligkeitsveränderungen (Onsets). Im Zuge dessen wurde IOR als ein reizgesteuerter Mechanismus interpretiert, bzw. als ein Mechanismus der für Farbsingletons nicht gilt. Diese Schlussfolgerungen können in der Arbeit nicht bestätigt werden.

Schlüsselbegriffe: Aufmerksamkeitskontrolleinstellung, IOR, Farbsingletons, schnelle unterschiedliche Ablösung

Abstract

Effects of spatial cueing indicate capture of visual attention by stimuli that have a pop-out colour (colour singleton). The contingency capture hypothesis claims capture will occur only in the presence of task relevant stimuli. The pure stimulus-driven account in contrast sees the tasks and goals of the observer not as a determining criterion for capture. The aim of the present study was to test these hypotheses with the spatial cueing paradigm. A colour-singleton-target was preceded by a relevant (target colour) or irrelevant (ignore-task colour) colour-singleton-cue at the same (valid) or different position (invalid). Cues were not indicative of the target position. The cues of both colours lead to slower target responses when presented as valid, than when presented as invalid. This pattern is deemed to be an inhibition of return (IOR) of the attention system and indicative of attention capture. The fact that irrelevant cues provoke IOR as well is against the predictions of the contingency hypothesis. The reaction time distribution shows influence of the task-relevance on IOR-effects in the earliest responses. The different patterns of IOR in the different relevance conditions can be interpreted in two ways: either in line with the bottom-up account of rapid differential disengagement, or with alternative top-down explanations. Diverse explanations will be discussed. Preceding studies didn't find IOR following colour singletons (relevant or irrelevant), but did find IOR following transient luminance onsets. This was interpreted as evidence for a stimulus-driven IOR. The present study cannot confirm these conclusions.

Keywords: attentional control setting, IOR, colour singleton, rapid differential disengagement

Inhalt

| | |
|---|----|
| I. Theoretische Grundlagen..... | 2 |
| Einleitung | 2 |
| 1. Offene und verdeckte Aufmerksamkeit..... | 4 |
| 2. Das räumliche Hinweisreizparadigma..... | 5 |
| 3. Die Rückkehrhemmung („inhibition of return“= IOR) | 6 |
| 4. Der Einfluss von Aufmerksamkeitskontrolle auf die IOR | 11 |
| 5. Herleitung der Fragestellung | 18 |
| II. Methode | 21 |
| 1. Experiment | 22 |
| 2. Experiment | 30 |
| III. Allgemeine Diskussion..... | 33 |
| 1. Die IOR als Aufmerksamkeitseffekt | 34 |
| 2. Alternativen zu einer Rückkehrhemmung der Aufmerksamkeit | 42 |
| 3. Einschränkungen der Studie | 50 |
| 4. Zusammenfassung | 52 |
| 5. Ausblick..... | 53 |
| Literaturverzeichnis..... | 54 |
| Abkürzungsverzeichnis | 61 |
| Abbildungsverzeichnis | 61 |
| Curriculum Vitae..... | 62 |

I. Theoretische Grundlagen

Einleitung

Unsere visuelle Aufmerksamkeit befähigt uns dazu, uns in der visuellen Umwelt zu orientieren und effizient handeln. Sie bewirkt, dass wir ohne willentliche Anstrengung, in einem Bruchteil einer Sekunde, die für uns relevante visuelle Information aus unserem Blickfeld selektieren.

Die visuelle Aufmerksamkeitsforschung spaltet sich in der Frage, nach welchen Prinzipien die Aufmerksamkeit anfänglich selektiert, wenn wir sie nicht willentlich steuern. Der eine Forschungsansatz geht davon aus, dass die visuelle Aufmerksamkeit anfänglich nur durch die physikalischen Eigenschaften der Reize gesteuert wird (*bottom-up*¹; *reizgesteuert*) (siehe, Yantis, 1993). Der andere Ansatz schreibt dem Vorwissen und den Intentionen des Betrachters eine entscheidende Rolle in der Aufmerksamkeitssteuerung zu (*top-down*, *aufgabengesteuert*).

Bevor ich in Kapitel I.1. zur fachlichen Einleitung komme, ein allgemeinverständliches Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie hätten ihr Kind auf einem belebten Volksfest aus den Augen verloren und dieses Kind trüge eine rote Jacke. In der Flut aus visuellen Eindrücken, aus blinkenden Lichtern und bunt gekleideten Leuten, werden Sie mehr oder weniger automatisch alle Reize beachten, die die Merkmale ihres Kindes aufweisen (z.B. rote Jacke) und die restlichen irrelevanten Reize ausblenden. Bei diesem Prozess wird ihre visuelle Aufmerksamkeit top-down gesteuert. Wenn aber in diesem Moment plötzlich ein Bierkrug auf sie zugeflogen kommt, wird dieser automatisch ihre Aufmerksamkeit einfangen, damit sie sich rechtzeitig ducken können. Dieser unerwartete, bedrohliche Reiz der am Rande ihres Blickfeldes abrupt auftauchte, hat aufgrund seiner schnellen Bewegung die Aufmerksamkeit bottom-up eingefangen. Die Frage der vorliegenden Arbeit ist, ob solch auffällige (saliente) Reize auch ignoriert werden können, wenn man die Absicht dazu hat.

¹ Die Begriffe *bottom-up* (engl. „von unten nach oben“) und *top-down* (engl. „von oben nach unten“) beziehen sich hier auf die Reihenfolge, in der höhere kognitive Areale und funktionell niedrigere Gehirnareale auf die Steuerung der Aufmerksamkeit Einfluss nehmen.

„My experience is what I agree to attend to“. Everyone knows what attention is. “(James, 1890, S. 403). Seit Willam James (1890) mit dieser Behauptung die Experimentalpsychologie revolutioniert hat, wurden zahlreiche Perspektiven und Modelle entwickelt, die die Funktionsweise der visuellen Aufmerksamkeit erklären (für einen Überblick; Findlay & Gilchrist, 2003). In der vorliegenden Arbeit wird von folgender Definition der Aufmerksamkeit ausgegangen:

„Attention is the preferential processing of some items to the detriment of others. Traditionally also, selection of a location where attention is directed is important, although this is not the only way in which selectivity can occur.“(Findlay & Gilchrist, 2003, S.3).

Anders gesagt, Aufmerksamkeitsverlagerung auf einen Fixpunkt ist der Selektionsprozess, durch den eine Teilmenge der visuellen Information aus der Ansicht für die priorisierte Verarbeitung ausgewählt wird, um Handeln und Denken beeinflussen zu können (Posner, 1980). In der aktuellen Studie wird die Aufmerksamkeit als ein räumlicher Selektionsmechanismus behandelt, wie ihn Posner (1980) im räumlichen Hinweisreizparadigma untersucht hat. Nach diesem Ansatz führt die räumliche Verlagerung der Aufmerksamkeit von einem Fixpunkt auf einen anderen, dazu, dass der Reiz, an dem ausgewählten Fixpunkt, gegenüber anderen Reizen an anderen Fixpunkten bevorzugt verarbeitet wird.

Das zeigt sich darin, dass Reize anfänglich schneller diskriminiert werden können, bzw. dass auf sie schneller reagiert werden kann, wenn kurz vorher ihre Position angezeigt wurde (vergl. das räumliche Hinweisreizparadigma, Posner, 1980). Die räumliche Verlagerung der Aufmerksamkeit hat eine entscheidende Einschränkung. Sobald die Aufmerksamkeit unwillkürlich auf eine Position verlagert worden ist, ist sie nach einem gewissen Zeitabstand (225 ms-300 ms) für diese Position gehemmt. Im räumlichen Hinweisreizparadigma zeigt sich das darin, dass auf Zielreize an einer „neuen“ Position schneller reagiert wird als auf Zielreize, an der Position an der zuvor die Aufmerksamkeit verlagert war. Dieses Phänomen wird als Rückkehrhemmung der Aufmerksamkeit bezeichnet (engl. „inhibition of return“= IOR) (Kapitel I.2.).

1. Offene und verdeckte Aufmerksamkeit

Die räumliche Aufmerksamkeitsverlagerung kann auf zwei Arten erfolgen; offen oder verdeckt (siehe für einen Überblick, Findlay & Gilchrist, 2003). Bei der *offenen Aufmerksamkeitsverlagerung* wird durch die sakkadischen Augenbewegungen² die Fovea auf die interessanten Objekte gerichtet, um die beste optische Auflösung zu ermöglichen (Ibbotson & Krekelberg, 2011). Verlagern wir unsere Aufmerksamkeit auf einen Fixpunkt, ohne die Augen auf diesen zu richten, handelt es sich um eine *verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung*. Das Verhältnis von offener und verdeckter Aufmerksamkeit ist Gegenstand intensiver Forschungen und Debatten (für einen Überblick; Findlay, 2009; Findlay & Gilchrist, 2003; Wu & Remington, 2003). Es steht außer Frage, dass die beiden Formen der Aufmerksamkeitsausrichtung in Beziehung stehen (siehe, Posner, 1980). Jedoch ist noch unklar, ob der gleiche Selektionsmechanismus beide Ausrichtungsformen steuert. Drei unterschiedliche Ansätze sollen hier kurz erläutert werden; die Prämotortheorie (Rizzolatti, Riggio, Dascola, & Umilta, 1987), der Unabhängigkeitsansatz (Klein & Pontefract, 1994) und das Modell der aufeinanderfolgenden Aufmerksamkeitsverlagerung (z.B. Henderson, 1992).

Die *Prämotortheorie der Aufmerksamkeit* (Rizzolatti, et al., 1987) bekommt durch Verhaltensstudien (z.B., Theeuwes & Godijn, 2004) und neurologische Befunde (z.B., Smith, Jackson, & Rorden, 2009) zunehmend empirischen Zuspruch. Dieser Ansatz postuliert die stärkste Kopplung von verdeckter und offener Aufmerksamkeit. Sie besagt, dass die Verlagerung der verdeckten Aufmerksamkeit immer mit der Programmierung einer Sakkade einhergeht oder aus der Bewegungsaktivierung und -planung entsteht. Eine verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung entspricht demnach einer unterdrückten oder abgebrochenen Sakkade und gilt als ein Nebenprodukt des offenen Aufmerksamkeitssystems. Daraus folgt, dass die verdeckte Aufmerksamkeit denselben Selektionsmechanismen unterliegt, wie die offene Aufmerksamkeitsverlagerung (siehe Findlay & Gilchrist, 2003; Theeuwes & Godijn, 2004).

² Sakkaden sind schnelle, sprunghafte, synchrone Bewegungen beider Augen. Die Zeit zwischen der Veränderung des Bildes auf der Retina und der Bewegung der Augenmuskulatur wird Sakkadenlatenz genannt.

Im Gegensatz zur Prämotortheorie besagt der *Unabhängigkeitsansatz* (Klein & Pontefract, 1994), dass bei der willentlichen Verlagerung der Aufmerksamkeit, im Gegensatz zur unwillkürlichen, die Aufmerksamkeit verdeckt ausgerichtet werden kann, ohne dass eine Sakkade vorbereitet oder programmiert wird. Klein und Pontefract (1994) gehen davon aus, dass die offene und die willentliche verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung durch unterschiedliche kognitive Repräsentationen und Mechanismen bewirkt werden (Klein & Pontefract, 1994). Nach dem *Modell der aufeinanderfolgenden Aufmerksamkeitsverlagerung* (z.B. Henderson, 1992) sind die beiden Ausrichtungsformen so miteinander verbunden, dass Sakkaden durch die Ausrichtung der verdeckten Aufmerksamkeit gesteuert werden. Die verdeckte Aufmerksamkeit geht, dieser Theorie nach, der offenen Aufmerksamkeit als eine Art Vorselektionsmechanismus voraus. Das Vorbereiten einer Sakkade hat aber umgekehrt keinen Einfluss auf die verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung. Deubel und Schneider (1996) stellten fest, dass an dem Ort des Sakkadenziels die Unterscheidungsleistung immer besser ist als an anderen Fixpunkten, und schlossen daraus, dass Sakkadenvorbereitung und die verdeckte Aufmerksamkeit eng miteinander verknüpft sind. Deubel und Schneider (1996) argumentieren, dass die Verlagerung der verdeckten Aufmerksamkeit der Sakkade voraus geht, aber durch das Sakkadenziel bestimmt wird.

2. Das räumliche Hinweisreizparadigma

Posner (1980) leistete mit dem räumliche Hinweisreizparadigma³ (Posner, 1980) Pionierarbeit im Forschungsfeld der räumlichen Aufmerksamkeitsverlagerung. Für das Experiment werden traditionell zwei Kästchen, rechts und links von einem Fixationskreuz, eingeblendet, auf das während des gesamten Durchgangs die Augen gerichtet bleiben. Nach der Präsentation eines Hinweisreizes⁴ muss so schnell, wie möglich auf einen vorab definierten Zielreiz reagiert werden. Der Ablauf des Experiments ist in Abbildung 1 ausführlich dargestellt. Hinweisreize und Zielreize erscheinen während eines Versuchsblocks, von Durchgang zu Durchgang, entweder an der gleichen Position (*valider* Durchgang), oder an unterschiedlicher Position (*nicht-valider* Durchgang).

³ Paradigma meint hier das Modell für ein experimentelles Vorgehen.

⁴ „Hinweisreiz“ bezeichnet einen relevanten oder irrelevanten Reiz, der vor oder nach dem Zielreiz erscheint. Der Hinweisreiz kann mittig als Pfeilsymbol (zentral), oder an einem der Fixpunkte als abrupte Helligkeit- oder Farbveränderung (peripher) präsentiert werden.

Das entscheidende Phänomen ist, dass bei kurzem Zeitintervall („stimulus onset asynchrony“ = *SOA*) (<225/ 300 ms; Klein, 2000) in validen Durchgängen die Zielreize schneller beantwortet werden, als in nicht-validen (positionsbedingter Erleichterungseffekt). Bei einer längeren *SOA* dreht sich aber dieser Positionseffekt in das Gegenteil um (Posner & Cohen, 1994).

3. Die Rückkehrhemmung („inhibition of return“= *IOR*)

Zielreize, die an Positionen erscheinen, die kurz davor angezeigt wurden, werden langsamer beantwortet, als Zielreize an „neuen“, nicht angezeigten Positionen (siehe Abbildung 2). Dieses Phänomen wird Rückkehrhemmung⁵ der Aufmerksamkeit genannt (engl. „inhibition of return“ = *IOR*). Abwandlungen des räumlichen Hinweisreizparadigmas mit alternativen Reizen und mehr als zwei möglichen Fixpunkten, kommen zu den gleichen Ergebnissen (siehe, Klein, 2000).

Posner (1980) erklärt die *RZ*-Unterschiede durch eine räumliche Verlagerung der Aufmerksamkeit, die man mit der Ausrichtung eines Scheinwerfers vergleichen kann. Der Hinweisreiz bewirkt, dass sich die Aufmerksamkeit auf einen Fixpunkt verlagert. Erscheint an der gleichen Position der Zielreiz, ist die Aufmerksamkeit schon „vor Ort“. Daher werden valide Hinweisreize bevorzugt verarbeitet und können schneller erkannt und beantwortet werden. Erscheint der Zielreiz an einer anderen Stelle, muss sich die Aufmerksamkeit von dem angezeigten Fixpunkt ablösen und neu ausrichten. Dieser Prozess kostet Zeit und wird für die Reaktionszeitkosten durch nicht-validen Hinweisreize gegenüber validen Hinweisreizen verantwortlich gemacht (vergl., Scheinwerfermetapher, Posner, 1980, siehe Findlay & Gilchrist, 2003).

Nach Posner und Cohen (1994) sorgt das Aufmerksamkeitssystem nur ca. 300 ms (*SOA*) für die positionsbedingte Erleichterung (siehe, Klein, 2000). Nach Ablauf dieses Zeitintervalls wird an der Position, an die die Aufmerksamkeit hin verlagert wurde, eine Aufmerksamkeitshemmung ausgebildet, die dazu führt, dass Reize an „neuen“ Positionen bevorzugt die Aufmerksamkeit einfangen. Vertreter der Rückkehrhemmungshypothese gehen

⁵ Positionsabhängige Hinweisreizeffekte kann man berechnen, indem man von der durchschnittlichen Reaktionszeit (*RZ*) auf den Zielreiz in validen Durchgängen die durchschnittliche *RZ* in nicht-validen Durchgängen subtrahiert. Erleichterungseffekte zeigen sich durch einen negativen Betrag. *IOR*(-Effekte) zeigen sich durch einen positiven Betrag.

davon aus, dass es die Funktion der IOR ist, eine effiziente visuelle Suche zu gewährleisten (z.B., Posner & Cohen, 1984; siehe für einen Überblick, Klein, 2000).

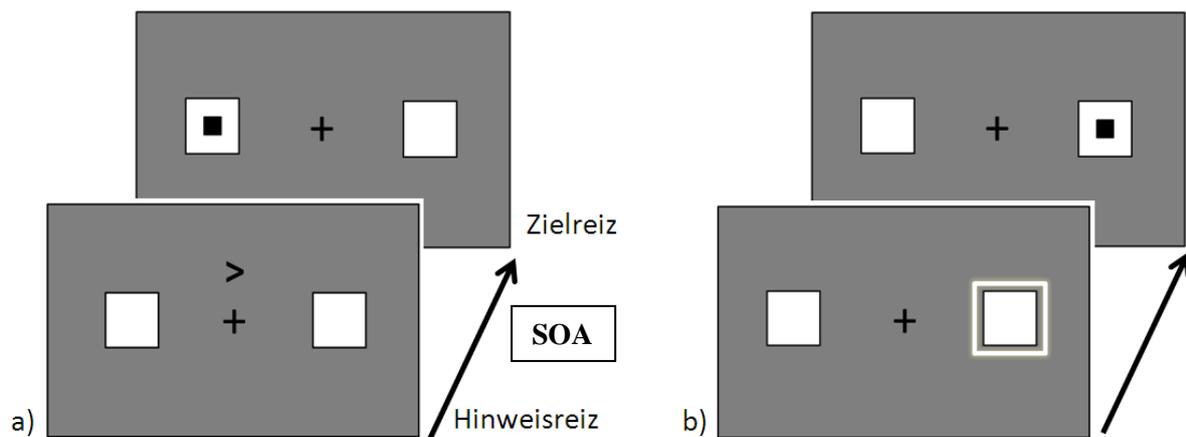


Abbildung 1: Modell des räumlichen Hinweisreizparadigmas (Posner, 1980): Der Zielreiz, auf den so schnell wie möglich per Tastendruck reagiert werden soll, erscheint per Zufall rechts oder links vom Fixationskreuz. Zuvor wird in einem bestimmten Zeitintervall (SOA) per Zufall das rechte oder das linke Kästchen angezeigt. a) nicht valide Hinweisbedingung mit *zentralem* Hinweisreiz³; b) valide Hinweisbedingung mit *peripherem* Hinweisreiz. In b) kommt es bei $SOA < 225/300$ ms zu Erleichterungseffekten und bei $SOA > 225/300$ ms zu einer IOR. Voraussetzung für die IOR ist, dass Hinweisreizstelle und Zielreizstelle über die Durchgänge hinweg nicht korreliert sind, sprich der Hinweisreiz uninformativ³ für die Position des Zielreizes ist.

3.1. Voraussetzungen der Rückkehrhemmung („inhibition of return“= IOR)

Willkürliche und unwillkürliche Aufmerksamkeitsverlagerung

Zentrale Hinweisreize (zentrales Pfeilsymbol, siehe Abbildung 1) bewirken eine *endogene, willentliche* Verlagerung der Aufmerksamkeit, die immer top-down kontrolliert ist. *Periphere* Hinweisreize (flüchtige Helligkeitsveränderung am Rande des Blickfeldes), können die Aufmerksamkeit *unwillkürlich* und *exogen* einfangen, ohne dass top-down Einfluss stattfindet (siehe, Yantis, 1993).

Die unwillkürliche, reflexartige, automatische Verlagerung der räumlichen Aufmerksamkeit auf einen Fixpunkt wird *Aufmerksamkeitseinfang* (engl. „attentional capture“) genannt. Aufmerksamkeitseinfang bezeichnet das Phänomen, dass besonders auffällige (saliente) Reize, die aufgrund ihrer physikalischen Reizmerkmale hervorstechen, zu einer unwillkürlichen Verlagerung der Aufmerksamkeit führen. Als besonders auffällige

(saliente) Reize haben sich einzeln auftretende periphere Onsets (z.B., Yantis & Jonides, 1984) und Merkmalssingletons (engl. für „Einzigartiges“) (z.B., Theeuwes, 1992) erwiesen.

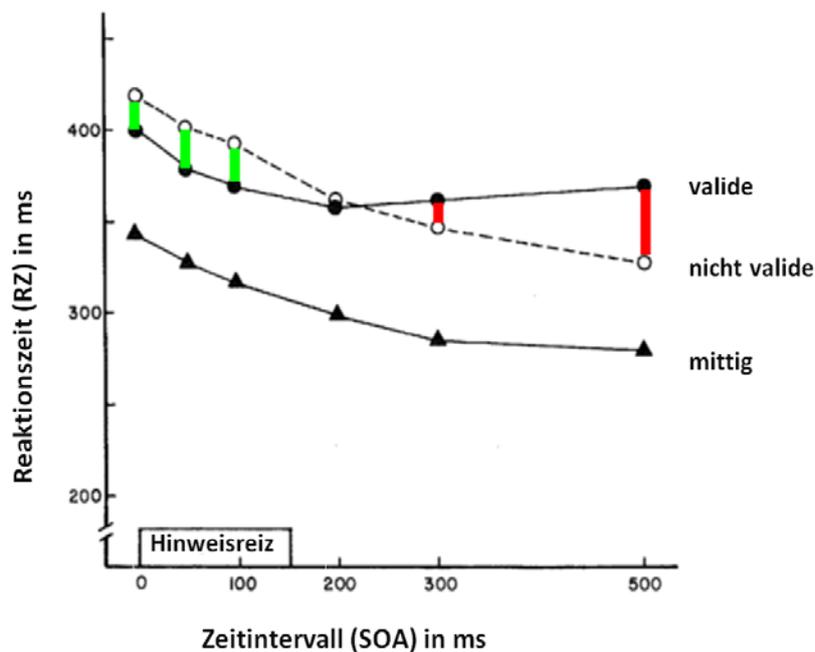


Abbildung 2: RZ auf den Zielreiz als Funktion der SOA und der Hinweisreizbedingung (valide angezeigt, nicht valide angezeigt und mittig präsentiert) mit peripheren Hinweisreizen (aus Posner & Cohen, 1984); In Grün ist der Reaktionszeitvorteil von validem Anzeigen gegenüber nicht validem Anzeigen dargestellt (Erleichterungseffekt). In Rot markiert ist der Reaktionszeitnachteil des validen Anzeigens gegenüber dem nicht validen nach längerem Zeitintervall (IOR). Wie man an der Kreuzung der Grafen sehen kann, beginnt die Rückkehrhemmung nach einer SOA von ca. 200-300 ms.

*Onsets*⁶ sind abrupte Helligkeitsveränderungen, die im Experiment meist am Rande des Blickfeldes (peripher) einsetzen. Ein *Singleton* oder *Merkmalssingleton* ist ein Element in der Anzeige, das beispielsweise mit seiner Farbe, seiner Helligkeit, seiner Form, oder in der Dynamik der Präsentation einzigartig unter sonst homogenen Elementen ist. Anders ausgedrückt, ein Singleton ist ein Reiz, der durch die Merkmalsausprägung definiert und erkennbar ist, durch die er sich vom Rest der homogenen Reize in der Anzeige unterscheidet.

⁶ Falls es sich um ein einzelnes Onset-Element handelt spricht man von einem Onset-Singleton. Ihr abruptes, dynamisches Erscheinen ist das Merkmal, durch das sie sich definieren. Sofern nicht explizit davon abgewichen wird, ist im vorliegenden Text mit *Onset* vorerst immer *Onset-Singleton* gemeint, also ein einzeln auftretender dynamischer Reiz.

Um zu bewirken, dass die VersuchsteilnehmerInnen keinen willentlichen Anreiz hatten, ihre Aufmerksamkeit auf den Hinweisreiz zu verlagern, gestalteten Posner und Cohen (1984) im räumlichen Hinweisreizparadigmas die peripheren Hinweisreize als *uninformativ*⁷ für die Position des Zielreizes. Das bedeutet, dass Hinweisreizposition und Zielreizposition über die Durchgänge hinweg nicht miteinander korrelieren. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Hinweisreizposition valide mit der Zielreizposition ist, ist in diesem Fall unter dem Zufallsniveau. Mit anderen Worten, uninformative Hinweisreize sind keine verlässlichen räumlichen Vorboten des Zielreizes.

Es zeigte sich, dass bei uninformativen zentralen Hinweisreizen keine positionsbedingten Erleichterungseffekte zu beobachten waren. Nur periphere, uninformative Hinweisreize führten zu den positionsbedingten Erleichterungs- und Hemmungseffekten. Posner (1980) schloss daraus, dass die Verlagerung der Aufmerksamkeit auf (uninformative) periphere Hinweisreize *unwillkürlich, automatisch* und *reflexartig* ist, da sie trotz strategischem Nachteil stattfindet. Die Aufmerksamkeit wurde auf die Position des Hinweisreizes verlegt, obwohl diese mit größter Wahrscheinlichkeit nicht die des darauffolgenden Zielreizes war. Posner (1980) folgerte, dass die peripheren Reize aufgrund ihrer hervorstechenden physikalischen Reizeigenschaften (Salienz) die Fähigkeit haben die Aufmerksamkeit „von außen“ zu steuern. Deshalb bezeichnete Posner (1980) sie als *exogene* Reize. Exogene Hinweisreize können reizgesteuert oder zielgesteuert die Aufmerksamkeit einfangen (Folk, Remington, & Johnston, 1992) (mehr dazu in Kapitel I.4.1).

Die Rückkehrhemmung („inhibition of return“= IOR) tritt nur bei uninformativen peripheren Hinweisreizen auf nie nach Hinweisreizen, die Anlass für eine willentliche, endogene Aufmerksamkeitsverlagerung geben, wie zentrale (Posner & Cohen, 1984; Posner, Rafal, Choate, & Vaughan, 1985). Dieses Ergebnis war entscheidend für die Erkenntnis, dass die IOR ein Mechanismus des unwillkürlichen Aufmerksamkeitssystems ist (Posner & Cohen, 1984). Der unwillkürliche Aufmerksamkeitsseinfang gilt als eine entscheidende Voraussetzung für die IOR (Posner et al., 1985). Vertreter der Rückkehrhemmungshypothese gehen davon aus, dass die Funktion der IOR ist, die Aufmerksamkeit von Fixpunkten

⁷ „uninformativ“ bedeutet, dass die Hinweisreize, über die Durchgänge hinweg, mit einer Wahrscheinlichkeit unter dem Zufall, die Position des Zielreizes anzeigen (valide sind) und den TeilnehmerInnen somit nicht als verlässlicher räumlicher Indikator für die Zielreizposition dient.

wegzulenken, an denen sie kurz vorher unwillkürlich durch exogene Reize eingefangen wurde (siehe, Klein, 2000).

Posner et al. (1985) haben angenommen, dass es für die Ausbildung der positionsbezogenen Hemmung nötig ist, dass sich die Aufmerksamkeit zwischen Hinweisreiz und Zielreiz von dem Fixpunkt ablöst, daher der Name „Rückkehrhemmung der Aufmerksamkeit“. IOR trat bei Posner et al. (1985) nur in Experimentalbedingungen auf, in denen exogene Reize verwendet wurden und Anlass für eine zwischenzeitliche Ablösung gegeben wurde (z.B. durch Aufblinken des Fixationskreuzes zwischen den Anzeigen). Andere Forschungsarbeiten finden jedoch IOR, auch wenn keine Ablösung zwischen Hinweisreiz und Zielreiz stattgefunden hat (siehe, Berlucchi, Tassinari, Marzi, & Distefano, 1989; Chica, Lupianez, & Bartolomeo, 2006).

Wirkmechanismen der IOR

Klein (2000) vermutet, dass die Bedingung für die Entstehung der aufmerksamkeitsbezogenen IOR ist, dass der Hinweisreiz die Augenmuskulatur aktiviert (siehe, Klein, 2000). Diese Theorie basiert auf den Funden, dass IOR nur eintritt, wenn auf den Hinweisreiz eine Sakkade entweder ausgeführt oder zumindest geplant wurde (Rafal, Calabresi, Brennan, & Sciolto, 1989). Aus der IOR-Studie von Rafal et al. (1989) geht hervor, dass zentrale Reize nicht unwillkürlich zu einer IOR führen, wenn die Aktivierung der Augenbewegungsmuskulatur unterbunden ist, periphere Reize jedoch schon. Klein (2000) erklärt die Ergebnisse von Rafal et al. (1989) und die Tatsache, dass Posner und Cohen (1984) auch keine IOR nach zentralen (endogenen) Reizen fanden, mit der Unabhängigkeitshypothese (Klein & Pontefract, 1994; siehe Kapitel I.2.1). Sobald eine endogene, willkürliche Aufmerksamkeitsverlagerung initiiert wird, wie es bei zentralen Hinweisreizen der Fall ist, kann die Aufmerksamkeit verdeckt verlagert werden unabhängig von einer Augenbewegungsaktivierung. Daher kommt es nicht zur IOR, wenn mit zentralen Hinweisreizen bei fixierten Augen getestet wird. Bei unwillkürlicher Verlagerung sind verdeckte und offene Aufmerksamkeit gekoppelt (Rizzolatti, et al., 1987). Exogenen Reize, wie Onsets, aktivieren, laut Klein (2000), im Gegensatz zu zentralen Hinweisreizen, die Augenbewegungsmuskulatur unwillkürlich (siehe auch, Wu & Remington, 2003). Das ist seiner Meinung nach die Erklärung für die IOR, die ausschließlich nach peripheren (uninformativen) Reizen auftritt, nicht aber nach zentralen (vergl., Rafal et al., 1989).

Für die Hemmung im Sinne der Rückkehrhypothese müssen „bekannte“ Fixpunkte im Gedächtnis gehalten werden, daher kann eine Verstrickung des IOR Mechanismus mit dem räumlichen Arbeitsgedächtnis nicht ausgeschlossen werden (siehe, Castel, Pratt, & Craik, 2003). IOR wurde sowohl in manuellen Antworten auf den Zielreiz (z.B. Posner & Cohen, 1984), als auch in sakkadischen Antworten gefunden, in denen als Zielreaktion eine Augenbewegung auf den Zielreiz gefordert war (Abrams & Dobkin, 1994; Vaughan, 1984).

Es gibt neben der Annahme, dass die IOR ein Aufmerksamkeitseffekt ist zwei weitere Hypothesen zu den Wirkmechanismen der IOR (siehe, Klein, 2000). In manchen Forschungsarbeiten wurden sensorische Ursachen für die IOR verantwortlich gemacht (Dukewich, 2009; aber Posner & Cohen, 1984; Posner et al., 1985; siehe Klein, 2000). Es handelt sich demnach bei der IOR sozusagen um ein Defizit der Wahrnehmung, schnell hintereinander wiederholte Reizeigenschaften sensorisch zu verarbeiten. Andere Arbeiten betonen, dass eine Reaktionshemmung auf motorischer Ebene nicht unwesentlich zu den IOR-Effekten beiträgt (Chica, Taylor, Lupianez, & Klein, 2010). Demnach gibt es einen natürlichen Widerstand eine Bewegung mit den gleichen Koordinaten (auf den valide präsentierten Zielreiz) auszuführen, die kurz davor unterdrückt wurde, als der Hinweisreiz erschien.

4. Der Einfluss von Aufmerksamkeitskontrolle auf die IOR

Wie in der Einleitung thematisiert, gibt es Anlass zu der Frage, ob der unwillkürliche Aufmerksamkeitseinfang bottom-up, oder top-down gesteuert ist (z.B. Yantis, 1993). Die IOR gilt als ein Resultat des unwillkürlichen räumlichen Aufmerksamkeitseinfangs (siehe, Klein, 2000; Posner, et al., 1985). Es wird angenommen, dass ein Hinweisreiz, nach längerem Zeitintervall (SOA >225/ 300 ms bei manuellen Antworten, Klein, 2000) nur dann eine IOR nach sich zieht, wenn die Aufmerksamkeit unwillkürlich durch diesen eingefangen wurde. Daher liegt es auf der Hand die Forschungsdebatte zum reizgesteuerten und aufgabengesteuerten Aufmerksamkeitseinfang auf das IOR-Phänomen auszuweiten (vergl., Klein, 2000; Gibson & Amelio, 2000).

4.1. Exkurs: die Kontroverse der Aufmerksamkeitssteuerung

Die Perspektive eines rein reizgesteuerten Aufmerksamkeitseinfangs

Die Vertreter eines rein reizgesteuerten (bottom-up) Aufmerksamkeitseinfangs (z.B. Jonides & Yantis, 1988; Theeuwes, 1992) gehen davon aus, dass die auffälligsten Reize zu der stärksten Aktivierung auf einer retinotopen Salienzkarte (Itti & Koch, 2001) führen. Auffälligkeit (Salienz) ist dabei das Resultat von physikalischen Merkmalskontrasten (z.B., Farbe, Helligkeit, Orientierung). Diese Aktivierung führt unwillkürlich, automatisch und unabhängig von den Zielen des Betrachters zu einer Verlagerung der räumlichen Aufmerksamkeit auf den Fixpunkt des auffälligsten Reizes (z.B. Theeuwes, 1992). Die Aufmerksamkeit (offen und verdeckt) richtet sich nach dieser Karte automatisch nach einem Alles-oder-nichts-Prinzip auf die Stelle mit der stärksten Aktivierung (siehe z.B., Kowler, 2011; Schubo & Muller, 2009; Theeuwes & Godijn, 2004). Erwartungen, Ziele, Aufgaben und Inhalte aus höheren kortikalen Ebenen haben dieser Theorie nach, erst nach der Aufmerksamkeitsverlagerung Einfluss auf die Aufmerksamkeit (Theeuwes, et al., 2000).

Während die einen davon ausgehen, dass die relative Auffälligkeit (Salienz) eines Reizes darüber entscheidet, dass die Aufmerksamkeit eingefangen wird (z.B., Theeuwes, 1992; Theeuwes, Atchley, & Kramer, 2000), vertreten andere die Hypothese, dass nur abrupte periphere Helligkeitsveränderungen, wie einzelne Onsets, die Aufmerksamkeit unwillkürlich einfangen können (z.B., Jonides & Yantis, 1988).

In visuellen Suchaufgaben, in denen ein bestimmtes Merkmalssingleton gesucht werden sollte, haben Störreize⁸, in Form von anderen Merkmalssingletons (z.B., Theeuwes, 1992), oder in Form von Onsets (z.B. Jonides & Yantis, 1988; siehe; Theeuwes, 1991, 1994), zu Interferenzeffekten geführt, obwohl sie weder räumlich für den Zielreiz informativ waren, noch die zielreizdefinierenden Eigenschaften besaßen. Theeuwes (1992) bat seine VersuchsteilnehmerInnen, unter grünen Rechtecken einen grünen Kreis als Zielreiz zu suchen (Formsingleton), und so schnell wie möglich auf diesen per Tastendruck zu reagieren. In einigen der Durchgänge wurde gleichzeitig mit dem Zielreiz ein, für die Aufgabe irrelevanter

⁸ Der Begriff „Störreiz“ bezieht sich meist auf einen irrelevanten Reiz, der gleichzeitig mit dem Zielreiz eingeblendet wird (siehe, Treisman & Gelade, 1980, zitiert in Ansorge & Heumann, 2003). Im Gegensatz dazu bezeichnet „Hinweisreiz“ eher einen relevanten oder irrelevanten Reiz, der vor oder nach dem Zielreiz erscheint.

Farbsingleton, als Störreiz eingeblendet (ein rotes Rechteck unter den grünen). In den Durchgängen mit Störreiz war die Suche nach dem Zielreiz, gegenüber den Kontrolldurchgängen ohne Störreiz, signifikant verlangsamt. Wenn der Zielreiz das Farbsingleton war, und der Störreiz der Formsingleton, gab es jedoch keine Interferenzeffekte. Theeuwes (1992) schloss daraus, dass die Farbsingletons aufgrund ihrer Salienz die Aufmerksamkeit reizgesteuert eingefangen haben. So kam es, dass die Suche in der Störreizbedingung an dem Fixpunkt des Störreizes startete und sich die Aufmerksamkeit erst von dem Störreizfixpunkt ablösen musste, bevor sie sich auf den Zielreiz ausrichten konnte. In der Kontrollbedingung dagegen, wurde die Aufmerksamkeit direkt durch den Zielreiz eingefangen, da in diesen Bedingungen der Zielreiz der salienteste Reiz in der Anzeige war. Das verkürzte die Suchzeit erheblich. Obwohl der Störreiz weder räumlich informativ für den Zielreiz war, noch die zielreizdefinierenden Eigenschaften besaß, konnte er scheinbar nicht ignoriert werden. Die Tatsache, dass es trotz strategischem Nachteil zu aufmerksamkeitsverursachten Interferenzen kam, wurde dahingegen gedeutet, dass die Aufmerksamkeit unwillkürlich und reizgesteuert durch saliente Reize eingefangen wird (z.B., Theeuwes, 1992).

Ähnliche Effekte konnten auch für offene Aufmerksamkeitsverlagerung gefunden werden (Theeuwes, Kramer, Hahn, & Irwin, 1998; Theeuwes, Kramer, Hahn, Irwin, & Zelinsky, 1999; zitiert in Theeuwes & Godijn, 2004). Dieses Phänomen wird als okulomotorischer Aufmerksamkeitseinfang (engl. „oculomotor capture“) oder Augenbewegungseinfang bezeichnet. Es zeigte sich, dass die willentliche Ausrichtung der offenen Aufmerksamkeit auf ein Farbsingletonziel durch einen plötzlich einsetzenden exogenen Onset gestört wird. Dieser Interferenzeffekt kann sich auf drei Arten zeigen: Durch einen unwillkürlichen Blickeinfang zu einem unerwarteten irrelevanten Onset-Störreiz während einer willentlich ausgeführten Sakkade auf ein Farbsingletonziel (Theeuwes, Kramer, Hahn, Irwin, & Zelinsky, 1999), durch eine Verlangsamung der Sakkadenlatenzzeit⁹ auf den Zielreiz, wenn der Störreiz anwesend ist (siehe z.B., Godijn & Theeuwes, 2002), oder durch eine Ablenkung der zielgerichteten Sakkadenkurve zum Störreiz hin (z.B., McPeck, Skavenski, & Nakayama, 2000; Theeuwes, et al., 1999) oder vom Störreiz weg (Godijn & Theeuwes, 2002; Rizzolatti, et al., 1987).

⁹ Sakkadenlatenz ist hier die Zeit, die zwischen dem Einsetzen des Reizes und dem Einsetzen der Augenbewegung (Sakkade) vergeht.

Die Perspektive des zielgesteuerten Aufmerksamkeitseinfangs die Kontingenzhypothese

Der alternative Forschungsstandpunkt besagt, dass die Aufgaben und Ziele des Betrachters bestimmen können, dass nur saliente Reize die Aufmerksamkeit einfangen, wenn diese den Repräsentationen der momentanen Zielreize entsprechen (vergl., Ansorge, Kiss, Worschech, & Eimer, 2011; Folk, et al., 1992; Wolfe, 1994).

Folk et al. (1992) zeigten dies, indem sie zwei verschiedene Arten von Hinweisreizen im räumlichen Hinweisreizparadigma (Posner, 1980) verwendeten (siehe Abbildung 3): Aufgabenrelevant oder aufgabenirrelevant. Die Hinweisreize erschienen entweder valide oder nicht-valide zur Zielreizposition. Sie wurden mit einer SOA von 150 ms zufällig an einem von vier Fixpunkten peripher eingeblendet, uninformativ für die Zielreizposition. Pro Block war der Zielreiz entweder als Onset oder als Farbsingleton definiert. Relevant war ein Hinweisreiz dann, wenn er in seiner Art (Onset oder Farbsingleton), bzw. seinem definierendem Merkmal, dem Zielreiz entsprach.

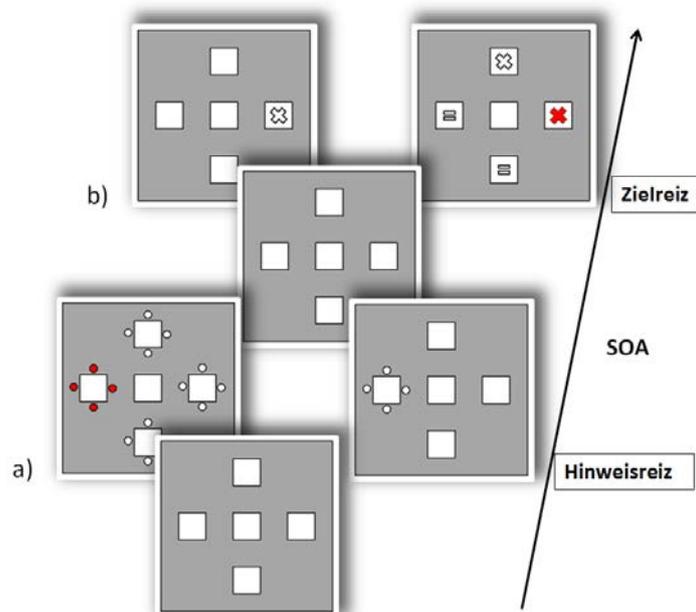


Abbildung 3: Modellhafte Darstellung des Experiments von Folk et al. (1992). Nach der Platzhalteranzeige, erscheint a) der Hinweisreiz, der entweder ein Farbsingleton ist (links), oder ein Onset (rechts), nach 150 ms Zeitintervall (SOA), erscheint b) der Zielreiz („x“ oder „=“), der so schnell wie möglich per Tastendruck identifiziert werden soll. Der Zielreiz ist in einem Block durchgehend entweder ein Onset (links) oder ein Farbsingleton (rechts). Der Hinweisreiz kann entweder valide oder nicht valide zur Zielreizposition präsentiert werden. Hinweisreizposition und Zielreizposition sind über die Durchgänge hinweg nicht korreliert. Folk et al. (1992) zeigten, dass es nur bei Übereinstimmung (Kontingenz) von Hinweisreizart und Zielreizart zu Erleichterungseffekten kommt (valide angezeigte Ziele sind schneller zu beantworten, als nicht valide).

Folk et al. (1992) haben vorhergesagt, dass nur aufgabenrelevante, saliente Hinweisreize die Aufmerksamkeit unwillkürlich einfangen werden. Gemäß Posner (1980), erwarteten Folk et al. (1992), dass nur die Hinweisreize zu Validitätseffekten führen, die die Aufmerksamkeit eingefangen haben. Wie erwartet, zeigte sich, dass Onset-Hinweisreize, nur zu Erleichterungseffekten führten, wenn das Ziel als Onset definiert war, aber nicht, wenn es als Farbsingleton definiert war. Das Gleiche konnte man umgekehrt mit Farbsingleton-Hinweisreizen beobachten. Diese haben nur vor Farbsingleton-Zielen Erleichterungseffekte bewirkt, aber nicht vor Onset-Zielen. Folk et al. (1992) erklärten sich die Ergebnisse mit der Hypothese des *unwillkürlichen Aufmerksamkeitseinfang durch Kontingenz* (engl. „unvoluntary contingency capture“). Nach dieser Hypothese wird durch die Merkmale des Zielreizes eine *Aufmerksamkeitskontrolleinstellung (AKE)* angelegt, durch die vorab in einem präattentiven Stadium programmiert wird, durch welche Merkmale die Aufmerksamkeit eingefangen wird. Es kommt demnach nur bei Übereinstimmung (Kontingenz) von Zielreiz- und Hinweisreizeigenschaften zum Aufmerksamkeitseinfang (*Kontingenzeinfang*). Merkmale, die zum aufgabengesteuerten Aufmerksamkeitseinfang führen, sind als aufgabenrelevant oder AKE passend definiert (siehe, Gibson & Amelio, 2000).

Nach diesem Ansatz kann der automatische unwillkürliche, exogene Aufmerksamkeitseinfang von höheren kognitiven Ebenen top-down beeinflusst werden, ohne dass dieser Prozess einer internen und bewussten Überwachung von Seiten des Beobachters bedarf (siehe, Ansorge, Horstmann, & Scharlau, 2010). Anders als Theeuwes (2010) behauptet, muss also ein exogener, unwillkürlicher Aufmerksamkeitseinfang nicht gleichbedeutend mit bottom-up Steuerung sein. An diesem Punkt befinden sind wir nun mitten in der Forschungsdebatte, in die sich die vorliegende Arbeit einreicht

4.2. IOR unter Aufmerksamkeitskontrolleinstellung

Es wird angenommen, dass der Fixpunkt, an dem die Aufmerksamkeit eingefangen wird, sozusagen mit einer Art aufmerksamkeitsbezogener Hemmungsmarke versetzt wird (Posner & Cohen, 1984). Wenn die Kontingenzhypothese (Folk et al., 1992) nicht gilt, und höhere kognitive Areale keinen Einfluss auf den Aufmerksamkeitseinfang haben (z.B. Theeuwes, 1992), kann davon ausgegangen werden, dass aufgabenrelevante, genauso wie aufgabenirrelevante saliente Hinweisreize, zu einem Einfang führen und gleichermaßen eine IOR nach sich ziehen (vergl., Schreij, Theeuwes, & Olivers, 2010; Theeuwes & Godijn,

2002). Falls Aufmerksamkeitsausrichtung top-down, durch Ziele und Aufgaben gesteuert werden kann, wie die Kontingenzhypothese postuliert, sollten jedoch nur aufgabenrelevante Hinweisreize die Aufmerksamkeit einfangen, und eine IOR bewirken, nicht aber aufgabenirrelevante (vergl., Folk & Remington, 2006; Folk, et al., 1992; Klein, 2000).

Das folksche Experiment (1992) (siehe Abbildung 3) hat mit langer SOA in Vorgängerstudien nicht zu den entsprechenden IOR-Effekten geführt, wie sie nach der Kontingenztheorie zu erwarten gewesen wären (Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001). Wie im Originalexperiment von Folk et al. (1992) wurde entweder vor Onset-Zielreizen oder vor Farbsingleton-Zielreizen, ein Onset-Hinweisreiz oder ein Farbsingleton-Hinweisreiz eingeblendet. Im Unterschied zu Folk und Kollegen (1992) wurde eine kurze SOA (≤ 150 ms) und eine lange SOA-Zeit (≥ 850 ms) getestet. Diese Studien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001; aber nicht Pratt & McAuliffe, 2002) haben gezeigt, dass bei kurzer SOA, der Kontingenzhypothese (Folk et al., 1992) entsprechend, nur positionsabhängige Erleichterungseffekte aufgetreten sind, wenn Onsets vor Onset-Zielen, oder Farbsingletons vor Farbsingleton-Zielen, als Hinweisreize eingeblendet wurden, aber nicht, wenn Hinweisreizart und Zielreizart nicht übereinstimmten. In den Bedingungen mit langer SOA dagegen, zeigte sich kontingenzbedingte IOR nur bei Onsets, aber nicht bei Farbsingletons.

Farbsingleton-Hinweisreize haben weder eine IOR bewirkt, wenn Farbsingletons das Ziel waren, noch wenn Onsets das Ziel waren (Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001). Onsets, als Hinweisreize, führten vor Farbsingleton-Zielreizen nicht zur IOR (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001). Gibson und Amelio (2000) folgerten aus ihren Ergebnissen, dass die IOR top-down kontrolliert wird, da sonst Onset-Hinweisreize vor Farbsingletons auch zur IOR hätten führen müssen.

Pratt et al. (2001) waren anderer Meinung. Pratt et al. (2001) haben ergänzend zu Gibson und Amelio (2000) zwei Aufmerksamkeitskontrollbedingungen untersucht. In der einen gab es für alle Durchgänge eines Experimentalblocks nach Onset- oder Farbsingleton-Hinweisreizenden gleichen Zielreiz (Onset oder Farbsingleton) (geblockte Bedingung). In der anderen variierte innerhalb eines Blocks die Art des Zielreizes, per Zufall, von Durchgang zu Durchgang (Zufallsbedingung). In der kurzen SOA-Bedingung (150 ms) wurden, wenn die Beobachter eine feste AKE anlegen konnten (geblockte Bedingung), weder bei Onsets, noch

bei Farbsingletons Erleichterungseffekte gefunden, wenn Hinweisreiz und Zielreiz in der Art nicht übereingestimmt. In der Zufallsbedingung haben jedoch beide Hinweisreizarten unabhängig von der Zielreizart Erleichterungseffekte bewirkt. Das spricht, wie bei Gibson und Amelio (2000), für einen aufgabengesteuerten Kontingenzeinfang (vergl., Folk, et al., 1992).

Bei verlängerter SOA (850 ms) wurde signifikante IOR nur in der Onset-Onset-Konstellation gefunden, unabhängig davon, ob die Zielreizeigenschaften geblockt waren oder zufällig. Die Onset-Farbsingleton-Konstellation zeigte eine latente IOR, die bei Pratt et al. (2001) nicht signifikant¹⁰ wurde. In der Grafik (Pratt et al., 2001; Exp.2) kann man für die Farbsingletons als Hinweisreize latente Erleichterungseffekte ablesen, unabhängig von der AKE-Bedingung und den Zielreizeigenschaften, aber in keiner Farbsingleton-Bedingung IOR (vergl. auch Gibson & Amelio, 2000). Das heißt, die Farbsingletonhinweisreize führten bei einer SOA (≥ 850 ms) nicht zu einer darauffolgenden Hemmung an ihrer Position (IOR), auch wenn sie der AKE entsprachen und aufgabenrelevant waren. Die Tatsache, dass Onset-Hinweisreize eine IOR nach sich zogen, auch wenn die Beobachter keine AKE anlegen konnten (Zufallsbedingung), interpretierten Pratt et al. (2001) folgendermaßen: IOR wird als ein reizgesteuerter Mechanismus des Aufmerksamkeitssystems angesehen, der nicht durch eine AKE zu beeinflussen ist (vergl., Pratt & McAuliffe, 2002; Schreij, et al., 2010; Theeuwes & Godijn, 2002). Onsets als salienteste Reize haben demnach unabhängig von den Zielen und Absichten des Betrachters zur IOR geführt. Die Tatsache, dass Onsets nur vor Onset-Zielen zur IOR geführt haben, wird damit erklärt, dass Farbsingletons eine andere Wirkung auf die IOR haben, als Onsets. Es wird eingeräumt, dass man in Studien mit kurzen SOAs Erleichterungseffekte in Abhängigkeit von Hinweisreiz-Zielreiz-Übereinstimmung auch bei Farbsingletons findet. Das allerdings ist, laut Pratt et al. (2001), darauf zurückzuführen, dass Erleichterungseffekte und die IOR auf unterschiedlichen Mechanismen beruhen (siehe z.B., D. T. Smith, et al., 2009). Erleichterungseffekte sind demnach abhängig von top-down Einfluss und IOR-Effekte sind rein reizgesteuert (Pratt, et al., 2001).

Einig sind sich die Erklärungsansätze in der Vermutung, dass Farbsingletons keine IOR bewirken können (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001). Farbsingletons führen

¹⁰ In einer Wiederholungsstudie in der methodische Effekte kontrolliert wurden, war diese Konstellation jedoch signifikant (Pratt & McAuliffe, 2002).

demnach nicht zu einer IOR, weil sie nur eine endogene und nicht, wie Onsets, eine exogene Aufmerksamkeitsverlagerung bewirken (Pratt, et al., 2001). Beziehungsweise wird angenommen, dass Farbsingletons anders verarbeitet werden als Onsets, und deshalb nicht zur IOR führen (Gibson & Amelio, 2000; Wu & Remington, 2003).

5. Herleitung der Fragestellung

Mit der Literatur zum räumlichen Hinweisreizparadigma und Forschungsarbeiten zum Kontingenzeinfang lässt sich nicht begründen, weshalb die IOR in den Vorgängerstudien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001) in der Farbsingletonhinweisreizbedingung ausbleibt.

Im folkschen Hinweisreizparadigma zeigt sich wiederholt, dass bei einer kleinen SOA (<225 ms, mit manuellen Antworten; Klein, 2000) der Aufmerksamkeitseinfang top-down gesteuert ist, und dass Farbsingletons die Aufmerksamkeit exogen einfangen. Wenn Teilnehmer im räumlichen Hinweisreizparadigma (siehe Abbildung 3) nach Onset-Ziele suchen, gibt es bei kurzer SOA nur positionsbedingte Erleichterungseffekte für Onset-Hinweisreize, aber nicht für Farbsingleton-Hinweisreize. Bei der Suche nach Farbsingleton-Zielen war es umgekehrt (Folk, et al., 1992; Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001). Dieser top-down Einfluss durch eine spezifische Aufmerksamkeitskontrolleinstellung konnte auch gezeigt werden, wenn man nur die Relevanz der Farbe des Hinweisreizes variiert hat (Ansorge & Horstmann, 2007; Ansorge, et al., 2011; Folk & Remington, 1998; Theeuwes & Burger, 1998). Nur wenn in diesen Studien der Farbsingleton-Hinweisreiz, die relevante, durch den Zielreiz definierte Farbe hatte, führte er zu positionsbedingten Erleichterungseffekten. Es kam zu keinen Effekten, wenn Farbsingleton-Hinweisreiz und Farbsingleton-Zielreiz nicht in ihrer Farbe übereinstimmen.

Theeuwes und Godjin (2002, 2004) oder Folk und Remington (2006) konnten IOR nach Farbsingleton-Hinweisreizen finden. Theeuwes und Godijn (2002) blendeten einen uninformativen irrelevanten Farbsingleton-Hinweisreiz, mit einer SOA von 350 ms, vor einem Offset-Zielreiz¹¹ ein. Die Farbsingleton-Hinweisreize waren weder mit der Stelle des Zielreizes korreliert, noch entsprachen sie der AKE für Offsets. Dennoch führten sie zu einer langsameren Reaktion auf den Zielreiz, wenn dieser an der gleicher anstatt an einer anderen Position erschien. Daraus schlossen die Forscher, dass Farbsingleton-Hinweisreize zu einem

¹¹ abruptes Verschwinden eines Elements

frühen Zeitpunkt die Aufmerksamkeit reflexartig und vollständig reizgesteuert einfangen und dass die Kontingenzhypothese auf die IOR nicht zutreffen kann, weil die Aufgabe war, nur auf Offset-Reize zu achten.

Folk und Remington (2006) führen die Ergebnisse von Theeuwes und Godjin (2002) darauf zurück, dass die VersuchsteilnehmerInnen nach einem dynamischen Offset gesucht haben. Die Farbsingleton-Hinweisreize in diesem Experiment waren nach Folk und Remington (2006) jedoch nicht aufgabenirrelevant, wie Theeuwes und Godjin (2002) annahmen, sondern teilten sich die Eigenschaft mit dem Zielreiz, dynamisch und Singleton zu sein. Mit dieser Theorie, lassen sich die Ergebnisse mit einem aufgabengesteuerten Aufmerksamkeitseinfang erklären. Für den aufgabengesteuerten Aufmerksamkeitseinfang, der mit IOR gemessen wird, ist laut Folk und Remington (2006) entscheidend, ob Zielreizsingleton und Hinweisreizsingleton in der Eigenschaft übereinstimmen, dynamisch oder „statisch“ zu sein (siehe dazu auch, Wu & Remington, 2003).

Es ist anzumerken, dass sich die Reizkombination von dynamischen Onsets und statischen Farbsingletons nicht auf die kontingenten Erleichterungseffekte bei kurzer SOA ausgewirkt hat (Folk, et al., 1992; Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002). Aus diesem Grund ist unbedingt anzunehmen, dass Onsets eine spezifische Vorrangstellung in der Fähigkeit haben, IOR auszulösen. Mit Klein (2000) und Rafal, et al., (1989) kann man davon ausgehen, dass die Aktivierung der Augenmuskulatur zu einem Fixpunkt eine notwendige Voraussetzung für eine IOR an dieser Position ist. Erleichterungseffekte werden dagegen unabhängig von der Aktivierung des Augenbewegungsapparats beobachtet (Smith, et al., 2009). Während des Experiments von Gibson und Amelio (2000) oder Pratt et al. (2001) musste zwischen der Aufmerksamkeitskontrolleinstellung für Farbsingletons und für Onsets gewechselt werden. Farbsingletons standen sozusagen in Konkurrenz mit Onset-Reizen. Es gibt Anzeichen dafür, dass Hinweisreize, die sich aufgrund von Farbe und statischen Merkmalen definieren (Farbsingletons) in Bezug auf ihre Aktivierungsfähigkeit in dem präattentionalen Stadium nicht mit dynamischen Onset-Singletons vergleichbar sind (Wu & Remington, 2003). Dieser Einwand kommt den Erklärungsversuchen von Gibson und Amelio (2000) nahe, die damit begründeten, dass Farbsingletons bei ihnen zu keiner IOR führen. Es ist nicht unbedingt davon auszugehen, dass Farbsingletons keine IOR verursachen können (vergl., Folk & Remington, 2006; Theeuwes & Godjin, 2002). Vielmehr könne es sein, dass Onsets eine dominante Rolle in der AKE einnehmen (siehe, Burnham, 2007; Folk &

Remington, 2006; Gibson & Kelsey, 1998), oder dass Onset-IOR einen anderen Zeitverlauf als Farbsingleton-IOR hat (siehe, Wu & Remington, 2003) und deshalb in den Experimenten in der statistischen Analyse mit den Onsets-Effekten nicht gefunden wurde.

Die aufgezählten Arbeiten, die im folkschen Hinweisreizparadigma mit langer SOA keine kontingenzbedingte IOR für Farbsingletons, aber für Onsets fanden (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001), haben manuelle Diskriminationsaufgaben mit einer SOA > 850 ms verwendet. Bekanntlich ist in dieser Bedingung IOR schon nach 225/ 300 ms zu beobachten (Klein, 2000). Die SOA war also relativ lang. Da es nur eine längere SOA-Bedingung, und damit nur einen Messzeitpunkt gibt, lassen sich in der Farbsingletonbedingung keine Aussagen über den zeitlichen Verlauf des IOR-Effekts treffen, Theeuwes und Godijn (2004) fanden mit Farbsingleton-Hinweis- und Farbsingleton-Zielreizen nach einer SOA von 1300 ms eine durchschnittliche IOR von 23 ms, allerdings mit sakkadischen¹² Entdeckungsaufgaben. Pratt und Neggers (2008) haben nachgewiesen, dass manuelle Diskriminationsaufgaben weniger sensibel sind, als sakkadische Entdeckungsaufgaben. Es ist also nicht auszuschließen, dass die Methode in Gibson und Amelio (2000) und Pratt et al. (2001) dazu geführt hat, dass kontingenzbedingter IOR in der Farbsingleton-Bedingung nicht erfasst wurde, weil die Methode zu ungenau war.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu untersuchen, ob erstens Farbsingletons im Allgemeinen eine IOR bewirken können. Zweitens, wird der Frage nachgegangen, ob die IOR ein rein reizgesteuerter Mechanismus ist, oder ob sie top-down zu beeinflussen ist. IOR wird als Anzeichen des räumlichen Aufmerksamkeitseinfangs angesehen. Falls die Hypothese des unwillkürlichen Aufmerksamkeitseinfangs durch Kontingenz von Folk et al. (1992) zutrifft, sollten Farbsingleton-Hinweisreize zur IOR führen, wenn diese für die Aufgabe relevant sind (z.B. Farbe des Zielreizes), und nicht wenn sie nicht relevant sind (z.B. andere Farbe). Falls der Aufmerksamkeitseinfang völlig reizgesteuert ist, wie beispielsweise Theeuwes (1992) behauptet, sollten alle salienten Reize, unabhängig von ihrer Aufgabenrelevanz, eine IOR bewirken (vergl., Schreij, Theeuwes, & Olivers, 2010).

¹² In sakkadischen Entdeckungsaufgaben bekommen die Teilnehmer die Aufgabe so schnell wie möglich auf den Zielreiz zu blicken. Ein Gerät (Eye-Tracker) zeichnet dabei die sakkadischen Reaktionszeiten (Latenzzeiten) automatisch mit.

II. Methode

Um die Kontingenzhypothese mit der IOR zu testen, haben wir in einem räumlichen Hinweisreizparadigma Farbsingleton-Hinweisreize und -Zielreize verwendet und die Relevanz der Hinweisreize manipuliert (relevante oder irrelevante Farbe). Die Relevanz oder Nicht-Relevanz der Hinweisreize war zweifach gegeben. Durch die Farbe, die entweder die Zielreizfarbe war oder nicht (Kontingenzeinfang; Folk et al., 1992) und durch die Aufgabe, die damit in Verbindung stand. Der relevante Hinweisreiz hatte zum einen die gleiche Farbe wie der Zielreiz. Zum anderen war er informativ für eine spätere Diskriminationsaufgabe. VersuchsteilnehmerInnen sollten sich explizit seine Position merken. Der irrelevante Hinweisreiz hatte eine andere Farbe als der Zielreiz und sollte zudem explizit ignoriert¹³ werden.

Die Hinweisreiz- und Zielreizposition korrelierten nicht, daher waren die Hinweisreize uninformativ für die Position des Zielreizes. Zwei Positionsbedingungen wurden miteinander verglichen; Hinweisreiz und Zielreiz an der gleichen Position (valide) und an anderer Position (nicht-valide). Das IOR-Paradigma sagt vorher, dass Ziele, nach einer längeren SOA, an angezeigter Position (valide Hinweisreizbedingung), langsamer beantwortet werden, als an einer „neuen“, nicht angezeigten Position (nicht-valide) (Klein, 2000). Allgemein wird das darauf zurückgeführt, dass auf den Aufmerksamkeitseinfang durch den Hinweisreiz eine positionsbezogen Rückkehrhemmung folgt (IOR).

Im Gegensatz zu den Vorgängerstudien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001), wurden sakkadischen Latenzzeiten aufgezeichnet, weil sie ein sehr sensibles Maß für die IOR sind (Pratt & Neggers, 2008). Um Aussagen über den Verlauf des IOR-Effekts über die Zeit treffen zu können, wurden zwei Experimente mit unterschiedlicher SOA (200/ 300 ms) durchgeführt und die Effekte über die Verteilung der Reaktionsgeschwindigkeit hinweg

¹³ Für einen aufgabengesteuerten Kontingenzeinfang scheint es ausschlaggebend zu sein, dass die Merkmale des Zielreizes, und die des Reizes, der ignoriert werden soll (Störreiz oder irrelevanter Hinweisreiz), von vornherein bekannt sind (siehe z.B., Theeuwes & Burger, 1998). Es gibt auch Anzeichen dafür, dass die explizite Aufforderung in der Versuchseinführung, den irrelevanten Reiz zu ignorieren, entscheidend ist (vergl., Ansorge & Horstmann, 2007).

betrachtet (BIN) (vergl., Van Zoest & Donk, 2006). Die relativ kurzen SOAs (200 /300 ms) sollten die Erhebung früher Effekte ermöglichen.

Wenn die Methode für die Ergebnisse der Vorgängerstudien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001) verantwortlich war, sollten Farbsingletons im vorliegenden Experiment zur IOR führen. Wenn die IOR, und damit der unwillkürliche, automatische, räumliche Aufmerksamkeitseinfang, top-down kontrollierbar ist, wie die Kontingenzhypothese von Folk et al. (1992) vorhersagt, dann sollte sich das Ausmaß der IOR signifikant zwischen den Relevanzbedingungen unterscheiden (vergl. z.B. Gibson und Amelio, 2000). In diesem Fall erwarten wir Positioneffekte (RZ-Differenz zwischen validen und nicht-validen Bedingungen) in der relevanten, aber nicht in der irrelevanten Hinweisreizbedingung. Falls die IOR ein rein reizgesteuertes Phänomen ist, wie beispielsweise Theeuwes (1992) annimmt, sollten relevante und irrelevante Hinweisreize das gleiche IOR-Muster bewirken. Denn die Hypothese des rein reizgesteuerten Aufmerksamkeitseinfangspostuliert für gleichwertig saliente Reize die gleichen anfänglichen Aufmerksamkeitseffekte, unabhängig davon, welche Ziele und Aufgaben der Betrachter verfolgt (vergl., Yantis, 1993; Theeuwes, 1992). Wir erwarten also, falls der rein reizgesteuerte Ansatz zutrifft, dass es keinen Effekt der Aufgabenrelevanz gibt und beide Hinweisreizarten die Aufmerksamkeit einfangen. Ferner sollte sich das durch vergleichbare Positioneffekte in beiden Relevanzbedingungen abzeichnen, die sich aufgabenrelevanzbedingt auch im Ausmaß nicht unterscheiden.

1. Experiment

1.1. Untersuchungsteilnehmer

Über das universitätsinterne Rekrutiersystem VPMS wurden dem Experiment 13 Psychologiestudierende der Universität Wien zugeordnet, von denen drei männlich waren und zwei Linkshänder. Die TeilnehmerInnen bekamen für ihre Teilnahme Punkte in einem Prüfungsbonussystem gutgeschrieben. Das mittlere Alter der TeilnehmerInnen war 25,6 Jahre (20- 32 Jahre). Alle Versuchspersonen verfügten über eine normale oder korrigierte Sehfähigkeit. Personen mit Sehschwäche wurden gebeten eine Brille aufzusetzen um Komplikationen, die bei den Augenaufzeichnungen durch Kontaktlinsen entstehen können, zu vermeiden.

1.2. Instrumente und Messgeräte

Ein 19-Zoll-CRT-Bildschirm mit einer Bildwiederholfrequenz von 100 Hz und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel diente der Präsentation der Stimuli. Der Kopf der Teilnehmer ruhte während des Versuchs auf einer Kinn-Stirn-Stütze, die einen Abstand von 57cm zum Bildschirm sicherstellte. Für die Messung der Sakkaden wurde das EyeLink-1000-Eyetracker-System (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada) mit der Software EyeLink 4.52 verwendet. Aufgezeichnet wurde, monokular, das dominante Auge, mit einer 35 mm Linse und einer Abtast-Frequenz von 1000 Hz. Vor jedem Durchgang wurde das Gerät per 9-Punkt-Kalibrierung auf die individuellen Blickparameter jeder Versuchsperson eingestellt. Eine schwache Lichtquelle hinter dem Monitor beleuchtete den Raum. Über die Tasten „F“ oder „J“ wurden die manuellen Antworten auf einer handelsüblichen Tastatur eingegeben. Zum Starten jedes Durchgangs musste die Mitte des Bildschirms fixiert werden und die Leertaste gedrückt werden.

1.3. Reizmaterial

Der zeitliche Ablauf von Hinweisreizeinblendung, Zielreizeinblendung und gegebenenfalls Diskriminationszielreizeinblendung ist in Abbildung 4 dargestellt. Alle Reize hatten eine Helligkeit von ca. 30 cd/m² und wurden auf einem schwarzen Hintergrund mit der Helligkeit 0,2 cd/m² präsentiert. Die Hinweisreiz- und Zielreizeinblendung bestand in ihrem Grundmuster aus sechs Achten (1.7° x 1.0°, Linienstärke 0.3°), die das graue (CIE-Farbkoordinaten: 6.9, 16.8) Fixationskreuz (Seitenlänge 0.7° x 0.7°) mit einer Exzentrizität von 7.0° umringten und mit einheitlichem Abstand zueinander angeordnet waren (Abstand zum vertikalen Meridian 0°, 60°, 120°, 180°, 240° und 300°). Sowohl Hinweisreiz als auch Zielreiz zeichneten sich als eine farbige Acht unter den restlichen fünf grauen (CIE: 6.9, 16.8) Achten ab. Sowohl Hinweisreiz als auch Zielreiz erschienen mit gleicher Wahrscheinlichkeit an einem der vier horizontalen Eckpunkte des Grundmusters, nie am oberen oder am unteren Ende der mittigen vertikalen Achse.

Der Zielreiz war durchgehend ein rotes Singleton (CIE: 47.6, 41.1). Der Hinweisreiz war mit Zufallswahrscheinlichkeit ein rotes (CIE: 47.6, 41.1) oder ein grünes (CIE: -30.2, 24.9) Farbsingleton. Die Farbe bestimmte die Relevanz des Hinweisreizes (rot= relevant, grün= irrelevant). Falls der Hinweisreiz relevant war, gab es nach der Sakkadenausführung in der Zielreizeinblendung noch eine dritte Anzeige mit einer Diskriminationsaufgabe. Das war in 50%

der Durchgänge der Fall. Aus dem Grundmuster der Achten bildeten sich dafür durch Wegfall der digitalen Ziffernbalken graue (CIE-: 6.9, 16.8) Es und 3en. Per Tastendruck sollte angegeben werden, ob sich an der Position des (ersten) roten Hinweisreizes ein E (Taste „f“) oder eine 3 (Taste „j“) befand. Es und 3en erschienen mit gleicher Wahrscheinlichkeit an der Hinweisreizstelle.

1.4. Versuchsdurchführung

Während der durchschnittlich 40 min dauernden Einzeltestung war die Testleiterin anwesend. Nach der Einstellung und Kalibrierung des Eye-Trackers auf die Blickbewegungen der Probanden wurde den TeilnehmerInnen die Versuchseinweisung schriftlich vorgegeben.

Zu Beginn jedes Durchgangs sollten die TeilnehmerInnen auf das Fixationskreuz blicken und die Leertaste zum Starten drücken. Das diente dem Eye-Tracker für eine Abweichkorrektur. Abweichungen der Augenposition, größer als 1.5° , wurden mit einem Piepton gemeldet und mussten korrigiert werden. Nach Tastendruck dauerte es 500 ms bis die Hinweisreizanzeige erschien. Diese zeigte mit gleicher Wahrscheinlichkeit entweder einen relevanten oder einen irrelevanten Farbsingleton und dauerte 50 ms. Die Farbe des Hinweisreizes war das Signal für eine von zwei Aufgaben für die TeilnehmerInnen. War der Hinweisreiz rot (relevant), sollte man sich die Stelle des Hinweisreizes merken (Merk-/Diskriminationsaufgabe). War der Hinweisreiz grün (irrelevant) sollte man ihn ignorieren (Ignorieraufgabe).

Bis zur Zielreizanzeige blieben die Augen auf die Mitte fixiert. Nach der Fixationskreuzanzeige (im Exp.1, 150 ms; im Exp.2, 250 ms) erschien die Zielreizanzeige mit dem roten Farbsingleton. Zwischen Hinweisreiz und Zielreiz lag damit ein Zeitintervall (SOA) von 200 ms (Exp.1), bzw. 300 ms (Exp.2). Die Hauptaufgabe jedes Durchgangs bestand darin, so schnell wie möglich eine Sakkade auf diesen Zielreiz ausführen. Das wurde den TeilnehmerInnen am Anfang der Sitzung ausdrücklich mitgeteilt. Sobald das geschehen war, verschwand die Anzeige. In der Ignorieraufgabe war der Durchgang danach beendet.

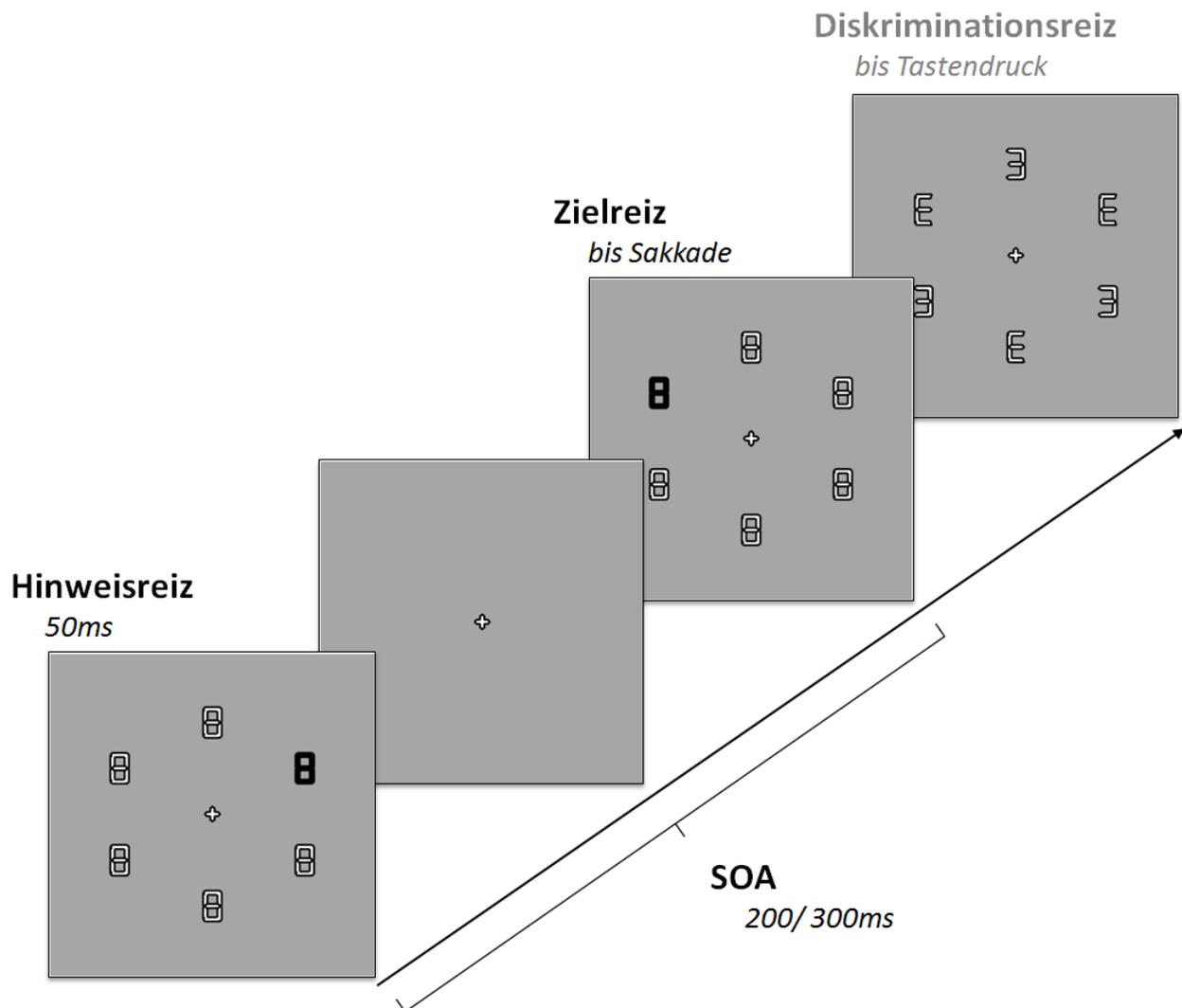


Abbildung 4: [Modellhafte Darstellung eines nicht validen Durchgangs des Experiments. In der Testung erscheinen alle Elemente auf schwarzem Hintergrund mit gleicher Helligkeit. Hier weiß dargestellte Reize sind grau.]

Jeder Durchgang startet mit dem *Hinweisreiz* (hier schwarz). Dieser ist entweder ein grünes (Ignorieraufgabe) oder ein rotes (Merk-/bzw. Diskriminationsaufgabe) Farbsingleton. Der *Zielreiz* (hier schwarz) ist immer ein rotes Farbsingleton und kann entweder an der gleichen (valide Bedingung) oder an einer anderen Position (nicht valide Bedingung) wie der Hinweisreiz erscheinen. Hinweisreiz- und Zielreizposition sind über die Durchgänge hinweg nicht korreliert. Beide Arten von Reizen können mit gleicher Wahrscheinlichkeit an einer der vier mittleren horizontalen Eckpositionen erscheinen, nie oben, nie unten. In Merk-/ Diskriminationsdurchgängen (Hinweisreiz hat die relevante Farbe Rot) muss, nach der Sakkade auf den Zielreiz, per Tastendruck angegeben werden, welches Symbol (*Diskriminationsreiz*) sich an der Position des Hinweisreizes befindet (E oder 3). In Ignorierdurchgängen entfällt diese Aufgabe. Das Zeitintervall (SOA) zwischen Hinweisreiz- und Zielreizanzeige war im ersten Experiment 200 ms, und 300 ms im zweiten.

In der Merk- bzw. Diskriminationsaufgabe, musste, nach der Zielreizanzeige noch manuell ohne Zeitdruck angegeben werden, welches Symbol (E oder 3) sich an der Hinweisreizposition befindet. Das war in 50% der Durchgänge erforderlich.

Der Zielreiz erschien in 25% der Durchgänge an der Position des Hinweisreizes (valide Durchgänge) und in 75% an einer der drei anderen Positionen (nicht-valide Durchgänge). Die Latenzzeit, die zwischen Einsetzen des Zielreizes und der Initiierung der Sakkadenbewegung verging wurde als RZ erhoben.

Zwei Arten von Rückmeldungen informierten die TeilnehmerInnen, falls Fehler im Sakkadenverhalten oder dem manuellen Antwortverhalten auftraten: „Sakkade zu früh/zu spät“ und „richtige/ falsche Antwort“. Letztere gab es nur bei der manuellen Unterscheidungsaufgabe in der Merkbedingung. Jede Sitzung bestand aus fünf Blöcken mit 64 Durchgängen, von denen der erste Block nur Übungszwecken diente. Die Pause zwischen den Blöcken konnte mit Tastendruck selbständig beendet werden. In jedem Block wurden die Hinweisreize beider Farben, mit gleicher Wahrscheinlichkeit, an jedem der vier möglichen peripheren Fixpunkte angezeigt.

1.5. Untersuchungsdesign

Aus den Variablen *Position* (valide vs. nicht-valide) und *Relevanz* (merken vs. ignorieren) ergaben sich vier Hinweisreizbedingungen, die in Hinblick auf die Geschwindigkeit untersucht wurden und mit denen Sakkaden auf das Ziel initiiert wurden.: valide-merken (roter Hinweisreiz an gleicher Position); valide-ignorieren (grüner Hinweisreiz an gleicher Position); nicht-valide-merken (roter Hinweisreiz an anderer Position); nicht-valide-ignorieren (grüner Hinweisreiz an anderer Position). Die Effekte wurden zusätzlich in Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit betrachtet, um eine Aussage über den Zeitverlauf treffen zu können. Dazu wurden die Reaktionszeiten in Quintile (BINs) der relativen Reaktionsgeschwindigkeit eingeteilt (siehe Ergebnisse).

Jede Sitzung bestand insgesamt aus 256 Durchgängen, die in vier Blöcke mit 64 Durchgängen unterteilt waren. Zusätzlich gab es einen Übungsblock. Pro Relevanzbedingung (merken vs. ignorieren) und pro Positionsbedingung gab es 128 Durchgänge. Durchgänge mit Merk- oder Ignorier- Hinweisreizen oder valider oder nicht valider Bedingung erschienen in zufälliger Reihenfolge. Ignorierhinweisreize und Merkhinweisreize erschienen mit gleicher Wahrscheinlichkeit. Da nur $\frac{1}{4}$ der Durchgänge valide angezeigt waren, gab es 64 valide und

192 nicht-valide Durchgänge. Für die Bedingungen valide-merken und valide-ignorieren gab es je 32 Durchgänge und für die Bedingungen nicht-valide-merken und nicht-valide-ignorieren gab es je 96 Durchgänge pro Sitzung.

1.6. Ergebnisse

Vor der statistischen Analyse von Experiment 1 wurden die Daten von drei Versuchspersonen ausgeschlossen. Diese hatten in einzelnen Bedingungen weniger als fünf zählbare Sakkaden produziert. Sakkadenantworten wurden von der Analyse ausgeschlossen, wenn ihre Latenzzeiten weniger als 100 ms oder mehr als 1000 ms betragen oder wenn sie auf das falsche Ziel ausgerichtet wurden. Als falsche galt eine Sakkade, wenn das Auge nicht im Umfeld von 1.5° des Sakkadenziels landete. Von allen Antworten wurden 27 % ausgeschlossen. Der häufigste Fehler war, dass überhaupt keine Sakkade ausgeführt wurden (56 % der Fehler), am zweihäufigsten erfolgten Sakkaden an die falsche Position (28 % der Fehler), gefolgt von Sakkaden die zu langsam oder zu schnell waren (<100 ms, >1000 ms) (16 % der Fehler).

Zudem wurde der anfängliche Übungsblock jeder Sitzung aus der Analyse genommen. Die Daten der Unterscheidungsaufgabe in den Durchgängen mit der Merkaufgabe dienten lediglich der Überprüfung der verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerung auf den ersten roten Hinweisreiz und wurden nur auf die Richtigkeit der Antwort hin überprüft. Die Qualität der manuellen Unterscheidungsaufgabe war letztendlich kein Ausschlusskriterium für die Daten. Die individuellen Mittelwerte der Sakkadenlatenzzeiten richtiger Antworten wurden einer Varianzanalyse („ANalysis Of Variance“= ANOVA) mit Messwiederholungen unterzogen. Folgende Faktoren wurden innerhalb der Versuchspersonen berechnen (within-subject variables): Position (valide oder nicht-valide), Relevanz (merken vs. ignorieren) und Relative Geschwindigkeit der Sakkade (BIN).

Um die Effekte von Aufgabenset und Position auch über verschiedene Punkte der Reaktionszeitverteilung vergleichen zu können, wurden fünf BINs gebildet. Dazu wurde, die gesamte Verteilung der RZ jedes/r Teilnehmers/in in eine Rangfolge, beginnend bei den schnellsten bis hin zu den langsamsten Sakkaden, gebracht und anschließend in fünf Perzentile bzw. Quintile zerlegt (BINs). BIN 1 wurde aus den 20 % der schnellsten Sakkadenreaktionen gebildet. Von den übrigen Reaktionszeitdaten wurden die 20 % der zweitschnellsten Reaktionen zum BIN 2 zusammengefasst. Die 20 % der drittschnellsten

Sakkaden ergaben BIN 3 und so weiter. Für jeden Teilnehmer wurde die durchschnittliche RZ in der nicht-validen und der validen Bedingung bei Merk- und bei Ignorier-Hinweisreizen separat pro BIN berechnet. Abschließend wurden pro BIN die durchschnittliche RZ aus den Mittelwerten für jede der vier Bedingungen ermittelt. Um zu überprüfen, ob es zwischen den Relevanzbedingungen Unterschiede in der Stärke der Hemmung von validen Fixpunkten gab, wurde pro Person und pro BIN für jede Relevanzbedingung die mittlere Reaktionszeitdifferenz von nicht-validen abzüglich der validen Bedingung (IOR) berechnet, die wiederum pro BIN über die Personen hinweg gemittelt wurde.

In Abbildung 5.1 und 5.2 und in Tabelle 1 sind die wichtigsten Ergebnisse dargestellt. *Faktor Position.* Die Reaktionsgeschwindigkeiten der validen Bedingung sind um durchschnittlich 47 ms langsamer als in der nicht-validen, $F(1, 12)=8.54$; $p < .05$. In Abbildung 5.1 weist der Abstand zwischen den durchgezogenen und den gestrichelten Linien darauf hin. Der signifikante Haupteffekt für Position zeigt; es kommt unabhängig von der Hinweisreizart (merken oder ignorieren) zur IOR. *Faktor BIN.* Die Stärke der IOR variiert signifikant mit der Geschwindigkeit der Sakkadenlatenzen (Interaktionseffekt Position und BIN, $F(4, 48)=29.74$; $p < .01$). Für die schnellsten Sakkaden ist die IOR deutlich kleiner als für langsamere Sakkaden. Das heißt insgesamt nimmt die Stärke IOR mit zunehmendem Zeitabstand zwischen Hinweisreiz und Zielreiz zu. *Faktor Relevanz.* Die Interaktion der Relevanz und der Position der Hinweisreize ist fast signifikant, $F(1,12)=3.9$; $p=.07$. In Abbildung 5.2 sieht man den Abstand zwischen den Graphen der beiden Relevanzbedingungen, der aber statistisch gerade nicht mehr signifikant ist. Die IOR in der Ignorierbedingung ist mit durchschnittlich 68 ms um 42 ms stärker als in der Merkbedingung. Die IOR für zu ignorierende Hinweisreize ist durchgehend stärker ausgeprägt als für zu merkende.

Das entscheidende Ergebnis ist die Wechselwirkung aus Position, Relevanz und BIN, $F(4,12)=3.15$; $p < 0.05$. In den frühesten BINs (1 und 2) gibt es einen signifikanten Unterschied in der IOR-Ausprägung zwischen den Relevanzbedingungen. Der Einfluss der Aufgabe zeigt sich anfänglich in einem deutlichen Erleichterungseffekt durch Validität nach relevanten Hinweisreizen, der nicht nach den irrelevanten Hinweisreizen zu beobachten ist. Der relevante Hinweisreiz hat zu diesem Zeitpunkt der Reaktionen noch zu einer erleichterten Diskriminierung des Zielreizes an seiner Position geführt, während die Position des irrelevanten Hinweisreizes schon gehemmt war. Mit ansteigendem BIN, sprich zunehmendem

Zeitabstand zwischen Hinweisreiz und Zielreiz, verschwindet der Einfluss der Aufgabenrelevanz auf die Effekte des Aufmerksamkeitseinfangs (Positionseffekte). In den späteren Antworten gleichen sich die IOR-Effekte der Relevanzbedingungen in ihrer Ausprägung an.

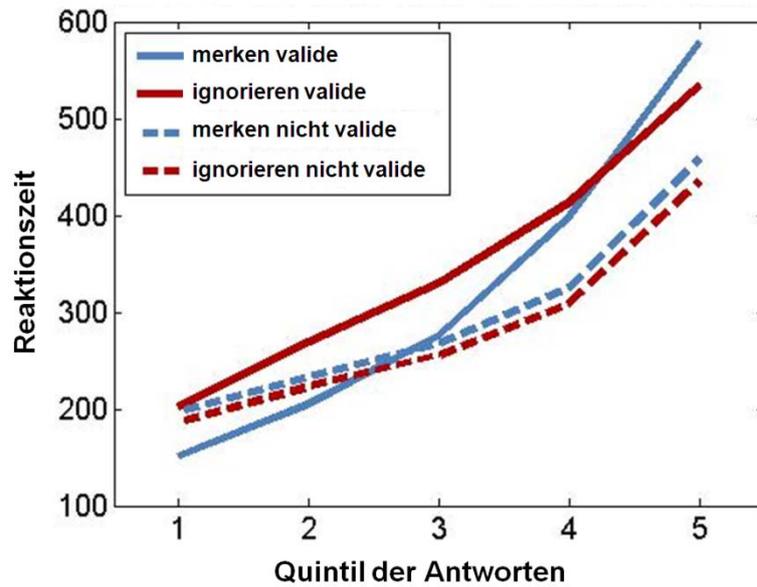


Abbildung 5.1: Ergebnisdarstellung für das Experiment mit SOA 200 ms; Reaktionszeiten als Funktion der Sakkadengeschwindigkeit (Latenzzeit) (Quintil= BIN), abhängig von der Relevanz des Hinweisreizes, sowie dem Verhältnis von Hinweisreiz- und Zielreizposition

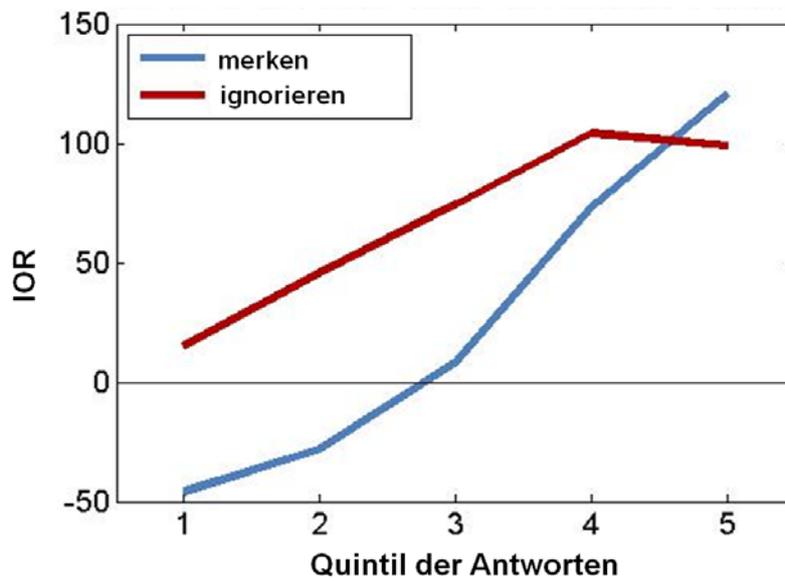


Abbildung 5.2: Ergebnisdarstellung für das Experiment mit SOA 200ms; IOR (RZ valide – RZ nicht-valide) als Funktion der Sakkadengeschwindigkeit (Latenzzeit) (Quintil=BIN), für beide Relevanzbedingungen

| Source | Sum Sq. | d. f. | Mean Sq. | F | Prob>F |
|------------------|-----------|-------|----------|--------|--------|
| VP | 537812 | 12 | 44817.7 | 2.53 | 0.0753 |
| Valid | 141467.5 | 1 | 141467.5 | 8.54 | 0.0128 |
| Memory | 2669.2 | 1 | 2669.2 | 0.43 | 0.5259 |
| Bin | 3215602.3 | 4 | 803900.6 | 188.54 | 0 |
| VP*Valid | 198720.8 | 12 | 16560.1 | 2.16 | 0.095 |
| VP*Memory | 75063.7 | 12 | 6255.3 | 0.83 | 0.624 |
| VP*Bin | 204662.4 | 48 | 4263.8 | 2.21 | 0.0258 |
| Valid*Memory | 28941.7 | 1 | 28941.7 | 3.9 | 0.0718 |
| Valid*Bin | 143229.7 | 4 | 35807.4 | 19.74 | 0 |
| Memory*Bin | 32695.2 | 4 | 8173.8 | 4.85 | 0.0023 |
| VP*Valid*Memory | 89101.3 | 12 | 7425.1 | 4.72 | 0 |
| VP*Valid*Bin | 87089.6 | 48 | 1814.4 | 1.15 | 0.3111 |
| VP*Memory*Bin | 80860 | 48 | 1684.6 | 1.07 | 0.4063 |
| Valid*Memory*Bin | 19844.5 | 4 | 4961.1 | 3.15 | 0.0221 |
| Error | 75482.3 | 48 | 1572.5 | | |
| Total | 4933242 | 259 | | | |

Tabelle 1:SOA (200), ANOVA der Faktoren: Validität der Hinweisreiz- und Zielreizposition (Valid), Relevanz des Hinweisreizes (Memory), Sakkadengeschwindigkeit (BIN); Signifikante Unterschiede innerhalb der Faktoren, und signifikante Interaktionen sind blau hinterlegt.

1.7. Diskussion

Die Ergebnisse des Experiment 1 zeigen eine IOR in beiden Relevanzbedingungen. Das spricht gegen die Vorhersagen der folkschen Kontingenzhypothese (vergl., Schreij, et al., 2010). Entscheidend ist, dass der Einfluss der Aufgabenrelevanz zeitabhängig ist. In den frühesten Antworten zeigt sich ein deutlicher Erleichterungseffekt nach validem Hinweisen gegenüber nicht-validem, wenn die Hinweisreize die relevante Farbe haben, während in der irrelevanten Bedingung zu diesem Zeitpunkt bereits IOR zu beobachten ist. Mit diesem Ergebnis, muss man annehmen, dass ein top-down Einfluss auf die IOR wirkt, was wiederum gegen die rein reizgesteuerte Theorie des Aufmerksamkeitseinfangs spricht (z.B., Theeuwes, 1992).

2. Experiment

2.1. Untersuchungsteilnehmer

Einundzwanzig TeilnehmerInnen mit einem Durchschnittsalter von 23,5 Jahren (20-25 Jahre), von denen fünf männlich waren und drei Linkshänder, haben unter den gleichen Bedingungen wie in Experiment 1 teilgenommen.

2.2. Reizmaterial, Versuchsdurchführung und Untersuchungsdesign

Diese waren identisch mit Experiment 1, bis auf eine Ausnahme: Das Hinweisreiz-Zielreiz-Intervall (SOA) war in diesem Experiment 300 ms.

2.3. Ergebnisse

Im Experiment 2 konnten alle 21 Datensätze verwendet werden. Die Kriterien für fehlerhafte Antworten sowie die statistische Auswertung waren identisch zu Experiment 1.

Von allen Antworten wurden 19 % ausgeschlossen. Der häufigste Fehler war, dass überhaupt keine Sakkade ausgeführt wurden (63 % der Fehler), am zweihäufigsten erfolgten Sakkaden an die falsche Position (27 % der Fehler), gefolgt von Sakkaden die zu langsam oder zu schnell waren (<100 ms, >1000 ms) (10 % der Fehler). Damit war die Verteilung der Fehler fast identisch mit Exp. 1. Insgesamt wurden weniger Fehler gemacht, aber häufiger keine Sakkade ausgeführt. Die Ergebnisse der Varianzanalyse mit den Faktoren Position (valide oder nicht-valide), Relevanz (merken oder ignorieren) und BIN (BIN 1 bis 5), schlossen sich erwartungsgemäß an die Ergebnisse aus Experiment 1 an (siehe Abbildung 6.1, 6.2).

Faktor Position. Valide angezeigte Ziele wurden signifikant langsamer beantwortet, als nicht-valide-angezeigte Ziele, $F(1,20)= 21.59$; $p>.01$. Der signifikante Haupteffekt für Position zeigt; es kam auch in Exp.1, unabhängig von der Hinweisreizart, (merken oder ignorieren) zur IOR. *Faktor BIN.* Je früher die Sakkadenreaktion erfolgte, desto kleiner war die IOR in beiden Relevanzbedingungen (Interaktionseffekt Position und BIN), $F(4,80) = 5.12$; $p< .01$. Das heißt insgesamt nimmt die Stärke IOR mit zunehmendem Zeitabstand zwischen Hinweisreiz und Zielreiz zu, genauso wie in Exp.1. *Faktor Relevanz.* Die Interaktion der Relevanz und der Position der Hinweisreize ist signifikant, $F(1,12)=3.9$; $p=.07$ (Abbildung 6.2). Die IOR in der Ignorierbedingung ist mit durchschnittlich 73 ms, um 26ms stärker als in der Merkbedingung. Die IOR für irrelevante Hinweisreize ist damit durchgehend stärker ausgeprägt als für aufgabenrelevante. Im Gegensatz zu Exp.1, gibt es in Exp.2 keine Dreifachinteraktion zwischen Position, Relevanz und BIN. Das heißt sowohl frühe, als auch späte Antworten spiegeln die gleichen Interaktionseffekte von Hinweisreizrelevanz und Position wieder.

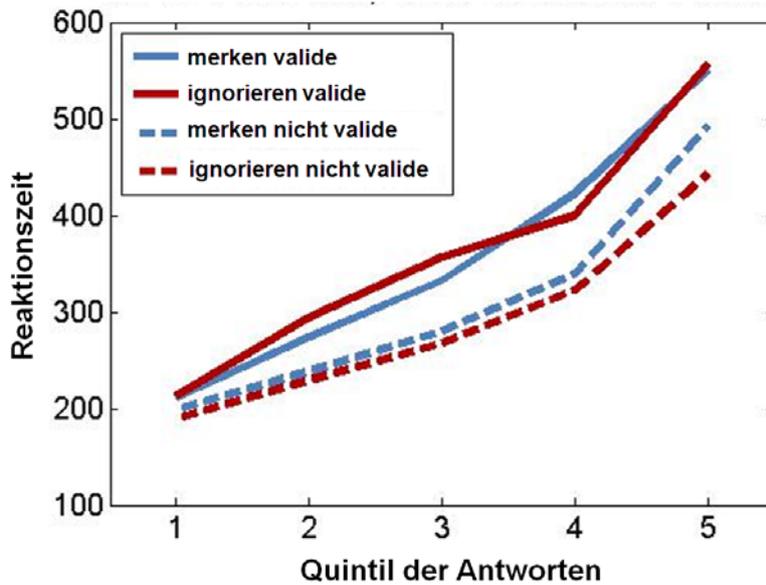


Abbildung 6.1: Ergebnisdarstellung für das Experiment mit SOA 300ms; Reaktionszeiten als Funktion der Sakkadengeschwindigkeit (Latenzzeit) (Quintil), abhängig von der Relevanz des Hinweisreizes, sowie des Verhältnisses von Hinweisreiz- und Zielreizstelle

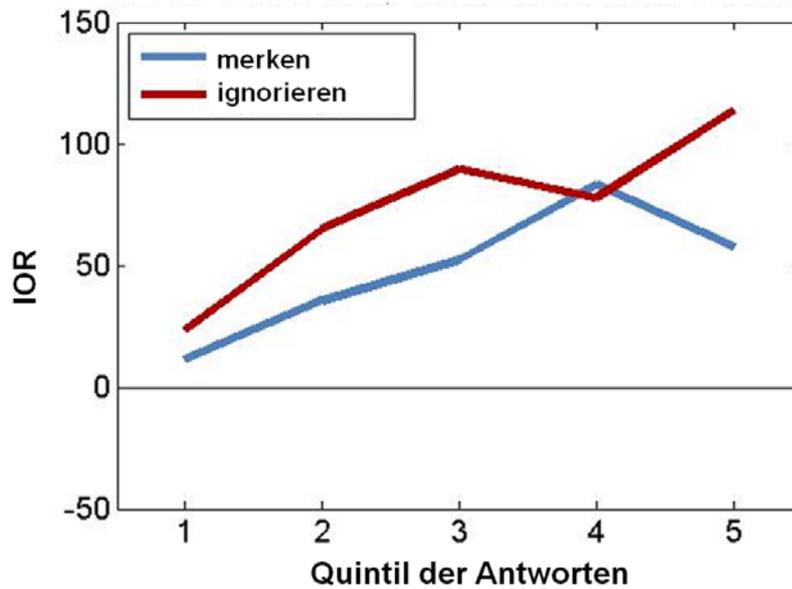


Abbildung 6.2: Ergebnisdarstellung für das Experiment mit SOA 300ms; IOR (RZ valide – RZ nicht-valide) als Funktion der Sakkadengeschwindigkeit (Latenzzeit) (Quintil) für beide Relevanzbedingungen

2.4. Diskussion

Bei längerem Hinweisreiz-Zielreiz-Intervall (SOA 300 ms) ist in beiden Relevanzbedingungen, auch in den frühesten Reaktionen, eine IOR zu beobachten. Sowohl der aufgabenrelevante als auch der irrelevante Hinweisreiz haben zu einer verlangsamten Sakkade auf den Zielreiz an der gleichen Position (valide) geführt, im Vergleich zu Sakkadenlatenzen an einer anderen Position (nicht valide). Die IOR ist in der aufgabenrelevanten Hinweisreizbedingung deutlich schwächer ausgeprägt, als in der aufgabenirrelevanten. Wie in Exp. 1, spricht die IOR in der irrelevanten Bedingung gegen die Kontingenzhypothese (Folk 1992). Auf der anderen Seite hat die Aufgabenrelevanz eindeutig Einfluss auf die Stärke der IOR. Daher kann ein rein reizgesteuerter Ansatz (vergl., Yantis, 1993; Theeuwes, 1992) auch nicht bestätigt werden.

III. Allgemeine Diskussion

Wir haben in einem räumlichen Hinweisreizparadigma vor dem Zielreiz einer sakkadischen Entdeckungsaufgabe, entweder an der gleichen, oder an einer anderen Position, Farbsingletons als uninformative Hinweisreize eingeblendet, die entweder relevant (rote), oder irrelevant (grüne) waren. IOR wurde als Indikator des Aufmerksamkeitseinfangs verwendet.

IOR zeigt sich, sowohl nach den Farbsingleton-Hinweisreizen, die die aufgabenrelevante Farbe haben (rot) und deren Position sich die Teilnehmer merken sollen, als auch nach aufgabenirrelevanten Hinweisreizen, die eine irrelevante Farbe (grün) haben und ignoriert werden sollen. Die Relevanz des Hinweisreizes hat sich in Abhängigkeit von der Reaktionsgeschwindigkeit auf die IOR Effekte ausgewirkt. Aufgabenrelevante Hinweisreize führen in den frühesten Antworten zu positionsbedingten Erleichterungseffekten, die sich bei den irrelevanten Hinweisreizen nicht zeigen. Insgesamt war die IOR in der relevanten Bedingung schwächer ausgeprägt.

In Bezug auf die erste Forschungsfrage, kann mit den Ergebnissen, die Annahme von Pratt und Kollegen (2001) oder Gibson und Amelio (2000) ausgeschlossen werden. Nämlich, dass Farbsingletons nicht zu einem exogenen Aufmerksamkeitseinfang führen, und aus

diesem Grund keine IOR in ihrem Experiment bewirkten. Es ist also anzunehmen, dass methodische Ursachen zum Ausbleiben der IOR bei Farbsingletons in den Vorgängerstudien geführt haben.

In Bezug auf die zweite Frage, inwiefern die Aufmerksamkeitskontrolle Einfluss auf die IOR hat, ist keine eindeutige Antwort zu geben. Zum einen kann die Kontingenzhypothese (Folk, et al., 1992) mit den Ergebnissen nicht eindeutig bestätigt werden. Nach dieser sollten nur Reize die Aufmerksamkeit einfangen, die aufgabenrelevant sind und nicht solche, die sich durch eine Ignorierfarbe auszeichnen und irrelevant für die Aufgabe sind. In der Konsequenz sollte die IOR, als Indikator des Aufmerksamkeitseinfangs, nur nach Hinweisreizen mit relevanten Merkmalen auftreten (vergl., Folk, et al., 1992; Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001; Theeuwes & Godijn, 2002; Schreij et al., 2010). Das ist hier nicht der Fall. Zum anderen ist die Hypothese einer rein reizgesteuerten IOR auch auszuschließen. Denn in Abhängigkeit von dem Zeitintervall zwischen Hinweisreizeinsatz und Reaktion zeigt sich der Effekt der Aufgabenrelevanz deutlich. Nach einer strengen Interpretation des bottom-up Ansatzes, dürfte sich die Aufgabenrelevanz in keiner Weise auf die Aufmerksamkeitseffekte auswirken (vergl., Yantis, 1993).

1. Die IOR als Aufmerksamkeitseffekt

1.1. IOR durch Farbsingletonhinweisreize

Exogener Aufmerksamkeitseinfang: Farbsingletons im Vergleich mit Onsets

Vorgängerstudien haben in dem folkschen Hinweisreizparadigma (Folk et al., 1992) keine IOR nach Farbsingletons gefunden, unabhängig davon, ob diese aufgabenrelevant waren, oder nicht (Gibson & Amelio, 2000; Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001). Onset-Singleton-Hinweisreize führten in diesen Studien zu einer IOR, aber nur dann, wenn diese aufgabenrelevant waren.

Verschiedene Erklärungsansätze wurden in Verbindung mit diesen Funden geliefert: Erstens, könnte es sein, dass die IOR nicht durch eine AKE, sprich top-down, zu beeinflussen ist (Pratt & McAuliffe, 2002; Pratt, et al., 2001; Schreij et al., 2010). Diese Annahme basiert auf dem Ergebnis, dass Onset-Hinweisreize vor Onset-Zielreizen auch in Bedingungen, in denen die TeilnehmerInnen kein feste AKE anlegen konnten, zu einem kontingenzbedingten IOR geführt haben (Pratt et al., 2001; Pratt & McAuliff, 2002). Onset-Zielreize und

Farbsingleton-Zielreize wechselten sich per Zufall ab. Dennoch hat nur die Onset-Onset-Konstellation, aber nie die Farbsingleton-Onset-, oder die Onset-Farbsingleton-Konstellation zur IOR geführt (Pratt et al., 2001). Es wurde angenommen, dass Onsets, als salienteste Reize, einen reizgesteuerten exogenen Aufmerksamkeitseinfang bewirkt haben, und deshalb auch in der Zufallsbedingung zu einer kontingenzbedingten IOR geführt haben. Ferner, dass IOR nur entsteht, wenn sowohl Hinweisreiz und Zielreiz die Aufmerksamkeit exogen und reizgesteuert einfangen. Die Voraussetzung und auch Schlussfolgerung aus dieser Interpretation ist, dass Farbsingletons die Aufmerksamkeit nicht exogen, sondern nur endogen einfangen können. In der vorliegenden Studie finden wir zum einen, IOR durch Farbsingletons vor Farbsingletons. Zum anderen zeigt sich deutlich der Einfluss der Aufgabe auf die Stärke der IOR. Damit ist die Argumentationsgrundlage von Pratt et al. (2001) in Frage gestellt.

Die zweite Theorie besagt, dass die IOR top-down zu beeinflussen ist (Gibson & Amelio, 2000). Schließlich haben Onset-Hinweisreize nicht vor Zielreizen zu einer IOR geführt, wenn diese als Farbsingleton definiert waren (Gibson & Amelio, 2000; Pratt et al., 2001). Die Tatsache, dass Farbsingleton-Hinweisreize, im Gegensatz zu Onsets, nicht die Fähigkeit hatten, IOR zu bewirken, wird in diesem Erklärungsansatz auf ihre spezifische Verarbeitungsweise zurückgeführt (Gibson & Amelio, 2000). Als Schlüsselkomponente, für die Anfälligkeit der IOR für Onset-Reize, wird angenommen, dass sich Onsets und IOR gewisse Verarbeitungsstrukturen teilen, die für die Farbverarbeitung keine Rolle spielen. Diese Schaltstelle findet sich vermutlich in den Colliculi Superiori (CS) im Mittelhirn, die auch für die Generierung von reflexhaften Sakkaden zuständig sind (siehe, Theeuwes & Godijn, 2004; Wu & Remington, 2003). Hier findet sich ein Zusammenhang zu der Hypothese, dass die IOR durch die Aktivierung der Augenbewegungsmuskulatur verursacht wird (Klein, 2000; Rafal, et al., 1989; siehe Kapitel I.3.1). Ferner, dass die exogene Aktivierung der Augenbewegungsmuskulatur durch Onsets schneller und direkter stattfindet, als bei Farbsingletons (Wu & Remington, 2003). Auch hierzu ist zu sagen, wir haben IOR für Farbsingletons gefunden. Das Ausbleiben der IOR nach Farbsingletons in den Studien von Gibson und Amelio (2000) und Pratt et al. (2001) muss andere Ursachen gehabt haben.

Daher ist die dritte Erklärungsmöglichkeit für die Ergebnisse anzunehmen: Die Methode, bzw. die Erhebungsbedingungen, in den aufgezählten Studien waren vermutlich zu ungenau,

als dass die IOR nach Farbsingletonhinweisreizen beobachtet werden konnte (siehe auch, Fuchs & Ansorge, 2012).

Erstens ist anzunehmen, dass manuelle Diskriminationsaufgaben, wie sie in den besagten Studien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001) verwendet wurden, ein wenig robustes Maß für die IOR sind. Die TeilnehmerInnen sollten per Tastendruck angeben, ob der Zielreiz ein „x“ oder ein „=“ war. Theeuwes und Godjin (2004) haben eine leichte IOR nach Farbsingleton-Reizen vor Farbsingleton-Zielen gefunden. Sie verwendeten im Unterschied zu den anderen Studien eine sakkadische Entdeckungsaufgabe anstatt einer manuellen Diskriminierungsaufgabe. Sakkadische Entdeckungsaufgaben, wie sie auch in der vorliegenden Studie verwendet wurden, gelten als sensibler für die IOR (Pratt & Neggers, 2008). Es zeigen sich darin stärkere Effekte, die früher einsetzen (Pratt & Neggers, 2008).

Zweitens, die besagten Studien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001) haben nur einen Messpunkt für die IOR erhoben, und das, nach einem relativ langen Zeitintervall (>850 ms). Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass Farbsingletons zu IOR Effekten geführt haben, diese aber zu schwach waren, um nach einer so langen SOA erfasst zu werden (vergl., Fuchs & Ansorge, 2012). Da nur RZ-Daten zu diesem einen Messzeitpunkt existieren, kann man keine Aussagen über einen Trend des Effekts in Abhängigkeit von der Zeit treffen (siehe, Van Zoest & Donk, 2006). Dagegen wurden in der vorliegenden Arbeit fünf Reaktionszeit-Quintile (BINs) pro SOA (200 und 300 ms) betrachtet, um die Interaktion von Relevanz- und Position der Hinweisreize in Abhängigkeit von dem Zeitabstand nach dem Hinweisreiz zu untersuchen. Entscheidend ist das Ergebnis der frühesten Antworten in der SOA 200 ms, das sich deutlich von den späteren Antworten unterscheidet. In den frühesten Antworten konnte statistisch der Einfluss der Aufgabenrelevanz auf die positionsbedingten Hinweisreizeffekte gezeigt werden, der in den späteren Antworten nicht mehr signifikant war. Bei längerer SOA (300 ms) war dieser relevanzbedingte Positionseffekt nicht mehr zu finden. Es ist also nicht auszuschließen, dass sich in den besagten Studien zu einem frühen Zeitpunkt die Aufgabenrelevanz auch bei Farbsingletons auf einen signifikanten Positionseffekt ausgewirkt hat, dieser sich aber zu dem späten Zeitpunkt (SOA 850 ms) nicht mehr gezeigt hat. All diese Einwände sprechen dafür, dass die Ergebnisse in den genannten Studien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001) möglicherweise durch die Methode verzerrt wurden.

1.2. Der Einfluss der Aufmerksamkeitskontrolle auf die IOR

Die Hypothese der unterschiedlich schnellen Aufmerksamkeitsablösung

Zunächst sollen die Ergebnisse aus der Perspektive des reizgesteuerten Ansatzes betrachtet werden. Sowohl nach relevanten Hinweisreizen, als auch nach irrelevanten Hinweisreizen ist eine IOR zu beobachten. Diese Ergebnisse sprechen gegen die Vorhersagen der folkschen Kontingenzhypothese (vergl. z.B., Schreij, et al., 2010). Eine Möglichkeit, das unterschiedliche Ausmaß der IOR in der Merk- und in der Ignorierbedingung zu interpretieren, ist, es als unterschiedlichen Zeitverlauf des gleichen Prozesses anzusehen. Demnach wäre die IOR in den Ergebnissen in der Ignorierbedingung stärker als in Merkbedingung, weil der Hemmungsprozess nach den irrelevanten Reizen früher einsetzt (vergl., Pratt & McAuliffe, 2002). Diese Interpretation ist im Sinne der reizgesteuerten Theorie der unterschiedlich schnellen Aufmerksamkeitsablösung (Theeuwes, et al., 2000).

Die Hypothese der unterschiedlich schnellen Aufmerksamkeitsablösung postuliert für alle vergleichbar salienten Reize einen gleichen reizgesteuerten, unwillkürlichen Aufmerksamkeitseinfang (Theeuwes et al., 2000). Dass relevante und irrelevante Hinweisreize im räumlichen Hinweisreizparadigma zu unterschiedlichen Effekten führen, erklären Theeuwes et al. (2000) damit, dass sich die Aufmerksamkeit von irrelevanten Reizen schneller löst, als von relevanten. Dieser Theorie nach greift die top-down Kontrolle erst nach dem reizgesteuerten Aufmerksamkeitseinfang, indem sie die Dauer beeinflusst, mit der die Aufmerksamkeit auf einer Hinweisreizposition verweilt.

Theeuwes et al. (2000) stellten fest, dass der irrelevante Störreiz in einer Suchaufgabe bei kurzem Störreiz-Zielreiz-Intervall (SOA 50-100 ms) zu einer Verlangsamung der Suche gegenüber der störreizfreien Kontrollbedingung geführt hatte, aber nicht bei längerem Intervall (SOA 150-200 ms). Die Erklärung von Theeuwes et al. (2000) dafür war, dass die Aufmerksamkeit anfänglich von dem Störreiz eingefangen wurde, aber sich bereits nach 150 ms von irrelevanten Reizen gelöst hatte. Laut Theeuwes et al. (2000) sind auch die Ergebnisse, mit denen die Kontingenzhypothese (Folk et al., 1992) begründet wurde, durch die Hypothese der unterschiedlich schnellen Ablösung zu erklären.

Bezogen auf die vorliegende Studie, ließe sich mit dieser Hypothese erklären, weshalb sich im aufgabenirrelevanten Fall die Hemmung früher ausgebildet hat und IOR schon in den frühen Antworten zu beobachten ist, während in der relevanten Hinweisreizbedingung noch

positionsbezogene Erleichterungseffekte zu beobachten sind (vergl., Pratt & McAuliffe, 2002). Die Aufmerksamkeit hat länger zu Verarbeitungsvorteilen an der Position des relevanten Hinweisreizes geführt. Daher sind in der relevanten Bedingung noch Erleichterungseffekte in den schnellsten Reaktionen zu beobachten. Als in der kurzen SOA-Bedingung (200 ms) der Zielreiz erschienen ist, war die Aufmerksamkeit anfänglich noch auf der Hinweisreizposition und damit schon auf die Zielreizposition verlagert. Dadurch konnte schneller auf den validen Zielreiz reagiert werden, als wenn der Zielreiz an einer anderen Stelle erschienen ist (vergl., Posner, 1980). In der irrelevanten Bedingung war zu diesem Zeitpunkt die Aufmerksamkeit bereits von dem Hinweisreiz abgelöst und hatte bereits die Aufmerksamkeitshemmung (IOR) an der Position ausgebildet (vergl., Pratt & McAuliff, 2002). Die IOR hat sich, nach dieser Theorie, bei den relevanten Farbsingletons später ausgebildet und somit zu einer schwächeren IOR geführt als in der irrelevanten Bedingung.

Die Hypothese der unterschiedlich schnellen Ablösung wird mit vielen Argumenten in Frage gestellt (siehe, Lamy, 2010). Beispielsweise wurde nie direkt belegt, dass sich die Aufmerksamkeit in dem relevanten Fall schneller ablöst, als in dem irrelevanten Fall. Auch die folgenden Untersuchungsergebnisse sind mit ihr nicht vereinbar. Ansorge und Heumann (2003) konnten in einem räumlichen Hinweisreizparadigma zeigen, dass auch bei einer SOA unter 50 ms Kontingenzeinfang beobachtet werden kann. Die Forscher verglichen die Wirkung von Farbsingleton-Hinweisreizen, die eine ähnliche Farbe wie der Zielreiz hatten, mit der von Hinweisreizen einer anderen Farbe. Auch wenn es sich um Hinweisreize handelte, die ebenfalls den Singletonstatus des Zielreizes besaßen, führten diese stärker zu Aufmerksamkeitsseinfang, wenn sie eher der relevanten Farbe ähnelten, als einer anderen. Aufmerksamkeitsseinfang gab es nicht, wenn die Hinweisreize eine Farbe besaßen, die ignoriert werden sollte. Nach Theeuwes et al. (2000) wäre bei einer derart kurzen SOA zu erwarten, dass auch die irrelevanten Hinweisreize noch zu Validitätseffekten führen. Die Forscher sagen eine Aufmerksamkeitsablösung von irrelevanten Hinweisreizen erst ab 150 ms voraus.

Ebenfalls nicht vereinbar mit der Ablösungstheorie (Theeuwes, et al., 2000) sind die Ergebnisse mit ereigniskorrelierten Potentialen (EKP) (siehe, Ansorge, et al., 2011). Ansorge und Kollegen (2011) haben nachgewiesen, dass in der anfänglichen Phase der visuellen Selektion die Aufmerksamkeitskontrolleinstellung über die Verlagerung der räumlichen Aufmerksamkeit entscheidet. Sie verwendeten eine Abwandlung des räumlichen

Hinweisreizparadigmas mit Farbsingleton-Hinweisreizen und Farbsingleton-Zielreizen und ermittelten im EEG (Elektroenzephalogramm) die N2pc-Komponente¹⁴, parallel zu den manuellen Zielreizreaktionen. Der Hinweisreiz konnte eine von sechs irrelevanten Farben haben, oder die relevante Zielreizfarbe. Wie Eimer und Kiss (2008), zeigen auch Ansorge et al. (2011), ergänzend zu den Verhaltensdaten, dass saliente, aber räumlich uninformative Farbsingletons nur dann eine N2pc-Komponente aktivierten, die den räumlichen Aufmerksamkeitseinfang anzeigt, wenn sie mit der Zielreizfarbe übereinstimmen.

Singleton-Such-Modus und Kontingenzeinfang

Wenn es einen Aufmerksamkeitseinfang durch die irrelevanten Farbsingleton-Hinweisreize gab, ist es möglich, dass der Aufmerksamkeitseinfang durch die irrelevanten Farbsingleton-Hinweisreize aufgabengesteuert war, und nicht rein reizgesteuert. In der vorliegenden Studie ist der Zielreiz ein durch Farbe definierter Farbsingleton. Um den Zielreiz zu entdecken, ist es daher ausreichend, in der Anzeige den einzigen farblich hervorstechenden Reiz zu suchen. Möglicherweise neigt der Betrachter dazu, einen Singletonsuchmodus (Bacon & Egeth, 1994) anzunehmen und erst nach der Aufmerksamkeitsverlagerung auf der Basis der Farbe, auf der Merkmalsebene, über die Relevanz des Reizes zu entscheiden.

Bacon und Egeth (1994) haben gezeigt, dass ein irrelevanter Farbsingleton-Störreiz die Suche nach einem Formsingleton gestört hat. In ihrem Experiment war die Suchzeit in den Durchgängen verlängert, in denen ein Störreiz präsentiert wurde, im Vergleich zu der Kontrollbedingung ohne Störreiz. In einer Abwandlung des Experiments, in der der Zielreiz nicht als Singleton definiert war, führte das Farbsingleton nicht zu Interferenzeffekten. Der

¹⁴ Das N2pc-Signal gilt als Anzeiger des räumlichen Aufmerksamkeitseinfangs (siehe z.B., Ansorge, et al., 2011). Es handelt sich dabei um ein negatives Potential, das etwa 200ms nach dem Einsetzen der Reizpräsentation in der Gehirnhemisphäre kontralateral zur Bildschirmposition des Reizes auftritt. N2pc wird in den Zwischenebenen und höheren Ebenen des ventralen visuellen Verarbeitungspfades, der Area V4 und dem lateralen okzipitalen Komplexes generiert (Hopf, Boelmans, Schoenfeld, Luck, & Heinze, 2004, zitiert nach Sawaki und Luck, 2010). Das N2pc-Potential wurde bereits als Ergänzung zu Verhaltensdaten eingesetzt um die Kontingenzhypothese (Folk, et al., 1992) zu bestätigen. Das Signal tritt als Antwort auf einen Farbsingleton beispielsweise nur dann auf, wenn dieser der momentanen Zielfarbe entspricht (Ansorge, et al., 2011).

Singletonstatus wurde in diesen Bedingungen dadurch kontrolliert, dass der formdefinierte Zielreiz in mehr als der Hälfte der Durchgänge nicht der einzige, in seiner Form abweichende Reiz in der Anzeige war, sprich kein Formsingleton war. Daraus schlossen die Forscher, dass das „Singleton-Sein“ als definierende Eigenschaft des Zielreizes, in die AKE aufgenommen wird. Irrelevante Singleton-Störreize führen demnach zu einem aufgabengesteuerten Aufmerksamkeitseinfang, weil sie unter einem „Singleton-Entdeckungsmodus“ (Bacon & Egeth, 1994) mit der AKE übereinstimmen. Dieses Erklärungsmodell lässt sich auf den beobachteten Aufmerksamkeitseinfang in vielen Studien übertragen, z.B. auf Theeuwes (1992) (siehe dazu, Burnham, 2007).

Es liegt auf der Hand, dass ähnliche top-down Prozesse in der vorliegenden Studie für den Aufmerksamkeitseinfang in der Ignorierbedingung verantwortlich sein könnten. Zum einen waren sowohl der Zielreiz als auch der Hinweisreiz durch Singleton-Sein definiert und ausschließlich durch Farbkontrast zu erkennen. Zum anderen hatten sie die gleiche Präsentationsweise/ Dynamik (vergl., Folk & Remington, 2006), die gleiche Form, Helligkeit, Größe und die gleichen Erscheinungsorte. Es ist also nicht auszuschließen, dass der Ignorierreiz deshalb durch das Raster der Aufmerksamkeitskontrolle gefallen ist, weil er sich entscheidende Eigenschaften, wie den Singletonstatus, mit dem Zielreiz geteilt hat.

Die Vorgängerstudien (Gibson & Amelio, 2000; Pratt, et al., 2001) haben Farbsingleton- und Onset-Reizen zusammen in einer Experimentalsitzung verwendet. Möglicherweise war das für die Ergebnisse verantwortlich. Entwickelt man die Überlegung des top-down Singleton-Such-Modus (Bacon & Egeth, 1994) weiter, kann man vermuten, dass die TeilnehmerInnen eine globale anzeigenweite (engl. „display-wide“) AKE für Onsets angenommen haben (siehe hierzu, Burnham, 2007; Gibson & Kelsey, 1998), bzw. für dynamische Singletons (Folk & Remington, 2006). Die Theorie ist, dass „automatisch“ eine AKE¹⁵ für die im gesamten Experiment auffälligsten definierenden Reizeigenschaften des Zielreizes eingenommen wird. Mit anderen Worten, möglicherweise haben die VersuchsteilnehmerInnen über alle Durchgänge hinweg eine Aufmerksamkeitskontrolle für Onsets angenommen. Die IOR, die nur bei Onsets aufgetreten ist, wäre demnach durch eine top-down Kontrolle zu Stande gekommen. Man kann einwenden, dass der gleiche Effekt auch bei Folk et al. (1992) im ursprünglichen Experiment hätte eintreten müssen. Schließlich

¹⁵ Anmerkung: Diese Theorie ist schwer von einer bottom-up Theorie abzugrenzen (vergl., Burnham, 2007).

wurden auch hier in einer Experimentalsitzung zwischen Onset- und Farbsingleton-Zielreizen gewechselt. Dagegen ist zu sagen, dass Erleichterungseffekte, wie bei Folk et al. (1992), und IOR (z.B. Gibson & Amelio, 2000), sprich positionsbezogene Hemmungseffekte, nicht zwingend auf den gleichen Mechanismen der Aufmerksamkeit beruhen (siehe z.B., Tian, Klein, Satel, Xu, & Yao, 2011). Möchte man diese Argumentation weiterverfolgen, müsste man also annehmen, dass die IOR spezifisch anfällig für eine anzeigenweite AKE (siehe, Burnham, 2007) für Onsets ist. Zumindest scheinen, in Bezug auf die IOR, Onset-Singletons eine spezifische Vorrangstellung gegenüber Farbsingletons zu haben. Diese ist, nach Wu und Remington (2003) mit Klein (2000) und Rafal et al. (1989) auf die spezifische Beziehung zwischen Onsets, IOR und Augenbewegungsaktivierung zurückzuführen (siehe auch; Gibson & Amelio, 2000).

Die Reize waren ausschließlich auf der Farbebene voneinander zu unterscheiden. Dass Beobachter in einer präattentiven Phase zu dieser Diskriminierungsleistung auf Farbebene in der Lage sind, zeigen vorausgegangene Studien (z.B., Ansorge & Heumann, 2003; Folk & Remington, 1998; Theeuwes & Burger, 1998). VersuchsteilnehmerInnen können auf einen Merkmalsuchmodus auf der Farbebene schalten, obwohl der Zielreiz und der Hinweisreiz durch Singletons-Sein definiert sind. In diesen Studien kam es im räumlichen Hinweisreizparadigma nur zu Validitätseffekten (Ansorge & Horstmann, 2007; Ansorge, et al., 2011; Folk & Remington, 1998) und Störreizinterferenzen (Theeuwes & Burger, 1998) durch Farbsingletonhinweisreize oder -Störreize, wenn diese der Farbe des Zielreizes entsprochen haben. Diese Ergebnisse können durch Studien mit ereigniskorrelierten Potentialen (EKP) bekräftigt werden (z.B., Ansorge, et al., 2011; Eimer & Kiss, 2008). Es wurde nur bei Hinweisreiz-Zielreiz Farbkontingenz eine spezifische negative Aktivierung in posterioren okzipitalen Gehirnarealen, kontralateral zur Position des Reizes, gefunden, die nur auftritt, wenn ein Reiz die räumliche Aufmerksamkeit einfängt (N2pc).

Wie in diesen Studien waren auch in dem vorliegenden Experiment die Voraussetzungen erfüllt, unter denen der Singleton-Entdeckungsmodus kontrolliert werden kann. Die Merkmale des Zielreiz-Singletons waren bekannt und während des gesamten Experiments unverändert (Lamy, Bar-Anan, Egeth, & Carmel, 2006). Somit konnten die Merkmale der Singleton-Störreize oder der irrelevanten Hinweisreize vorab repräsentiert werden. In der vorliegenden Studie konnten die TeilnehmerInnen sich von vornherein auf eine Zielreizfarbe und eine Ignorierreizfarbe einstellen. Dennoch sind Validitätseffekte nicht

nur bei Übereinstimmung von Hinweisreiz und Zielreizfarbe eingetreten. Drei mögliche Gründe kann es dafür geben:

Erstens, der Aufmerksamkeitseinfang, angezeigt durch die IOR, ist reizgesteuert und eine AKE konnte die IOR vorab nicht top-down beeinflussen (siehe vorheriges Kapitel).

Zweitens, die BetrachterInnen haben nicht auf Merkmalssuchmodus umgeschaltet, sondern den Singletonentdeckungsmodus angenommen. In diesem Fall wäre die IOR in der irrelevanten Bedingung ebenfalls die Anzeigen eines Aufmerksamkeitseinfangs. Allerdings wäre dieser aufgabengesteuert.

Drittens, die Validitätseffekte, die sich als IOR zeigen, sind nicht in gleicher Weise als Aufmerksamkeitseffekte zu deuten wie die Erleichterungseffekte (siehe z.B., Tian et al., 2011). Sprich, es sollte die Möglichkeit diskutiert werden, dass die IOR in dem vorliegenden Experiment nicht nur als Indikator des Aufmerksamkeitseinfangs interpretiert werden kann.

2. Alternativen zu einer Rückkehrhemmung der Aufmerksamkeit

Die IOR ist ein sehr vielseitiges Phänomen, das nicht ausschließlich als aufmerksamkeitsbezogene Rückkehrhemmung interpretiert werden kann (siehe z.B., Fuchs & Ansorge, 2012; Tian, et al., 2011). Daher müssen alternative Erklärungsversuche für die beobachteten Validitätseffekte diskutiert werden, bevor Rückschlüsse auf die Mechanismen der anfänglichen Aufmerksamkeitsverlagerung gezogen werden.

Es kann nicht selbstverständlich angenommen werden, dass die IOR die zweite Phase eines Aufmerksamkeitsprozesses ist, der durch Erleichterung eingeleitet wird (z.B., Chica, et al., 2010; Fuchs & Ansorge, 2012). Die frühe Erleichterung und die späte Hemmung finden in separaten neuronalen Netzwerken statt und agieren vermutlich parallel (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010). Die Erleichterungseffekte im räumlichen Hinweisreiz-paradigma gelten weitgehend als Aufmerksamkeitseffekte (Fuchs & Ansorge, 2012; Hunt & Kingstone, 2003; Posner, 1980; Tian, et al., 2011). Dagegen sprechen bei der IOR einige Studien dafür, dass diese auch durch aufmerksamkeitsunabhängige Mechanismen zustande kommen kann (Dukewich, 2009; Hunt & Kingstone, 2003; T. J. Smith & Henderson, 2011; Tian, et al., 2011).

Fuchs und Ansorge (2012) konnten in einem räumlichen Hinweisreizparadigma zeigen, dass die IOR auch dann bei irrelevanten Hinweisreizen auftritt, wenn diese bei kurzer SOA keine aufmerksamkeitsbasierten Erleichterungseffekte gezeigt hatten. Oder andersherum,

wenn unterschwellig präsentierte Hinweisreize Erleichterungseffekte und damit Aufmerksamkeitseinfang bewirkten, konnte keine IOR beobachtet werden (Fuchs & Ansorge, 2012). Damit kann angezweifelt werden, ob die IOR ein verlässliches Kennzeichen eines Aufmerksamkeitseinfangs ist.

In Klein (2000) erfährt man, dass es drei Ansätze gibt, die erklären, durch welche Mechanismen die IOR zustande kommt; durch einen Aufmerksamkeitsmechanismus, einen sensorischen Mechanismus oder einen motorischen. In den nächsten Abschnitten, soll kurz erörtert werden, ob andere Faktoren die IOR im gegenwärtigen Experiment ausgelöst haben könnten, und möglicherweise nicht der Aufmerksamkeitsmechanismus der entscheidende Faktor gewesen ist. Die motorische Komponente wird unter „Einschränkungen der Studie“ näher betrachtet.

2.1. Sensorische Gewöhnungseffekte und nicht-räumliche Merkmalshemmung

In den ersten Forschungsarbeiten zur IOR wurde eine sensorische Ursache für das Phänomen ausgeschlossen (siehe, Klein, 2000). Eine Gruppe von Forschern (für einen Überblick siehe, Dukewich, 2009) ist jedoch weiterhin der Meinung, dass die IOR, im Sinne einer verlangsamten Entdeckung von wiederholten Reizeigenschaften (z.B. Position, Farbe) auf einen physiologischen Gewöhnungsprozess (Habituation) in den frühen sensorischen Feldern zurückzuführen ist und nicht auf einen kognitiven Aufmerksamkeitsprozess. Dabei wird angenommen, dass die Merkmale eines Reizes (Position, Farbe, Form) spezifische sensorische Zellen zum Feuern aktivieren (siehe z.B., Dukewich, 2009). Nachdem eine gewisse Aktivierungsschwelle überschritten ist, fällt die Reizbarkeit der Zellen ab und benötigt eine Refraktärperiode um sich wieder auf das Ausgangsniveau hin zu erholen. Wenn nach dem ersten Reiz innerhalb der Refraktärphase beispielsweise ein zweiter Reiz an der gleichen Position präsentiert wird, der mit gleichen Merkmalen die gleichen Zellen anspricht, kommt es angeblich zu einer verlangsamten Wahrnehmung dieses Reizes. Das Defizit ist hier noch im sensorischen Stadium, noch bevor Aufmerksamkeitsprozesse agieren können (Dukewich, 2009). Je ähnlicher die Merkmale von Hinweisreiz und Zielreiz sind, desto abgeschwächer sollte die Fähigkeit sein, den Zielreiz zu entdecken und darauf zu reagieren (vergl., Hu & Samuel, 2011). Damit ist eine physikalische Ursache der IOR für die Ergebnisse der vorliegenden Studie auszuschließen, weil die IOR bei grünen Hinweisreizen vor roten Zielreizen größer ist als bei roten Hinweisreizen vor roten Zielreizen. Falls ein

sensorischer Effekt die IOR verursacht hätte, hätte in dem Fall der Farbwiederholung die IOR spätestens nach der Erleichterungsphase (BIN 1, 2) stärker gewesen sein müssen. Von daher ist es auch unwahrscheinlich, dass es sich bei den frühen Erleichterungseffekten um sensorische Bahnungseffekte (Priming) handelt die durch die Wiederholung der Farbe aufgetreten sind (vergl., Maljkovic & Nakayama, 1994). Die Priming-Literatur geht davon aus, dass sensorische Mechanismen, nicht aufmerksamkeitsbezogene, für die erleichterte Reaktion auf wiederholte Reizmerkmale gegenüber nicht wiederholten verantwortlich ist.

Farbverursachte IOR ohne räumlichen Aufmerksamkeitseinfang

Kann es sein, dass die IOR in der relevanten Bedingung aufgrund der Farbwiederholung zustande gekommen ist? Law, Pratt und Abrams (1995) haben untersucht, ob eine IOR durch die Wiederholung von nicht-räumlichen Merkmalen wie Farbe auftritt. In einem Durchgang ihres Experiments wurden immer zwei farbige Reize (rot oder blau) hintereinander in der Bildmitte präsentiert. Die TeilnehmerInnen sollten so schnell wie möglich auf den zweiten Reiz reagieren. Zwischen den Farbreizen wurde immer eine Neutralisierungsfarbe (Magenta im einen Experiment, Grün im anderen) eingeblendet, um die Aufmerksamkeit von der Hinweisreizfarbe „abzulösen“. Zielreize, denen zuvor ein Reiz in der gleichen Farbe vorausgegangen war, wurden langsamer beantwortet, als Zielreize mit einer neuen Farbe. Mit hoher Wahrscheinlichkeit lagen den RZ-Nachteilen durch die Farbwiederholung¹⁶ andere Mechanismen zu Grunde, als denen der positionsbedingten IOR (Do Canto-Pereira, Paramei, Morya, & Ranvaud, 2006; Fox & de Fockert, 2001). Der Farb-IOR-Effekt ist jedoch sehr gering und verschwindet, wenn die Reize peripher präsentiert werden (Fox & de Fockert, 2001). Insgesamt kann man sagen, dass die wahrscheinlich die Kombination aus wiederholter Position und wiederholten Farbmerkmalen ausschlaggebend für die IOR sind (vergl., Ansorge, et al., 2010; Hu & Samuel, 2011; Hu, Samuel, & Chan, 2011). Auch bei Law et al. (1995) waren die Reize immer an der gleichen Position, nämlich in der Mitte. Es kann also nicht gefolgert werden, dass IOR ohne die Vermittlung der räumlichen Aufmerksamkeit entstehen kann.

¹⁶ Farbselektive Wahrnehmung muss, wie es scheint, nicht über die räumliche Aufmerksamkeit vermittelt werden (Andersen, Muller, & Hillyard, 2009).

2.2. Aktive top-down Hemmung von Hinweisreizstellen

In Kapitel III.1.2. wurde mit der Ablösungshypothese (Theeuwes et al., 2000) die Möglichkeit diskutiert, dass sich in den unterschiedlichen Verlaufsmuster der IOR in den Relevanzbedingungen zwei unterschiedliche Einsatzzeitpunkte des gleichem Prozesses widerspiegeln. Die Erklärung war, dass die IOR in der irrelevanten Bedingung früher einsetzt als in der relevanten und deshalb die IOR in den frühen Antworten der irrelevanten Bedingung schon ausgeprägt ist, während in der relevanten Bedingung noch Erleichterungseffekte zu beobachten sind. In den späten Antworten gleicht sich das Verlaufsmuster der IOR-Effekte an. Es gibt keinen direkten Nachweis für die Richtigkeit der Ablösungshypothese (vergl., Lamy, 2010).

Es muss in Betracht gezogen werden, dass die Verlaufsmuster deshalb unterschiedlich sind, weil es sich um zwei unterschiedliche Prozesse handelt. Beispielsweise könnte es sein, dass die IOR in der irrelevanten Bedingung durch eine top-down Hemmung zustande gekommen ist, während die IOR in der relevanten Bedingung im klassischen Sinne (vergl., Klein, 2000) und durch Kontingenzeinfang zustande kam. Diese top-down Erklärung der Ergebnisse soll hier kurz diskutiert werden.

Um den Hinweisreiz für die Ignorieraufgabe von demjenigen für die Merkaufgabe unterscheiden zu können, mussten die TeilnehmerInnen eine Repräsentation des grünen Singletons als Ignorierreiz und eine des roten Singletons als Merkreiz im Arbeitsgedächtnis (AG) behalten. Zudem mussten die TeilnehmerInnen sich die Stelle des ersten roten Hinweisreizes merken und diese im räumlichen AG behalten.

Neurophysiologische Studien zeigen eine anfängliche Aktivierung für sensorischen Input, der den Eigenschaften der Reize entspricht, die im AG gespeichert sind. Diese Aktivierungsmuster zeigen sich nicht bei „neuen“ Eigenschaften (siehe z.B., Chelazzi, Duncan, Miller, & Desimone, 1998; Soto & Humphreys, 2009). Diese Ergebnisse führten erstmals zu einer Theorie, die dem AG eine Schlüsselrolle bei der visuellen Selektion zuschreibt (z.B., Desimone & Duncan, 1995). Seitdem kann in der Forschung zunehmend festgestellt werden, dass die automatische Verlagerung der Aufmerksamkeit und der Inhalt des AGs interagieren (Soto & Humphreys, 2009; Theeuwes, Belopolsky, & Olivers, 2009).

Auch die IOR scheint nicht unabhängig vom räumlichen AG stattzufinden, wie neuere Arbeiten zeigen (z.B., Castel, et al., 2003; Sawaki & Luck, 2010; Zhang & Zhang, 2011). Zhang und Zhang (2011) haben beispielsweise festgestellt, dass die zunehmende Belastung

des räumlichen AG dazu geführt hat, dass IOR mit manuellen Antworten nicht mehr aufgetreten ist (siehe auch, Castel, et al., 2003). Die Be- oder Entlastung des räumlichen Arbeitsgedächtnisses hatte jedoch keinen Einfluss auf eine sakkadische IOR (siehe auch, Zhang & Zhang, 2011). Die beobachtete IOR in der vorliegenden Arbeit basiert auf sakkadischen Latenzzeiten. Aus diesem Grund ist mit Zhang und Zhang (2011) anzunehmen, dass die Aufgabe, die Stelle des Singletons zu merken, die mit der Präsentation des AKE passenden Hinweisreizes verknüpft war, keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatte. Die Frage, die bleibt, ist, welchen Einfluss es hatte, dass die nicht räumlichen Merkmale Ignorierfarbe und Zielreizfarbe/ Merkfarbe im Arbeitsgedächtnis repräsentiert waren.

Sawaki und Luck (2010) postulieren, dass eine aktive Unterdrückung der räumlichen Aufmerksamkeitsverlagerung zu Reizen möglich ist, die dem Arbeitsgedächtnisinhalt entsprechen. Die Forscher haben vor jedem Durchgang einer Suchaufgabe angezeigt, durch welche Merkmale der Zielreiz definiert war und auf welche Position die Aufmerksamkeit endogen gerichtet werden sollte. Der Zielreiz war immer durch eine Merkmalskombination aus Buchstabe und Größe definiert (z.B. kleines A). Die Suchanzeige bestand aus vier kleinen und acht großen gleichfarbigen Buchstaben, die gemischt in zwei Reihen angeordnet waren. Die Augen waren während der Durchgänge auf das mittige Kreuz gerichtet. Als Antwort sollte eine Taste gedrückt werden, wenn der Zielreiz in dem beachteten Areal erschien. Anstelle der Zielreizanzeige konnten zufällig auch zwei Arten von Suchanzeigen mit unterschiedlichem Störreiz erscheinen. Der Störreiz war entweder ein zielreizähnlicher (z.B. ein großes A) oder ein salienter irrelevanter Störreiz (Buchstabe mit einer hervorstechenden Farbe, Farbsingleton). Alle Reize erschienen per Zufall entweder in der beachteten Zone oder an einer anderen Stelle. Es zeigte sich, dass nur Zielreize und zielreizähnliche Störreize ein kontralaterales N2pc-Signal bewirkten, das Aufmerksamkeitseinfang anzeigt, wenn sie an der beachteten Stelle erschienen. Saliente Störreize an der beachteten Stelle, die sich keine Eigenschaften mit dem Zielreiz teilten, bewirkten kein (negatives) N2pc-Potential, sondern nur ein (positives) Pd-Potential¹⁷ auf der kontralateralen Seite, das als Signal der Unterdrückung gilt (siehe, Sawaki & Luck, 2010).

¹⁷ Die Pd-Komponente gilt als positives EKP in okzipitalen Elektroden, das kontralateral zur Reizposition auftritt. Es gilt als Anzeichen der top-down Unterdrückung einer räumlichen Aufmerksamkeitsverlagerung (Sawaki & Luck, 2010). Zum einen weil sie auch dann auftritt, wenn der

Das Pd zeigte sich ca. 112-225 ms nach Störreizpräsentation. Das N2pc erschien ca. 225-300 ms nach Störreizpräsentation. Die Autoren nehmen an, dass der nicht ähnliche Störreiz aufgrund seiner starken Salienz früher im Verarbeitungsprozess entdeckt wurde, als der weniger saliente Zielreiz. In diesem Punkt stimmen sie mit der bottom-up Salienzhypothese überein. Im Gegensatz zu diesem Ansatz wird aber nicht angenommen, dass auf das Signal automatisch die Verlagerung der verdeckten Aufmerksamkeit folgt. Vielmehr führt die „Entdeckung“ des peripheren, salienten Singletons präattentiv zu einem „Beachte-mich“-Signal. Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, dass sobald der saliente Reiz und die AKE nicht übereinstimmen, eine aktive top-down Unterdrückung dafür sorgt, dass die räumliche Aufmerksamkeit diesem Signal nicht folgt (Sawaki & Luck, 2010). Diese Unterdrückung spiegelt sich in der Pd-Komponente wider. Die Aufmerksamkeitskontrolle wird nach diesem Ansatz durch den präfrontalen Cortex vermittelt und hängt von den Arbeitsgedächtnisinhalten ab.

Im Falle des Ignorierreizes könnte man also folgendes Szenario annehmen; Der saliente Farbsingleton wird schnell auf einer Salienz-, bzw., Sakadenkarte (Theeuwes & Godijn, 2004) angezeigt. Gemäß der top-down Signalunterdrückungshypothese des kontrollierten Aufmerksamkeitseinfangs (Sawaki & Luck, 2010) führt diese Aktivierung auf der Salienzkarte nicht zu einer räumlichen Verlagerung der Aufmerksamkeit, wenn der Reiz nicht dem AKE entspricht, sondern zu einer top-down Unterdrückung der salienten Störreizstelle. Diese top-down gesteuerte Unterdrückung, die die verdeckten räumlichen Aufmerksamkeitsverlagerung daran hindert sich auf die Ignorierreizstelle auszurichten, führt in der Folge zur Hemmung, auf den Zielreiz an der gleichen Position zu reagieren. Im Falle des Merkhinweisreizes führt die Übereinstimmung mit der Aufmerksamkeitskontrolleinstellung (AKE) zu einem Aufmerksamkeitseinfang. Dies zeigt sich in dem anfänglichen Erleichterungseffekt, der in den späteren Sakkadenlatenzen nicht mehr zu beobachten ist. Auch die relevanten Hinweisreize sind räumlich uninformativ für die Zielreizstelle. Daher kommt es nach Aufmerksamkeitseinfang zu einer schnellen Ablösung der Aufmerksamkeit

Zielreiz in der Mitte präsentiert wird und der Störreiz peripher. Zum anderen weil sie eine gegenteilige Polarität zur N2pc Komponente besitzt. Außerdem tritt in Fällen, in denen es nicht notwendig ist, den Störreiz zu unterdrücken, beispielsweise wenn die Teilnehmer den Zielreiz nur entdecken sollen und ihn nicht identifizieren oder zuordnen sollen, die Pd nicht auf.

um im Anschluss schnell auf den Zielreiz reagieren zu können, der wahrscheinlich nicht an der Hinweisreizposition erscheint. Im Sinne der klassischen IOR wird eine Hemmungsmarke an die Hinweisreizposition gesetzt, die in der Folge zu Reaktionszeitkosten auf Ziele an der gleichen Position führt.

Für die Bestätigung dieser Theorie müsste man in einem zukünftigen Experiment nachprüfen, ob in der irrelevanten Hinweisreizbedingung ein Erleichterungseffekt zu beobachten ist, wenn man die SOA unter 100-150 ms setzt und somit den Aufmerksamkeitsorientierungsprozess zu einem früheren Zeitpunkt misst (vergl., Ansorge & Heumann, 2003). Falls es sich um aktive Hemmung handelt (vergl., Sawaki & Luck, 2010), sollte keine Erleichterung an validen Positionen bei kurzem Intervall auftreten, falls es schnelle Ablösung und anschließende Aufmerksamkeitshemmung ist (vergl., Theeuwes, et al., 2000), sollte man einen Erleichterungseffekt auch bei nicht passenden Farbsingletons in der SOA (< 100 ms) beobachten können. In Studien mit SOA unter 100 ms konnten nur Erleichterungseffekte für relevante Farben gefunden werden, aber nicht für irrelevante Farben (siehe, Ansorge & Heumann, 2003). Zudem wäre es interessant mehrere Arten von irrelevanten Farbsingleton-Hinweisreizarten miteinander zu vergleichen: eine Irrelevanz-Bedingung, in der explizit nur eine Ignorierfarbe vorgegeben wird (vergl. gegenwärtige Arbeit); eine Irrelevanz-Bedingung in der mehrere irrelevante Farben per Zufall erscheinen, die vorher noch nicht bekannt sind, aber dadurch als irrelevant gelten, dass sie nicht die Zielreizfarbe sind; und eine Irrelevanzbedingung, in der diese beiden Arten miteinander kombiniert werden, es also sowohl eine explizite Ignorierfarbe gibt, als auch zufällige irrelevante Farben. Falls die IOR in der irrelevanten Bedingung des gegenwärtigen Experiments eine AG vermittelte top-down Hemmung ist, sollte es nur in der Farb-Ignorierbedingung und nicht in der Zufallsfarben-Irrelevanzbedingung zu IOR-Effekten kommen. Falls die IOR nicht top-down durch das AG vermittelt ist, sondern reizgesteuert, ist IOR in der Zufalls-Irrelevanzbedingung gleichermaßen zu erwarten.

Jene Theorien, die eine top-down gesteuerte Hemmung der Störreizposition¹⁸ postulieren, erklären nicht, warum diese Hemmung mit zunehmendem zeitlichem Abstand zwischen Einsatz des Hinweisreizes und der Reaktion zunimmt. Der Betrachter kann in den genannten Experimenten fest damit rechnen, dass in einem festgelegten Zeitfenster (SOA 200 ms oder

¹⁸ Störreiz meint hier eigentlich einen irrelevanten exogenen Hinweisreiz.

300 ms) nach der Hinweisreizanzeige ein Zielreiz erscheint, auf den reagiert werden muss. Es ist zwar weniger wahrscheinlich, aber nicht ausgeschlossen, dass der Zielreiz an der Hinweisreizposition erscheint. Die positionsbezogene top-down Unterdrückung der Aufmerksamkeitsverlagerung findet ca. 115 ms nach Einsatz des Ignorierreizes statt (siehe, Sawaki & Luck, 2010). Es gibt also keinen Grund, dass diese Unterdrückung, die bei der Hinweisreizanzeige aufgebaut wurde, eine Hemmung nach sich zieht, die mit zunehmendem zeitlichem Abstand ansteigt. Es würde sich für die Aufgabe (so schnell wie möglich auf den Zielreiz reagieren) anbieten, dass die top-down Hemmung direkt nach der Störreizpräsentation am stärksten ist und gleich danach wieder abklingt. Bei kurzem Hinweisreiz-Reaktions-Abstand wäre demnach eine stärkere Hemmung der validen Stelle zu erwarten, als bei längerem Zeitabstand. Das Gegenteil ist aber der Fall. Es ist fraglich, zu welchem Zweck ein top-down Unterdrückungspotential weiter ansteigen sollte, wenn der Störreiz bereits erloschen ist und die Aufrechterhaltung der Unterdrückung für die Reaktion auf den Zielreiz hinderlich ist. Diese Frage soll hier nur am Rande erwähnt werden und kann im Rahmen dieser Studie nicht erörtert werden.

Es ist noch abzuklären, unter welchen Bedingungen diese präattentive top-down automatische Hemmung eintreten kann. Chao (2009) konnte nur eine aktive top-down Hemmung durch endogene Aufmerksamkeitsverlagerung feststellen. Es war für die Zielentdeckung und -unterscheidung von Vorteil, die Störreizstellen durch symbolische zentrale Hinweisreize anzuzeigen. Da sie diesen Effekt nur bei endogen und nicht bei exogen angezeigten Störreizen finden konnten, haben sie geschlussfolgert, dass sich dieser aktive Mechanismus von automatischen Prozessen wie der IOR oder der negativen ortsbasierten Bahnung unterscheidet. In der vorliegenden Arbeit waren die irrelevanten Hinweisreize exogene Reize. Daher können die Hemmungsmechanismen, die Chao (2009) feststellte, nicht gelten. Fraglich ist also, ob es verschiedene Mechanismen der top-down Hemmung mit unterschiedlichen Zeitverläufen gibt.

Im gegenwärtigen Kapitel wurde erläutert, weshalb es nicht auszuschließen ist, dass es sich bei der IOR im irrelevanten, AKE nicht-passenden Fall (Ignorierhinweisreiz) um eine top-down Hemmung der Hinweisreizstelle handelt, die ohne vorausgehende räumliche Aufmerksamkeitsverlagerung stattfinden kann. Die IOR in der Merkhinweisreizbedingung dagegen kann tatsächlich als die Rückkehrhemmung der Aufmerksamkeit interpretiert werden, die verhindert, dass diese auf die zuvor unwillkürlich beachtete Stelle zurückkehrt.

Dieser top-down Erklärungsansatz der Ergebnisse kann alternativ zur Hypothese der unterschiedlich schnellen Ablösung (Theeuwes, et al., 2000) herangezogen werden (siehe Kapitel III.1.2).

3. Einschränkungen der Studie

Eine Einschränkung der Studie ergibt sich daraus, dass sakkadische Antworten statt manuellen Antworten verwendet wurden. IOR, die in Aufgaben mit sakkadischen Antworten auftritt, scheint ein funktional und strukturell anderer Mechanismus zu sein, als IOR, die in Aufgaben zu beobachten ist, in denen die Augen während des gesamten Experiments auf das Fixationskreuz gerichtet sind (Chica, et al., 2010; Hunt & Kingstone, 2003; Sumner, Nachev, Vora, Husain, & Kennard, 2004). Ferner kann IOR, wie es scheint, nicht unbedingt als verlässlicher Indikator des Aufmerksamkeitseinfangs angesehen werden (vergl., Fuchs & Ansorge, 2012). Als Ursache für die IOR in sakkadischen Aufgaben, werden auch häufig aufmerksamkeitsunabhängige Prozesse verantwortlich gemacht (siehe z.B., Dukewich, 2009; Hunt & Kingstone, 2003; T. J. Smith & Henderson, 2011; Tian, et al., 2011).

3.1. Bewegungshemmung und aufmerksamkeitsbedingte manuelle IOR

Bewegungshemmung (engl. auch „motor IOR“) bezeichnet das Phänomen, dass ein erfolgreich unterdrücktes Bewegungsprogramm der Augen, mit den gleichen Koordinaten, gleich im Anschluss nur stark verzögert, ausgeführt werden kann (z.B., Klein & Pontefract, 1994). Diese Hypothese bestätigt sich in mehreren Studien. Beispielsweise haben Smith und Henderson (2011) vorhergesagt, dass bei der Suche auf dem Bild einer natürlichen Szene die IOR als Aufmerksamkeitsmechanismus dafür sorgen müsste, dass zuvor betrachtete Fixpunkte weniger häufig angesehen werden als neue Fixpunkte. Es zeigte sich, dass die Sakkadenlatenzen zu abrupten Onset-Störreizen langsamer waren, wenn diese Onsets an dem unmittelbar zuvor betrachteten Fixpunkt erschienen.. Dennoch war die relative Häufigkeit von Sakkadenfixationen auf alte Fixpunkte insgesamt nicht signifikant geringer als die relative Häufigkeit von Fixationen auf die „neuen“ Fixpunkte im Bild. Die Wahrscheinlichkeit, erneut einen bereits betrachteten Fixpunkt zu fixieren, ist somit genauso hoch, wie einen neuen Fixpunkt zu fixieren. Daraus schlossen die Forscher, dass die sakkadische IOR etwas anderes ist, als eine aufmerksamkeitsbedingte Tendenz auf neue Fixpunkte zu achten, nämlich eine motorische Hemmung. Sie nennen diese durch Entfernungs- und Richtungskoordinaten

festgelegte Augenbewegungshemmung das „sakkadische Moment“ (engl. „saccadic momentum“; T. J. Smith & Henderson, 2011).

Hunt und Kingstone (2003) haben für sakkadische Antworten eine IOR beobachtet, die keine Wechselwirkung mit aufmerksamkeitsbeeinflussenden Faktoren (die Veränderung der Helligkeit des Zielreizes) zeigt. Bei manuellen Antworten dagegen, wenn die Augen während des Experiments fixiert sind, wirken sich dieselben aufmerksamkeitsbeeinflussenden Faktoren auf die Stärke der IOR systematisch aus. Die Autoren gehen davon aus, dass nur bei manuellen Antworten eine rein aufmerksamkeitsbasierte IOR zu beobachten ist. Sobald sakkadische Antworten verlangt werden, ist die IOR auch das Produkt eines Hemmungsmechanismus des Bewegungsapparates (siehe, Chica, et al., 2010; Hunt & Kingstone, 2003; Taylor & Klein, 2000). Andere Forscher gehen davon aus, dass allgemein, nur in Zielreiz-Zielreiz-Bedingungen (vergl. roter Hinweisreiz- roter Zielreiz) ein rein Aufmerksamkeits-IOR zu beobachten ist (Coward, Poliako, O’Boyle, & Lowe, 2004). Dagegen in Ignorierhinweisreiz-Zielreizbedingungen (vergl. grüner Hinweisreiz - roter Zielreiz) immer eine Bewegungshemmung eine Rolle spielt.

Sumner und Kollegen zeigten auf neuronaler Ebene (z.B., Sumner, et al., 2004), dass sakkadische IOR nicht durch Reize stimuliert werden konnte, die nicht in den CS projizieren können, sondern nur über einen kortikalen Pfad verarbeitet werden. Diese speziellen Reize sind kurzweilig und können deshalb nur auf spezifische Kurzwellen empfindliche Zapfen (engl. „s-cones“= short cones)¹⁹ wahrgenommen werden. Dieselben Reize konnten jedoch eine aufmerksamkeitsbezogene (manuelle) IOR bewirken. Die Forscher bestätigen; Sakkadische IOR wird als Folge einer Augenbewegungsinitiierung verursacht (vergl., Klein, 2000; Rafal et al., 1989) und verläuft über den retinotektalen Verarbeitungspfad über die CS. Die aufmerksamkeitsbezogene (manuelle) IOR entsteht nach dem Aufmerksamkeitseinfang

¹⁹ Diese Zapfen sind die Sehzellen auf der Retina, die für die Farbwahrnehmung von Blautönen verantwortlich sind. Zwei Mechanismen werden angenommen. Sumner und Kollegen (2004) schließen aus, dass Aufmerksamkeits-IOR über den S-Zapfen Pfad vermittelt wird. Sie nehmen eher an, dass die Ausrichtung der Aufmerksamkeit durch das Zusammenspiel von vielen verschiedenen Pfaden erzeugt wird. Die S-Zapfen haben eine sehr geringe Übertragungsgeschwindigkeit und sind daher nicht geeignet als Basis eines so fundamentalen Aufmerksamkeitsausrichtungsmechanismus zu fungieren (Sumner, et al., 2004).

durch Signale in dem kortikalen Verarbeitungspfad. Die traditionelle IOR, die als Indikator des Aufmerksamkeitseinfangs gilt, entspricht der im kortikalen Verarbeitungspfad entstandenen Hemmung.

Es ist also in der vorliegenden Studie nicht auszuschließen, dass die anfängliche Aktivierung des Augenbewegungsapparates eine Bewegungs-IOR nach sich gezogen hat, die nicht direkt mit einer aufmerksamkeitsverursachten IOR vergleichbar ist. Jedenfalls ist mit der vorliegenden Arbeit gezeigt worden, dass die Verarbeitung von Farbsingletons die Strukturen aktiviert, die zur IOR führen. Das wiederum bedeutet, dass die Annahme von Gibson und Amelio (2000) oder Pratt et al. (2001) nicht bestätigt werden kann. Es bleibt zu untersuchen, ob das Ausbleiben der IOR bei Farbsingletons in den Vorgängerstudien darauf zurückzuführen ist, dass in diesen Studien Farbsingleton-Reize in Konkurrenz mit Onset-Reizen standen. Möglicherweise haben Onsets eine Vorrangstellung in der Aktivierung des Augenbewegungsapparats, die die Aktivierungsfähigkeit von Farbsingletons im gleichen Experiment zurückdrängt (siehe, Wu & Remington, 2003).

4. Zusammenfassung

Die Rückkehrhemmung des visuellen Aufmerksamkeitssystems (IOR) gilt als Anzeiger des Aufmerksamkeitseinfangs. Wir haben IOR sowohl nach relevanten, als auch nach irrelevanten Hinweisreizen gefunden. Die IOR in der relevanten Bedingung hat jedoch später eingesetzt als in der irrelevanten. Die erste Interpretationsmöglichkeit ist, dass diese Ergebnisse eine reizgesteuerte IOR widerspiegeln. Aufgrund ihrer Salienz haben beide Hinweisreize unabhängig von der Aufgabe und den Zielen des Betrachters zum Aufmerksamkeitseinfang und damit zur IOR geführt. Der unterschiedliche Verlauf der IOR in den Relevanzbedingungen wäre aus dieser Perspektive mit Theeuwes et al. (2000) auf die unterschiedlich schnelle Ablösung der Aufmerksamkeit zurückzuführen.

Die gleichen Ergebnisse können allerdings auch mit zwei Theorien im Sinne des Ansatzes der aufgabengesteuerten Aufmerksamkeitsverlagerung gedeutet werden. Das erste Argument für einen top-down Einfluss ist, dass die TeilnehmerInnen im Singleton-Entdeckungsmodus (Bacon & Egeth, 1994) gearbeitet haben könnten. Damit wäre der Aufmerksamkeitseinfang in beiden Relevanzbedingungen top-down gesteuert. Falls das nicht der Fall war, und die TeilnehmerInnen, wie sie sollten, im Merkmalssuchmodus gearbeitet haben, kann es immer

noch sein, dass ein top-down gesteuerter präattentiver Hemmungsmechanismus in der irrelevanten Bedingung gewirkt hat.

5. Ausblick

Für zukünftige Forschungsarbeiten die beabsichtigen, die Gültigkeit der Kontingenzhypothese (Folk, et al., 1992) zu überprüfen, ist es interessant, speziell die Möglichkeiten der aktiven top-down Hemmung zu adressieren. Dabei wird es dienlich sein, in einem ähnlichen Experiment wie dem vorliegenden, SOA-Zeiten zu verwenden, die kürzer sind als die Zeit, die ein irrelevanter Hinweisreiz braucht, um sich nach Theeuwes et al. (2000) abzulösen (<150 ms). Zudem bietet es sich an unterschiedliche Arten von Aufgabenirrelevanz bei Hinweisreizen zu vergleichen. So kann sicher angenommen oder ausgeschlossen werden, ob die Hypothesen der unterschiedlich schnellen Ablösung der Aufmerksamkeit (Theeuwes, 2000) auf die Ergebnisse zutrifft. Zusätzlich zu den Verhaltensdaten, die nur bei relevanten Hinweisreizen Validitätseffekte zeigen (Folk, et al., 1992), können EKP-Aufzeichnungen aus dem Elektroenzephalogramm (EKG) Aufschluss geben. Kontralaterale N2pc sind verlässliche Anzeiger des räumlichen Aufmerksamkeitseinfangs (Ansorge, et al., 2011) und die Pd-Komponente scheint bei top-down Unterdrückungsprozessen aufzutreten (Sawaki & Luck, 2010). Ferner wird es interessant sein, der Frage nachzugehen, welchen Zusammenhang es zwischen der Fähigkeit eines Reizes gibt, den Augenbewegungsapparat subkortikal zu aktivieren und Positionseffekte im räumlichen Hinweisreizparadigmen zu bewirken.

Literaturverzeichnis

- Abrams, R. A., & Dobkin, R. S. (1994). Inhibition of return - effects of attentional cueing on eye-movement latencies. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 20(3), 467-477.
- Andersen, S. K., Muller, M. M., & Hillyard, S. A. (2009). Color-selective attention need not be mediated by spatial attention. *Journal of Vision*, 9(6).
- Ansorge, U., & Heumann, M. (2003). Top-down contingencies in peripheral cuing: The roles of color and location. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 29(5), 937-948.
- Ansorge, U., & Horstmann, G. (2007). Preemptive control of attentional capture by colour: Evidence from trial-by-trial analyses and orderings of onsets of capture effects in reaction time distributions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(7), 952-975.
- Ansorge, U., Horstmann, G., & Scharlau, I. (2010). Top-down contingent attentional capture during feed-forward visual processing. *Acta Psychologica*, 135(2), 123-126.
- Ansorge, U., Kiss, M., Worschech, F., & Eimer, M. (2011). The initial stage of visual selection is controlled by top-down task set: new ERP evidence. *Attention Perception & Psychophysics*, 73(1), 113-122.
- Bacon, W. F., & Egeth, H. E. (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55(5), 485-496.
- Berlucchi, G., Tassinari, G., Marzi, C. A., & Distefano, M. (1989). Spatial-distribution of the inhibitory effect of peripheral non-informative cues on simple reaction-time to non-fixated visual targets. *Neuropsychologia*, 27(2), 201-221.
- Blangero, A., Khan, A. Z., Salemme, R., Deubel, H., Schneider, W. X., Rode, G., & Pisella, L. (2010). Pre-saccadic perceptual facilitation can occur without covert orienting of attention. *Cortex*, 46(9), 1132-1137.
- Burnham, B. P. (2007). Displaywide visual features associated with a search display's appearance can mediate attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(3), 392-422.

- Castel, A. D., Pratt, J., & Craik, F. I. M. (2003). The role of spatial working memory in inhibition of return: Evidence from divided attention tasks. *Perception & Psychophysics*, 65(6), 970-981.
- Chao, H. F. (2009). Exogenous Cuing of Distractor Location Facilitates Location Selection by Inhibition of Return. *Experimental Psychology*, 56(2), 121-127.
- Chelazzi, L., Duncan, J., Miller, E. K., & Desimone, R. (1998). Responses of neurons in inferior temporal cortex during memory-guided visual search. *Journal of Neurophysiology*, 80(6), 2918-2940.
- Chica, A. B., Lupianez, J., & Bartolomeo, P. (2006). Dissociating inhibition of return from endogenous orienting of spatial attention: Evidence from detection and discrimination tasks. *Cognitive Neuropsychology*, 23(7), 1015-1034.
- Chica, A. B., Taylor, T. L., Lupianez, J., & Klein, R. M. (2010). Two mechanisms underlying inhibition of return. *Experimental Brain Research*, 201(1), 25-35.
- Coward, R. S., Poliako, V. E., O'Boyle, D.J., Lowe, C. (2004). The contribution of non-ocular response inhibition to visual inhibition of return. *Experimental Brain Research*, 155, 124-128.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual-attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Deubel, H., & Schneider, W. X. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 36(12), 1827-1837.
- Do Canto-Pereira, L. H. M., Paramei, G. V., Morya, E., & Ranvaud, R. D. (2006). Inhibition or facilitation of return: Does chromatic component count? *Visual Neuroscience*, 23(3-4), 489-493.
- Dukewich, K. R. (2009). Reconceptualizing inhibition of return as habituation of the orienting response. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 238-251.
- Eimer, M., & Kiss, M. (2008). Involuntary attentional capture is determined by task set: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(8), 1423-1433.
- Findlay, J. (2009). Saccadic eye movement programming: sensory and attentional factors. *Psychological Research*, 73(2), 127-135.
- Findlay, J., & Gilchrist, I. (2003). *Active vision: the psychology of looking and seeing*: Oxford University Press.

- Folk, C. L., & Remington, R. (1998). Selectivity in distraction by irrelevant featural singletons: Evidence for two forms of attentional capture. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 24(3), 847-858.
- Folk, C. L., & Remington, R. (2006). Top-down modulation of preattentive processing: Testing the recovery account of contingent capture. *Visual Cognition*, 14(4-8), 445-465.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 18(4), 1030-1044.
- Fox, E., & de Fockert, J. W. (2001). Inhibitory effects of repeating color and shape: Inhibition of return or repetition blindness?. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 27(4), 798-812.
- Fuchs, I., & Ansorge, U. (2012). Inhibition of return is no hallmark of exogenous capture by unconscious cues. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6.
- Gibson, B. S., & Amelio, J. (2000). Inhibition of return and attentional control settings. [Article]. *Perception & Psychophysics*, 62(3), 496-504.
- Gibson, B. S., & Kelsey, E. M. (1998). Stimulus-driven attentional capture is contingent on attentional set for displaywide visual features. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 24(3), 699-706.
- Godijn, R., & Theeuwes, J. (2002). Oculomotor capture and Inhibition of Return: Evidence for an oculomotor suppression account of IOR. *Psychological Research-Psychologische Forschung*, 66(4), 234-246.
- Hopf, J. M., Boelmans, K., Schoenfeld, M. A., Luck, S. J., & Heinze, H. J. (2004). Attention to features precedes attention to locations in visual search: Evidence from electromagnetic brain responses in humans. *Journal of Neuroscience*, 24(8), 1822-1832.
- Hu, F. K., & Samuel, A. G. (2011). Facilitation versus inhibition in non-spatial attribute discrimination tasks. *Attention Perception & Psychophysics*, 73(3), 784-796.
- Hu, F. K., Samuel, A. G., & Chan, A. S. (2011). Eliminating Inhibition of Return by Changing Salient Nonspatial Attributes in a Complex Environment. *Journal of Experimental Psychology-General*, 140(1), 35-50.

- Hunt, A. R., & Kingstone, A. (2003). Inhibition of return: Dissociating attentional and oculomotor components. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 29(5), 1068-1074.
- Ibbotson, M., & Krekelberg, B. (2011). Visual perception and saccadic eye movements. *Current Opinion in Neurobiology*, 21(4), 553-558.
- Itti, L., & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(3), 194-203.
- Jonides, J., & Yantis, S. (1988). Uniqueness of abrupt visual onset in capturing attention. *Perception & Psychophysics*, 43(4), 346-354.
- Kahneman, D., Treisman, A., & Burkell, J. (1983). The cost of visual filtering. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 9(4), 510-522.
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), 138-147.
- Klein, R. M., & Pontefract, A. (1994). Does oculomotor readiness mediate cognitive control of visual-attention - revisited. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Hrsg.), *Attention and Performance Xv: Conscious and Nonconscious Information Processing*, 15, 333-350.
- Kowler, E. (2011). Eye movements: The past 25 years. *Vision Research*, 51(13), 1457-1483.
- Lamy, D. (2010). Reevaluating the disengagement hypothesis. *Acta Psychologica*, 135(2), 127-129.
- Lamy, D., Bar-Anan, Y., Egeth, H. E., & Carmel, T. (2006). Effects of top-down guidance and singleton priming on visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(2), 287-293.
- Law, M. B., Pratt, J., & Abrams, R. A. (1995). Color-based inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 57(3), 402-408.
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1994). Priming of pop-out .1. role of features. *Memory & Cognition*, 22(6), 657-672.
- McPeck, R. M., Skavenski, A. A., & Nakayama, K. (2000). Concurrent processing of saccades in visual search. *Vision Research*, 40(18), 2499-2516.
- Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2010). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: A review of the literature. *Acta Psychologica*, 134(3), 299-309.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.

- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance*, 10, 531-556.
- Posner, M. I., Rafal, R. D., Choate, L. S., & Vaughan, J. (1985). Inhibition of return - neural basis and function. *Cognitive Neuropsychology*, 2(3), 211-228.
- Pratt, J., & McAuliffe, J. (2002). Determining whether attentional control settings are inclusive or exclusive. *Perception & Psychophysics*, 64(8), 1361-1370.
- Pratt, J., & Neggers, B. (2008). Inhibition of return in single and dual tasks: Examining saccadic, keypress, and pointing responses. *Perception & Psychophysics*, 70(2), 257-265.
- Pratt, J., Sekuler, A. B., & McAuliffe, J. (2001). The role of attentional set on attentional cueing and inhibition of return. *Visual Cognition*, 8(1), 33-46.
- Rafal, R. D., Calabresi, P. A., Brennan, C. W., & Sciolto, T. K. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended locations. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 15(4), 673-685.
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., & Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians - evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25(1A), 31-40.
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2010). Capture versus suppression of attention by salient singletons: Electrophysiological evidence for an automatic attend-to-me signal. *Attention Perception & Psychophysics*, 72(6), 1455-1470.
- Schreij, D., Theeuwes, J., & Olivers, C. N. L. (2010). Irrelevant onsets cause inhibition of return regardless of attentional set. *Attention Perception & Psychophysics*, 72(7), 1725-1729.
- Schubo, A., & Müller, H. J. (2009). Selecting and ignoring salient objects within and across dimensions in visual search. *Brain Research*, 1283, 84-101.
- Smith, D. T., Jackson, S. R., & Rorden, C. (2009). An intact eye-movement system is not required to generate inhibition of return. *Journal of Neuropsychology*, 3, 267-271.
- Smith, T. J., & Henderson, J. M. (2011). Does oculomotor inhibition of return influence fixation probability during scene search? *Attention Perception & Psychophysics*, 73(8), 2384-2398.

- Soto, D., & Humphreys, G. W. (2009). Automatic Selection of Irrelevant Object Features Through Working Memory Evidence for Top-Down Attentional Capture. *Experimental Psychology*, *56*(3), 165-172.
- Sumner, P., Nachev, P., Vora, N., Husain, M., & Kennard, C. (2004). Distinct cortical and collicular mechanisms of inhibition of return - Revealed with S cone stimuli. *Current Biology*, *14*(24), 2259-2263.
- Taylor, T. L., & Klein, R. M. (2000). Visual and motor effects in inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, *26*(5), 1639-1656.
- Theeuwes, J. (1991). Exogenous and endogenous control of attention - the effect of visual onsets and offsets. *Perception & Psychophysics*, *49*(1), 83-90.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, *51*(6), 599-606.
- Theeuwes, J. (1994). Stimulus-driven capture and attentional set - selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, *20*(4), 799-806.
- Theeuwes, J. (2000). Attentional capture and oculomotor control. *Perception*, *29*, 2-2.
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection: Reply to commentaries. *Acta Psychologica*, *135*(2), 133-139.
- Theeuwes, J., Atchley, P., & Kramer, A. F. (2000). *On the time course of top-down and bottom-up control of visual attention*. Cambridge: MIT Press.
- Theeuwes, J., Belopolsky, A., & Olivers, C. N. L. (2009). Interactions between working memory, attention and eye movements. *Acta Psychologica*, *132*(2), 106-114.
- Theeuwes, J., & Burger, R. (1998). Attentional control during visual search: The effect of irrelevant singletons. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, *24*(5), 1342-1353.
- Theeuwes, J., & Godijn, R. (2002). Irrelevant singletons capture attention: Evidence from inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, *64*(5), 764-770.
- Theeuwes, J., & Godijn, R. (2004). Inhibition-of-return and oculomotor interference. *Vision Research*, *44*(12), 1485-1492.
- Theeuwes, J., Kramer, A. F., Hahn, S., Irwin, D. E., & Zelinsky, G. J. (1999). Influence of attentional capture on oculomotor control. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, *25*(6), 1595-1608.

- Tian, Y., Klein, R. M., Satel, J., Xu, P., & Yao, D. (2011). Electrophysiological Explorations of the Cause and Effect of Inhibition of Return in a Cue-Target Paradigm. *Brain Topography*, 24(2), 164-182.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). Feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136.
- Van Zoest, W., & Donk, M. (2006). Saccadic target selection as a function of time. *Spatial Vision*, 19(1), 61-76.
- Vaughan, J. (1984). Saccades directed at previously attended locations in space: Elsevier Science Publishers.
- Wolfe, J. M. (1994). Guided search 2.0 - a revised model of visual-search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(2), 202-238.
- Wu, S. C., & Remington, R. W. (2003). Characteristics of covert and overt visual orienting: Evidence from attentional and oculomotor capture. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 29(5), 1050-1067.
- 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., & 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.
- Zhang, Y., & Zhang, M. (2011). Spatial working memory load impairs manual but not saccadic inhibition of return. *Vision Research*, 51(1), 147-153.

Abkürzungsverzeichnis

AKE = Aufmerksamkeitskontrolleinstellung; entspricht dem englischen Fachbegriff „attentional control setting“

IOR = (engl.) inhibition of return; auf Deutsch “Rückkehrhemmung”

ms = Millisekunden

RZ = Reaktionszeit

SOA = (engl.) stimulus onset asynchrony; meint auf Deutsch das Zeitintervall zwischen dem Erscheinen des Hinweisreizes und Zielreizes

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modell des räumlichen Hinweisreizparadigmas (Posner, 1980); (erstellt von der Autorin der vorliegenden Arbeit).....7

Abbildung 2: Reaktionszeiten im räumlichen Hinweisreizparadigma als Funktion der SOA und dem Verhältnis der Hinweisreiz- und Zielreizposition.....8

Abbildung 3: Modellhafte Darstellung des Experiments von Folk, Remington und Johnston (1992) ; (erstellt von der Autorin der vorliegenden Arbeit).....14

Abbildung 4: Beispielhafte Darstellung zweier Durchgänge des Experiments der vorliegenden Studie; (erstellt von der Autorin der vorliegenden Arbeit)25

Abbildung 5.1: Ergebnisdarstellung, SOA 200 ms.....29

Abbildung 5.2: Ergebnisdarstellung für das Experiment mit SOA 200ms; IOR.....29

Abbildung 6.1: Ergebnisdarstellung, SOA 300.....32

Abbildung 6.2: Ergebnisdarstellung für das Experiment mit SOA 300ms; IOR.....32

Tabelle 1: ANOVA (200 SOA), der Faktoren: Versuchsperson (VP), Validität der Hinweisreiz- und Zielreizposition (Valid), Relevanz des Hinweisreizes (Memory), Sakkaden-geschwindigkeit (BIN).....30

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name Helena Breier
Anschrift Jägerstraße 45, Top 7/ 1200 Wien
Telefon/ Email + 43 680 55 39 335/ b_helena@gmx.de
Geburtsdatum 29.10.1985
Familienstand ledig

Hochschulstudium

Fach Psychologie (Diplom),
03/2006 bis vorraussichtlich 06/2012,
Universität Wien
Auslandsstudium Katholische Universität Leuven, Sept. 2010 bis Jän. 2011, Belgien
Studienschwerpunkte Allgemeine Psychologie, Klinische Psychologie

Praktika und Jobs

07/2011-08/2011 Sechs-Wochen-Praktikum am Klinikum Bremen Mitte/ Ost, Zentrum für
Psychiatrie und Psychotherapie
09/2008 Ludwigs-Maximilian-Universität München, Abteilung Molekulare und
Klinische Neurobiologie, Prof Dr. D. Rujescu: Mitarbeit im
Forschungsprojekt zu den genetischen Ursachen von Schizophrenie,
Datenerhebung und Testung
03/2007- 05/2008 Mitarbeit im Marktforschungsinstitut Triconsult, Wien
08/2007-09/2007 Mitarbeit bei Landsiedel Consulting, Wiesentheid
01/2006 Pflegepraktikum in der Internen Klinik Dr. Argirov, Kempfenhausen am
Starnberger See
10/2005- 12/2005 Werkstudentenstelle im Sales bei der British Telecom (BT) Germany,
München

Schulbildung

09/1996 –07/2005 Ludwigsgymnasium München, Abitur (Note 2,2)
09/1992 – 07/1996 Grundschule Pater-Rupert-Mayer, Pullach/ München

Besondere Kenntnisse und Interessen

EDV Microsoft Office, SPSS, Adobe Premiere, HTML (Grundkenntnisse)
Sprachen Englisch (fließend in Wort und Schrift)
Latein (Schulkenntnisse)
Französisch (Schulkenntnisse)
Spanisch (Schulkenntnisse)
Niederländisch (Grundkenntnisse)
Interessen Improvisationstheater, Klavierspielen, Malen und Kunst, Sport
Sonstiges Führerschein Klasse B