



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Das unbewusste Sehen

Ein Beitrag zur Klärung der Debatte, ob unterschwellige
Hinweisreize die Aufmerksamkeit willkürlich oder unwillkürlich
verlagern

Verfasserin

Verena Kleissner

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Juni 2012

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Auf die Nachfrage, ob er seiner Fantasie mehr vertraut als seinem Wissen, antwortete

Albert Einstein in einem Interview:

„I am enough of an artist to draw freely upon my imagination. Imagination is more important than knowledge. Knowledge is limited. Imagination encircles the world“

(Viereck, 1929, S. 117).

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Einleitung | 6 |
| 2. Theoretischer Hintergrund | 8 |
| 2.1. Selektive visuelle Aufmerksamkeit..... | 11 |
| 2.1.1. Dimensionsbasierte Aufmerksamkeit..... | 11 |
| 2.1.2. Objektbasierte Aufmerksamkeit..... | 12 |
| 2.1.3. Ortsbasierte Aufmerksamkeit..... | 13 |
| 2.1.3.1. Das Flankierreizparadigma von Eriksen und Eriksen (1974) | 13 |
| 2.1.3.2. Das Hinweisreizparadigma von Posner (1980) | 14 |
| 2.1.3.3. Mechanismen der Aufmerksamkeitsverlagerung | 16 |
| 2.1.3.4. Top-down-Verarbeitung | 17 |
| 2.1.3.5. Bottom-up-Verarbeitung | 20 |
| 2.1.3.6. Die Rückkehrhemmung | 23 |
| 2.1.3.7. Subliminale Cueing-Effekte..... | 27 |
| 2.1.4. Ausgangsstudie von Mulckhuyse, Talsma und Theeuwes (2007)..... | 28 |
| 2.1.5. Neurobiologisches Modell visueller Aufmerksamkeit von Lamme (2003) | 30 |
| 2.1.6. Colliculi superiores | 33 |
| 2.1.7. Unaufmerksamkeitsblindheit..... | 35 |
| 2.1.8. Signalentdeckungstheorie..... | 37 |
| 3. Methoden | 38 |
| 3.1. Ziel und Fragestellung | 38 |
| 3.2. Hypothesen | 39 |
| 3.3. Stichprobe | 40 |
| 3.4. Design und technische Daten..... | 40 |
| 3.5. Durchführung | 43 |
| 3.5.1. Versuchsteil..... | 43 |
| 3.5.2. Sichtbarkeitstest..... | 44 |
| 4. Ergebnisse..... | 45 |
| 4.1. Versuchsteil | 45 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 4.2. Sichtbarkeitstest..... | 49 |
| 5. Diskussion | 51 |
| 6. Literatur | 56 |
| 7. Anhang..... | 66 |
| 7.1. Abstract (dt.) | 66 |
| 7.2. Abstract (engl.)..... | 66 |
| 7.3. Lebenslauf | 67 |

1. Einleitung

Was wir sehen, hören, fühlen und erinnern hängt nicht nur von der Information ab, die wir durch unsere Sinne aufnehmen, sondern auch von der getroffenen Auswahl, welchen Aspekten Beachtung geschenkt wird (Driver, 2000). William James (1890) drückt das folgendermaßen aus: „My experience is what I agree to attend to. Only those items which I notice shape my mind“ (Seite 402). Der Mechanismus, der unser Erleben leitet, ist die selektive Aufmerksamkeit. Sie ermöglicht, dass wir uns gewissen Aspekten unserer Umwelt selektiv zuwenden und diese detailliert bearbeiten können, während wir andere Information ignorieren (Conway, Cowan & Bunting, 2001). Die Forschung zu diesem zentralen Thema der kognitiven Psychologie ging von England aus und begann während des zweiten Weltkrieges (Lachmann, Lachmann & Butterfield, 1979). Collin Cherry beschäftigte sich 1953 mit dem Cocktailpartyphänomen. Es beschreibt den Effekt, dass eine Person, die in einem lauten Raum auf ein Gespräch fokussiert ist, es trotzdem hört, wenn am anderen Ende des Raumes der eigene Namen genannt wird. Cherry (1953) entwickelte ein Verfahren des dichotischen Hörens, um die Fokussierung der Aufmerksamkeit zu testen. Über Kopfhörer wurden beiden Ohren unterschiedliche Texte dargeboten. Die Aufgabe der Versuchsteilnehmer war es, eine der beiden Meldungen laut nachzusprechen und die andere zu ignorieren. Die Ergebnisse zeigten, dass die Teilnehmer in Bezug auf die unbeachtete Meldung nur fähig waren, Fragen nach physikalischen Eigenschaften, wie z.B. ob die Stimme männlich oder weiblich war, zu beantworten. Der Inhalt der ignorierten Meldung, also der semantische Gehalt, konnte nicht wiedergegeben werden. Andere Vertreter sind Donald Broadbent, Alan Welford, Anne Treisman, Jaroslav A. Deutsch und Diana Deutsch, deren Theorien im theoretischen Hintergrund nachzulesen sind.

Das zentrale Thema dieser Diplomarbeit ist die *selektive visuelle Aufmerksamkeit*. Insbesondere wird der Frage nach der Art und Weise nachgegangen, wie die Aufmerksamkeit verlagert wird. Wenn man zum Beispiel konzentriert eine E-Mail schreibt, wird man hin und wieder Kontrollblicke auf den Bildschirm werfen. Da diese

Kontrollblicke gezielt auftreten, handelt es sich um eine (endogene) Aufmerksamkeitsverlagerung in Übereinstimmung mit unseren Zielen (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Angenommen, auf dem Arbeitstisch liegt neben dem PC das eigene Handy. Falls es aufgrund eines Anrufes oder einer SMS zu blinken beginnt, zieht es, obwohl die Konzentration auf dem Verfassen der E-Mail liegt, automatisch die Aufmerksamkeit an. Diese Aufmerksamkeitsverlagerung erfolgt unwillentlich und wird auch als reizgesteuert oder exogen bezeichnet (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Ein zentrales Forschungsinteresse der Diplomarbeit liegt in der Debatte, ob die gemessene Aufmerksamkeitserfassung unwillkürlich, reizgesteuert (*Bottom-up*) oder willkürlich, zielabhängig (*Top-down*) abläuft. Wichtig ist, dass der Reiz, der eine Aufmerksamkeitsverlagerung bewirken soll, subliminal (unterschwellig) präsentiert wird. James Vicary hatte in den 60ern behauptet, dass der Popcorn- und Colakonsum nach subliminalen Werbebotschaften während eines Kinofilmes bedeutend gestiegen seien. Die Botschaften „iss Popcorn“ und „trink Cola“ wurden laut Vicary für eine dreitausendstel Sekunde alle fünf Sekunden eingeblendet. Obwohl herauskam, dass es sich um einen raffinierten Werbetrick handelte und andere bisherige Ergebnisse darauf schließen lassen, dass unterschwellige Werbung nur dann wirken kann, wenn sie zu den momentanen Bedürfnissen des Zusehers passt (Karremans, Stroebe & Claus, 2006), ist in der Literatur (z.B. Mulckhuyse, Talsma & Theeuwes, 2007; siehe Abschnitt 2.1.4.) schon oft gezeigt worden, dass unterschwellig präsentierte Stimuli das Verhalten beeinflussen.

2. Theoretischer Hintergrund

Everyone knows what attention is. It is the taking possession of the mind, in clear and vivid form, of one out of several possible objects or trains of thought. Focalisation, concentration of consciousness are of its essence. It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others. (James, 1980, S. 403f)

William James formulierte 1980 treffend, dass die Aufmerksamkeit ein selektives Verarbeitungssystem darstellt. Wir brauchen sie, um uns in unserer Umgebung zurechtzufinden, oder wie Carrasco (2011) metaphorisch meint, um den Weizen von der Spreu zu trennen. Die Aufmerksamkeit erlaubt uns nämlich, die enorme Menge an Information mit der wir tagtäglich konfrontiert werden selektiv zu bearbeiten, indem wir relevante Aspekte beachten bzw. fokussieren, während wir andere ignorieren (z.B. Carrasco, 2011; Egeth, 1967).

Zu Beginn sollen einige prominente Ansätze der selektiven Aufmerksamkeit kurz erläutert werden, die die Mechanismen der Verarbeitung erklären:

1. Das Paradigma der psychologischen Refraktärperiode von Welford (1952)

Welfords Paradigma der psychologischen Refraktärperiode (Überblick bei Smith, 1967) unterstützt die Annahme, dass die Kapazität der Verarbeitungsprozesse beschränkt ist. Versuchspersonen wurden in kurzen Abständen zwei Reize dargeboten, auf die sie so schnell wie möglich reagieren sollten. Die Reaktionszeit der Versuchsteilnehmer auf den zweiten Reiz hing von dem zeitlichen Intervall zwischen dem Einblenden des ersten Reizes und dem Einblenden des zweiten Reizes ab. Je kürzer dieses (Interstimulus-) Intervall dauerte, desto länger war die zeitliche Verzögerung der Reaktion auf den zweiten Reiz. Welford schloss daraus, dass die Verarbeitung des ersten Reizes erfolgt sein musste, damit der zweite Reiz verarbeitet werden kann. Es handelt sich somit um eine serielle Reizverarbeitung und eine beschränkte zentrale Verarbeitungskapazität.

2. Das Paradigma des dichotischen Hörens von Cherry (1953)

Wie in der Einleitung nachzulesen, beschäftigte Collin Cherry (1953) das Cocktailparty-Problem. Er präsentierte über einen Kopfhörer den Ohren zwei verschiedene Meldungen, wobei sich der Versuchsteilnehmer auf eine Meldung konzentrieren und diese laut nachsprechen (=„shadowing“) sollte. Die zwei Meldungen wurden, um physikalische Unterschiede zu eliminieren, vom gleichen Sprecher aufgenommen. Die Versuchsteilnehmer waren zwar fähig, die beachtete Nachricht nachzusprechen, sie konnten jedoch nur über physikalische Eigenschaften wie z.B. das Geschlecht des Sprechers der unbeachteten Meldung berichten. Den Inhalt der ignorierten Nachricht konnten sie nicht wiedergeben.

3. Das Split-span-Paradigma von Broadbent (1954)

Den Versuchspersonen werden nach dem Prinzip des dichotischen Hörens jedem Ohr nacheinander drei Zahlen über einen Kopfhörer genannt. Dabei erfolgt die Präsentation einer Zahl für das linke und rechte Ohr simultan. Diese zwei Zahlen bilden ein Zahlenpaar (sie wurden „gesplittet“). Die Aufgabe der Teilnehmer war es, sich an die Zahlenpaare zu erinnern. Die meisten Versuchspersonen gaben die Zahlenfolge nach Ohr an anstatt nach Paaren an. Angenommen, dem linken Ohr wurden die Zahlen 2-9-5 dargeboten und dem rechten die Zahlen 8-1-3, so lautete die Wiedergabe der meisten Teilnehmer 295813, anstatt 28-91-53. Broadbent schloss aus dem Ergebnis, dass aufgabenirrelevante Nachrichten abgeblockt werden und dass eine Selektion anhand von physikalischen Reizmerkmalen erfolgt.

4. Die Filtertheorie von Broadbent (1958)

Die Filtertheorie von Broadbent (1958) ist ein theoretisches Modell der selektiven Aufmerksamkeit. Broadbent behauptet, dass es in unserem Gehirn eine Art Filter gibt, der nützliche Information der Umgebung aufnimmt und Information, die für unser

momentanes Interesse irrelevant erscheint, herausfiltert. Das bedeutet, dass zwar mehrere Inputs parallel in den sensorischen Speicher gelangen, dann aber aufgrund des Filtermechanismus nur ein Input weiterverarbeitet wird. Diese Trennung der eindringenden Stimulation erfolgt anhand von physikalischen Charakteristika (z.B. Stimme, Farbe, Ort). Grund für die Selektion ist die limitierte Kapazität höherer Verarbeitungsprozesse. Der Filter schützt somit vor Überlastung.

Die Filtertheorie von Broadbent wurde jedoch schon bald kritisiert, da eine semantische Verarbeitung der unbeachteten Information demonstriert wurde (Conway et al., 2001). Moray (1959) konnte zum Beispiel zeigen, dass ungefähr ein Drittel der Versuchspersonen ihren eigenen Namen in der irrelevanten Nachricht wahrnahm. Wood und Cowan (1995) replizierten Morays Untersuchung und fanden mit 34,6% das gleiche Ergebnis.

5. Attenuationstheorie von Treisman (1964)

Die Attenuations- oder Dämpfungstheorie von Treisman (1964) erfolgte als Antwort auf die Inflexibilität von Broadbents Filtertheorie. Schon 1960 hat Anne Treisman festgestellt, dass Versuchspersonen beim Nachsprechen auch manchmal Wörter der unbeachteten Information nannten. Da Broadbents Filtertheorie nach einem Alles-oder-Nichts-Prinzip abläuft, kann sie diese Ergebnisse nicht erklären. Nach Treisman (1964) reduziert bzw. dämpft der Filter die Analyse der ignorierten Information. Das heißt, dass eine abgeschwächte Weiterleitung und Verarbeitung der unbeachteten Information erfolgen kann. Wenn Stimuli mit unseren Erwartungen konsistent sind, ist die Schwelle, dass sie verarbeitet werden geringer. Das gilt auch für Stimuli unbeachteter Information.

6. Theorie der späten Selektion von Deutsch und Deutsch (1963)

Auch die Theorie der späten Selektion von Deutsch und Deutsch (1963) erklärt, warum manche unbeachtete Information verarbeitet wird. Sie gehen in ihrer Theorie davon aus, dass jede Information unabhängig vom Grad der Aufmerksamkeit der ihr zukommt

verarbeitet wird. Nach der vollständigen Analyse erfolgt in einem parallelen Verarbeitungsprozess die Weiterverarbeitung bzw. die Selektion anhand der Relevanz der Information.

2.1. Selektive visuelle Aufmerksamkeit

Jeden Moment unseres Lebens sind wir einer Unmenge visueller Inputs ausgesetzt. Da nicht jede Information für uns interessant ist, ist es vonnöten, dass wir wichtige visuelle Information selektieren und den restlichen Input ignorieren. Dieser *selektive, visuelle Aufmerksamkeitsmechanismus* (Egeth & Yantis, 1997) hilft uns, unsere Ziele zu erreichen.

Es gibt drei Haupttypen der visuellen Aufmerksamkeit (Carrasco, 2011):

Ortsbasierte Aufmerksamkeit

Bei der ortsbasierten Aufmerksamkeitsverlagerung erfolgt diese an einen bestimmten, abstrakten Ort. Der Ansatz der ortsbasierten Aufmerksamkeit beruht auf dem Hinweisreizparadigma von Posner (1980) und dem Flankierreizparadigma von Eriksen und Eriksen (1974). Da die ortsbasierte Aufmerksamkeit für die vorliegende Untersuchung besonders relevant ist, wird sie in Kapitel 2.1.3. detaillierter behandelt. Die beiden anderen Ansätze sollen für ein Verständnis der selektiven Aufmerksamkeit im Überblick skizziert werden.

2.1.1. Dimensionsbasierte Aufmerksamkeit

Die dimensionsbasierte Aufmerksamkeit führt einen Beobachter zu spezifischen Merkmalen bzw. Dimensionen von Attributen (z.B. Farbe, Orientierung oder Bewegungsrichtung) der visuellen Szene.

Zugehörige Theorien, wie zum Beispiel der Dimensionsgewichtungsansatz von Müller, Heller und Ziegler (1995) postulieren, dass es ein Limit des Selektionsgewichtes gibt, das den dimensionsbasierten Modulen beigemessen werden kann.

Müller und O'Grady (2000) haben Duncans Paradigma der Objektbeurteilung (1984; siehe Abschnitt 2.1.2.) adaptiert angewandt. Farbe und Form der Objekte fungierten als unterschiedliche Dimensionen. Müller und O'Grady replizierten den objektbasierten Effekt von Duncan und fanden zusätzlich einen dimensionsbasierten Effekt. In den Ergebnissen drückte sich dieser additive Effekt so aus, dass die Genauigkeit dualer Urteile größer war, wenn sich diese auf Eigenschaften innerhalb einer Dimension bezogen. Auch bei Krummenacher, Müller und Heller (2003) zeigte sich dieser Effekt. Die Beobachter sollten die Anwesenheit eines Zielreizes erkennen, der sich von allen anderen Items unterschied (= Singleton). Die Dimension, die den Zielreiz definierte (z.B. Farbe, Orientierung, Bewegung), konnte sich jedoch von Durchgang zu Durchgang ändern. Eine Veränderung der Dimension führte zu einer Verlängerung der Reaktionszeit im Vergleich zu Durchgängen, in denen sich der Zielreiz in einem Merkmal innerhalb einer Dimension änderte.

2.1.2. Objektbasierte Aufmerksamkeit

Objektbasierte Aufmerksamkeit (Duncan, 1984; Olson, 2001; Roelfsema, Lamme & Spekreijse, 1998) bedeutet, dass die Aufmerksamkeit nicht auf Orte im visuellen Feld gerichtet wird, sondern auf Objekte, d.h. eine Gruppe visueller Information. In Duncans (1984) Experiment wurden in kurzen Displaydarbietungen zwei überlappende Objekte (eine Box mit einer durchziehenden Linie) gezeigt. Jedes Objekt wies zwei unabhängige Attribute auf (z.B. konnte die Linie punktiert oder gestrichelt sowie mit oder gegen den Uhrzeigersinn ausgerichtet sein). Die Versuchsteilnehmer sollten entweder eine Eigenschaft eines Objektes (z.B. Größe der Box), zwei Eigenschaften eines Objektes, oder zwei Attribute zu zwei Objekten beurteilen. Es hat sich gezeigt, dass die Teilnehmer in der Lage waren zwei Urteile, die dasselbe Objekt betreffen, simultan zu bilden, während zwei Urteile, die verschiedene Objekte betreffen, nicht gebildet werden konnten. Duncans

Ergebnisse unterstützen die Ansicht, dass parallele, präattentive Prozesse das visuelle Feld in separate Objekte aufteilen, wonach ein Prozess einer zielgerichteten Aufmerksamkeit einsetzt, der sich nur mit einem Objekt zu einem Zeitpunkt befasst.

2.1.3. Ortsbasierte Aufmerksamkeit

Wie einleitend zur selektiven visuellen Aufmerksamkeit beschrieben, erfolgt die Aufmerksamkeitsverlagerung nach diesem Ansatz ortsbasiert. Das bedeutet, dass sich die Aufmerksamkeit zu einem spezifischen, abstrakten Ort verlagert (Carrasco, 2011). Dieser Ansatz beruht auf dem Flankierreizparadigma von Eriksen und Eriksen (1974) sowie dem Hinweisreizparadigma von Posner (1980).

2.1.3.1. *Das Flankierreizparadigma von Eriksen und Eriksen (1974)*

In diesem Paradigma geht es darum, dass ein Reiz einen anderen flankieren kann. Eriksen und Eriksen haben den Versuchspersonen eine Reihe von Buchstaben (z.B. KKKHKKK) dargeboten. Abhängig von dem dargebotenen Zielbuchstaben, sollten sie so schnell wie möglich den Antworthebel nach links oder nach rechts drücken. Es wurden sowohl die ablenkenden, flankierenden Buchstaben, als auch der Abstand zwischen den Buchstaben experimentell variiert. In allen Flankierbedingungen (d.h. egal ob die flankierenden Buchstaben ein N, W, Z, G, J oder Q waren) nahm die Reaktionszeit mit zunehmendem Abstand zwischen den Buchstaben immer mehr ab. Das bedeutet, dass die Flankierbuchstaben, obwohl sie irrelevant waren und daher nicht beachtet werden müssten, eine Verlängerung der Reaktionszeit auf den Zielbuchstaben bewirkten. Die Autoren konnten zeigen, dass sich dieser Interferenzeffekt durch einen Stimulus, der vor der Buchstabenreihe an der Stelle des Zielbuchstabens gezeigt wird, reduzieren lässt (Müller & Krummenacher, 2002).

2.1.3.2. Das Hinweisreizparadigma von Posner (1980)

Posner (1980) unterscheidet die Aufmerksamkeitsverlagerung in eine *verdeckte* (englisch [engl.] covert orienting) und eine *offene* (engl. overt orienting) Verlagerung. Die offene räumliche Aufmerksamkeit ist dadurch charakterisiert, dass ein Beobachter den Kopf und/oder die Augen zur relevanten, beachteten Stelle hinbewegt und sich dementsprechend auch der Fokus der Aufmerksamkeit verschiebt. Bei der verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerung finden keine Kopf- und Augenbewegungen zum selektierten Ort statt. Während bei der verdeckten Aufmerksamkeit mehreren Orten gleichzeitig Aufmerksamkeit geschenkt werden kann, sind Augenbewegungen sequentiell, da sie nur auf eine Stelle in einem Moment gerichtet werden können (Carrasco, 2011). Nach Carrasco (2011) ermöglicht uns die verdeckte Aufmerksamkeit, die Umgebung zu überwachen und sie lenkt die offene Aufmerksamkeitsverlagerung zu den relevanten, auffälligen Stellen der visuellen Szene. Um die verdeckte Aufmerksamkeit zu untersuchen, ist es notwendig, dass die Augen des Beobachters auf eine Stelle fixiert sind und die Aufgabe sowie die Stimuli über die Bedingungen hinweg konstant zu halten, während die Aufmerksamkeit manipuliert wird (Carrasco, 2011).

Posner führte in seinem Artikel „Orienting of attention“ (das Orientieren der Aufmerksamkeit) aus dem Jahr 1980 den Begriff des Orientierens ein. Posner meint damit die Anpassung der Aufmerksamkeit aufgrund eines sensorischen Inputs. Orientieren ist somit als eine räumliche Selektion zu verstehen. Ihre Funktion liegt in der Vereinfachung der Wahrnehmung von visueller Information (vgl. Ansorge, Horstmann & Scharlau, 2011). Das dazugehörige Untersuchungsdesign ist das **Hinweisreizparadigma** (oder Spatial-Cueing-Paradigma) von Posner (1980), das auch in der vorliegenden Untersuchung verwendet wurde. Dabei wird einer Versuchsperson ein ortsbezogener Hinweisreiz (engl. spatial cue) dargeboten, der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit die Position des nachfolgenden, peripheren Zielreizes anzeigt. Ein Hinweisreiz ist ein Reiz, der auf den möglichen Zielreizort hinweist. Er soll die Aufmerksamkeit des Beobachters auf die angezeigte Stelle lenken. Als Zielreiz wird der relevante Reiz bezeichnet, der notwendig ist, um eine Aufgabe zu lösen (Ansorge, 2006). Ein Beispiel des Hinweisreizparadigmas ist in Abbildung 3 (Seite 24) dargestellt. Üblicherweise befindet sich zentral ein

Fixationspunkt (in der Abbildung eine Box) und rechts und links davon je ein Kästchen. Der Hinweisreiz (z.B. die linke Box) zeigt das linke Kästchen als wahrscheinlichen Ort des Zielreizes an. Sobald der Proband den Zielreiz sieht, soll er mit einem Tastendruck so schnell wie möglich darauf reagieren (= einfache Reaktionszeitaufgabe). Der Fixationspunkt gewährleistet, dass die Versuchspersonen die Aufmerksamkeit auf den Bildschirmmittelpunkt lenken, was nach Carrasco (2011) für die Untersuchung der verdeckten Aufmerksamkeit wichtig ist.

Posner (1980) unterscheidet zwischen zwei Systemen: dem endogenen und dem exogenen System (siehe Abschnitte 2.1.3.3. - 2.1.3.5.). Die **exogene** Orientierung auf räumliche Hinweisreize läuft reizgesteuert, reflexiv, automatisch ab, während die **endogene** Aufmerksamkeitsverlagerung in Übereinstimmung mit unseren Intentionen stattfindet (z.B. Müller & Rabbitt, 1989).

Der *endogene Hinweisreiz* wird zentral an der Fixationsstelle präsentiert und indiziert in über 50% (typischerweise 80%) der Durchgänge die Position des nachfolgenden Zielreizes (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010). Er kann aus einem Pfeil (Jonides, 1981), einem Wort (das „links“ oder „rechts“ angibt) oder einer Nummer, die den Ort auf einer imaginären Uhr aufzeigt (Theeuwes & Van der Burg, 2007), bestehen. Ein zentrales Kreuz deutet darauf hin, dass der Zielreiz mit gleicher Wahrscheinlichkeit links oder rechts auftritt (Posner, 1980). Dieser Durchgang wird als neutral bezeichnet. Der Hinweisreiz dient dabei als zeitliches Warnsignal. Neben dem neutralen Durchgang kann man weitere valide und nicht-valide Durchgänge unterscheiden. Ein valider Hinweisreiz erscheint an der gleichen Stelle wie der spätere Zielreiz, ein nicht-valider Hinweisreiz erscheint an unterschiedlicher Position wie der spätere Zielreiz. Das Hinweisreizparadigma erlaubt den Vergleich der Leistung von den drei Bedingungen (valide, nicht-valide, neutral).

Ein *exogener Hinweisreiz* soll die Aufmerksamkeit automatisch anziehen. Dafür verwendet man einen peripheren Hinweisreiz, von dem man weiß, dass er Aufmerksamkeit automatisch anzieht. Ein plötzliches Auftreten (Onset) des Reizes oder eine Luminanzänderung (Luminanz = Maß für die Helligkeit von Bildpunkten), wie die Aufhellung eines Platzhalters (z.B. eines der beiden Kästchen aus Abbildung 3) an der Position des Zielreizes oder in der Nähe davon, wären mögliche Präsentationen eines

exogenen Hinweisreizes. Im Gegensatz zum endogenen Hinweisreiz, beinhaltet der exogene keine Information über das Ziel. Das bedeutet, dass der Beobachter keinen Nutzen davon hätte, sich der Stelle, an der der Hinweisreiz erscheint, zuzuwenden (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010).

Sowohl in exogenen, als auch in endogenen Bedingungen sind die Versuchspersonen in validen Durchgängen in ihrer Zieldiskrimination besser (Jonides, 1981) und in ihrem Antwortverhalten schneller (z.B. Mulckhuyse & Theeuwes, 2010; Müller & Rabbitt, 1989) als in nicht-validen. Die Beeinflussung der Verarbeitung des Zielreizes durch den Hinweisreiz nennt man *Priming* oder *Bahnung*.

Der nächste Abschnitt widmet sich der Debatte, ob die Aufmerksamkeitserfassung exogen oder endogen abläuft.

2.1.3.3. Mechanismen der Aufmerksamkeitsverlagerung

Ein zentrales Forschungsinteresse dieser Diplomarbeit liegt in der Debatte, ob die gemessene Aufmerksamkeitserfassung Top-down oder Bottom-up bedingt ist. Zahlreiche Studien (z.B. Ansorge, Horstmann & Scharlau, 2010; Ansorge, Horstmann & Worschech, 2010; Ansorge, Kiss & Eimer, 2009; Mulckhuyse et al., 2007) widmen sich dieser Debatte, um ein besseres Verständnis der Aufmerksamkeitsprozesse zu schaffen. Top-down-Verarbeitung meint die zielgesteuerte, endogene und Bottom-up-Verarbeitung die reizgesteuerte, exogene Kontrolle von Aufmerksamkeit (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Während manche Forscher der Meinung sind, dass die Top-down-Kontrolle von Beginn an die Aufmerksamkeitsverlagerung steuert (z.B. Bichot, Rossi & Desimone, 2005), sind andere der Überzeugung, dass die Initialphase, in der ein Stimulus die Aufmerksamkeit anzieht, durch Bottom-up-Prozesse gesteuert ist (z.B.: Itti & Koch, 2001). Pro Verarbeitungsmechanismus wird eine Hypothese vorgestellt.

2.1.3.4. Top-down-Verarbeitung

Die Top-down-Verarbeitung meint die zielgesteuerte, endogene Kontrolle von Aufmerksamkeit. Das bedeutet, dass es sich um eine beabsichtigte Aufmerksamkeitsverlagerung handelt, die in Übereinstimmung mit unseren Zielen und Intentionen stattfindet (Mulckhuysen & Theeuwes, 2010). Alle willentlich gesteuerten Prozesse wie zum Beispiel das Tippen einer Kurznachricht auf einem Handy mit zielgerichteten Blicken auf den Bildschirm und die Tastatur sind top-down gesteuert. Die zugehörige Theorie ist die *Contingent-Capture-Hypothese* von Folk, Remington und Johnston (1992), die besagt, dass nur solche Stimuli die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, deren Eigenschaften mit dem aktiven, zielgesteuerten Aufmerksamkeits-, bzw. Aufgabenset übereinstimmen (Überblick bei Burnham, 2007). Wenn saliente, auffällige visuelle Stimuli aufgabenirrelevant sind, werden sie nach dieser Theorie keine Aufmerksamkeit anziehen. Anders ausgedrückt meint die Hypothese die Abhängigkeit der Aufmerksamkeitszuwendung von den Absichten. Ein Stimulus wird unabhängig von seiner Salienz nicht weiter beachtet, wenn er nicht zu den Absichten passt. Folk et al. (1992) fanden nämlich nur räumliche Cueing-Effekte, wenn der Hinweisreiz die zieldefinierte Farbe aufwies. Cueing-Effekte sind Aufmerksamkeitsverlagerungen, die durch den Hinweisreiz bedingt sind. Die Probanden von Folk et al. (1992) waren in ihrem Antwortverhalten schneller, wenn der Zielreiz an der gleichen Stelle wie der Hinweisreiz erschien.

Ansorge, Kiss, Worschech und Eimer (2011) untersuchten die Anfangsphase der visuellen Selektion mittels ereigniskorrelierter Potentiale (ERP). Wie oben beschrieben, sind einige Forscher (z.B. Itti & Koch, 2001; Theeuwes, 2010) davon überzeugt, dass der Selektionsbeginn durch Bottom-up-Prozesse gesteuert ist, doch Ansorge, Kiss et al. (2011) liefern Beweise für eine Top-down-Verarbeitung. Ein ereigniskorreliertes Potential ist ein Abschnitt im Elektroenzephalogramm (EEG), der durch Reize ausgelöst wird oder mit kognitiven Prozessen korreliert. Wenn man Personen wiederholt gleiche Reize präsentiert, oder sie dazu veranlasst, wiederholt gleiche Kognitionen zu haben, dann sind aufgabenspezifische Hirnstrukturen aktiv, was mit dem EEG erfasst werden kann (Bauer, 2007). Das bedeutet, dass eine Messung der ERPs eine genaue Aufzeichnung (im

Millisekundenbereich) des selektiven Aufmerksamkeitsprozesses erlaubt (Ansorge, Kiss et al., 2011). Die N2pc-Komponente ist eine gesteigerte Negativität der posterioren Elektroden kontrolateral zu dem visuellen Feld wo der Zielstimulus präsentiert wird. Nach Luck und Hillyard (1994) wird sie typischerweise in etwa 200 Millisekunden (ms) nach dem Einblenden des Stimulus ausgelöst und reflektiert eine räumliche, selektive Aufmerksamkeitsverarbeitung von Zielobjekten unter Distraktoren in einer visuellen Suchaufgabe (zitiert nach Ansorge, Kiss et al., 2011). Ansorge, Kiss et al. (2011) verwendeten einen ähnlichen Versuchsaufbau wie Folk et al. (1992). Farbsingletons gingen als Hinweisreize den visuellen Suchfeldern, die ein farbliches Zielsingleton beinhalteten, voraus (siehe Abbildung 1). Die Hinweisreize stimmten farblich entweder mit dem Zielreiz überein oder waren farblich verschieden.

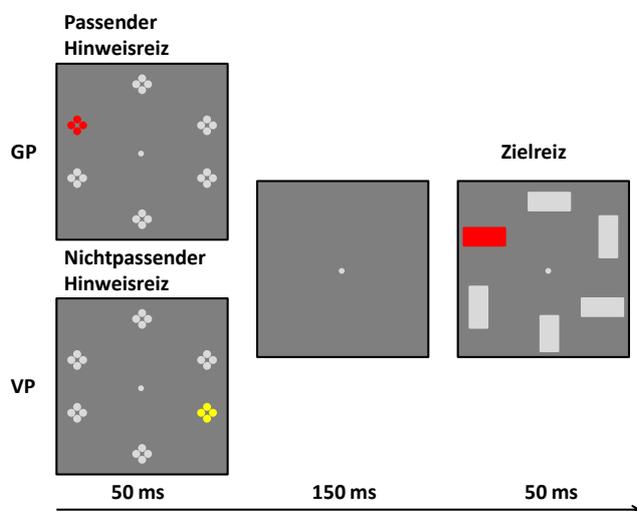


Abbildung 1: Beispiel einer Sequenz der Events in einem GP (gleiche Position des Hinweis- und Zielreizes) Durchgang mit farblich passendem Hinweisreiz (oben) und in einem VP (verschiedene Hinweis- und Zielreizposition) Durchgang mit farblich unterschiedlichem Hinweisreiz (unten). Die Hinweis- und Zielreize sind Farbsingletons unter mehreren grauen Items. (Grafik erstellt von der Autorin; nach Ansorge, Kiss et al. 2011)

Die Autoren führten lediglich die Manipulation der räumlichen Information, die der Hinweisreiz für den Auftrittsort des nachfolgenden Zielreizes beinhaltete, ein. Es gab drei Bedingungen: In der ersten waren die Positionen von Hinweis- und Zielreiz unkorreliert (uninformative Bedingung), in der zweiten wurden die Zielreize immer an derselben Stelle

wie die farblichen Hinweisreize präsentiert (100% gleiche Position = GP-Bedingung) und in der dritten erschienen Hinweis- und Zielreiz immer auf den diagonal gegenüberliegenden Positionen (100% verschiedene Positionen = VP-Bedingung). Die Teilnehmer wurden über die Zusammenhänge der Hinweis- und Zielreize informiert und dazu angehalten, diese Information für die Zieldetektion zu nutzen. Das Zeitintervall zwischen der Darbietung des Hinweis- und des Zielreizes betrug 200 ms. Diese zeitliche Verzögerung wird *Stimulus-Onset-Asynchrony* (SOA) genannt. Nach Ansorge, Kiss et al. (2011) ist dieses SOA für eine Messung der N2pc als Antwort auf den Hinweisreiz, noch bevor das nachfolgende Ziel eine ERP-Aktivität auslöst, ausreichend. Wenn Bottom-up-Prozesse die Anfangsphase dominieren würden, sollte die N2pc-Komponente mit der gleichen Stärke für farblich passende und farblich verschiedene Hinweis- und Zielreize in der GP-Bedingung ausgelöst werden. In dem VP-Block dürfte keine N2pc gemessen werden. Jedes Ergebnis der einzelnen Blöcke (uninformative Bedingung, GP-Bedingung, VP-Bedingung) spricht jedoch für die Contingent Capture Hypothese: In dem uninformativen Block waren die Reaktionszeiten für Zielreize, die an der selben Position wie die Hinweisreize erschienen, schneller, als wenn die Positionen von Hinweis- und Zielreiz verschieden waren. Darüber hinaus war dieser Effekt für farblich passende Hinweisreize stärker als für nicht passende. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich in den übrigen Blöcken. Die Reaktionszeiten waren in der GP-Bedingung schneller als in der VP-Bedingung und der Effekt war für farblich passende Hinweisreize größer. In allen drei Typen von Blöcken wurde eindeutig die N2pc-Komponente für Hinweisreize ausgelöst, die in ihrer Farbe mit dem Zielreiz übereinstimmten. Für farblich nicht passende Hinweisreize war die N2pc wesentlich geschwächt.

Summa summarum konnten die Autoren zeigen, dass Stimuli, die zu dem aktiven Set von Zieleigenschaften passen, die Aufmerksamkeit auch zu Beginn des Aufmerksamkeitsprozesses anziehen.

2.1.3.5. Bottom-up-Verarbeitung

Die Bottom-up-Verarbeitung meint die reizgesteuerte, exogene Kontrolle von Aufmerksamkeit. Die exogene Aufmerksamkeitsorientierung bezieht sich auf räumliche Aufmerksamkeitsverlagerungen, die von äußeren Stimuli ausgelöst werden und unfreiwillig (ohne bewusste Absicht) auftreten (Folk et al., 1992). Das bedeutet, dass die Aufmerksamkeit unabhängig von unseren Zielen und Intentionen verlagert wird (Theeuwes, 1992). Saliente Objekte ziehen die Aufmerksamkeit typischerweise exogen an. Salienz ist definiert als der summierte lokale Kontrast, der durch Unterschiede in Farbe, Luminanz und Orientierung zu umgebenden Stimuli oder dem Hintergrund entsteht (Itti & Koch, 2001). Ein Stimulus, der in einer grundlegenden visuellen Dimension (z.B. Farbe, Bewegung oder Ausrichtung) einzigartig ist, wird sich vom Suchdisplay besonders hervorheben (Theeuwes & Godijn, 2002). So ein Stimulus wird auch als Singleton bezeichnet. Die Anzahl der Elemente auf einem Bildschirm beeinflusst nicht die Zeit, die man benötigt, um ein Singleton zu finden (Theeuwes & Godijn, 2002). Es muss aufgabenirrelevant sein, damit man von einer reinen reizgesteuerten Aufmerksamkeitverlagerung sprechen kann (Yantis & Egeth, 1999). In einem Rückblick grenzen Mulckhuysen und Theeuwes (2010) exogenes Orientieren in drei Punkten von endogenem ab:

1. Der zeitliche Ablauf der Orientierung ist verschieden. Theeuwes (2010) nimmt an, dass die reizgesteuerte Aufmerksamkeitserfassung schnell abläuft und innerhalb von 150 ms nach dem Einblenden des Singletons auftritt. Lamme (2003) setzt die zeitliche Dauer mit 100 ms kürzer an. Der Unterschied könnte auf die unterschiedliche Messart zurückgehen: während Theeuwes' Schätzung auf Verhaltensbeobachtung beruht, stützt sich Lamme auf Zellaufzeichnungen (Ansorge, Horstmann et al., 2010).
2. Die endogene Aufmerksamkeit bleibt erhalten und kann längere Zeit auf der beachteten Stelle ruhen, während die exogene Aufmerksamkeit nur vorübergehend ist und sich schnell von der beachteten Stelle ablösen kann.

3. Exogenes Orientieren wird von einem typischen biphasischen Muster (auf Erleichterung folgt eine Rückkehrhemmung; siehe Abschnitt 2.1.4.) begleitet. Die Rückkehrhemmung ist exogener Aufmerksamkeitserfassung vorbehalten (Godijn & Theeuwes, 2004; Posner & Cohen, 1984).

Theeuwes (2010) ist der Überzeugung, dass die Initialphase des Aufmerksamkeitsprozesses reizgesteuert abläuft und erst nachfolgend Top-down-Kontrollmechanismen auftreten. Die *Rapid-Recovery-Hypothese* (oder auch *Rapid-Disengagement-Hypothese*) meint, dass ein salienter Stimulus stets die Aufmerksamkeit auf sich zieht und abhängig von der Übereinstimmung der Eigenschaften von Stimulus und Zielreiz sich die Aufmerksamkeit schnell oder langsam vom Stimulus löst, wonach Top-down-Mechanismen einsetzen. Die Aufmerksamkeit kann sich so schnell von nichtpassenden Hinweisreizen ablösen, sodass bereits 150 ms nach dem Einblenden des Zieldisplays eine vollständige „Erholung“ (engl. recovery) der Aufmerksamkeitserfassung stattgefunden hat, wodurch keine Validitätseffekte des Hinweisreizes (= Reaktionszeiten sind in validen Bedingungen kürzer, als in nicht-validen) auftreten (Folk & Remington, 2010).

Theeuwes und Van der Burg (2011) demonstrierten das Limit der Top-down-Kontrolle von Aufmerksamkeit. Der Versuchsaufbau gestaltete sich im Groben folgendermaßen: Den Versuchsteilnehmern wurde ein wörtlicher Hinweisreiz (z.B. rot, grün) oder ein symbolischer Hinweisreiz (ein roter oder ein grüner Kreis) vorgegeben, der ihnen die Information übermittelte, nach welchem Farbsingleton sie im Zieldisplay zu suchen hatten. Dieser Durchgang bestand aus zwei gleich salienten Farbsingletons, die simultan gezeigt wurden, wobei einer davon der Zielreiz und der andere ein Distraktor war. Das bedeutet, dass die Probanden unbedingt den Hinweisreiz erfolgreich verarbeiten mussten, um das Ziel richtig zu benennen.

Die Autoren gehen in dieser Studie der Frage nach, ob das durch den Hinweisreiz ausgelöste Top-down-Wissen die visuelle Suche einer Aufgabe, in welcher zwei Popping-

out-Elemente konkurrieren, verbessern kann. Am Suchbildschirm erschienen sieben Kreise, wovon sich zwei farblich von den anderen (grauen) abhoben (siehe Abbildung 2). Innerhalb der Kreise befand sich je eine Linie (vertikal oder horizontal). In der kongruenten Bedingung stimmten die Linien der beiden Popping-out Elemente überein, in der inkongruenten nicht. Um zu verhindern, dass es zu einem *Intertrail-Priming* (Vorteil in der Reaktionszeit, wenn das gleiche Ziel in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen erscheint) kommt, das typischerweise Bottom-up-Prozesse auslöst (Olivers & Hickey, 2010), gab es in Experiment 1 nie eine Wiederholung der Ziel- oder Distraktorfarbe von einem Durchgang zum nächsten (sechs Farben wurden eingesetzt).

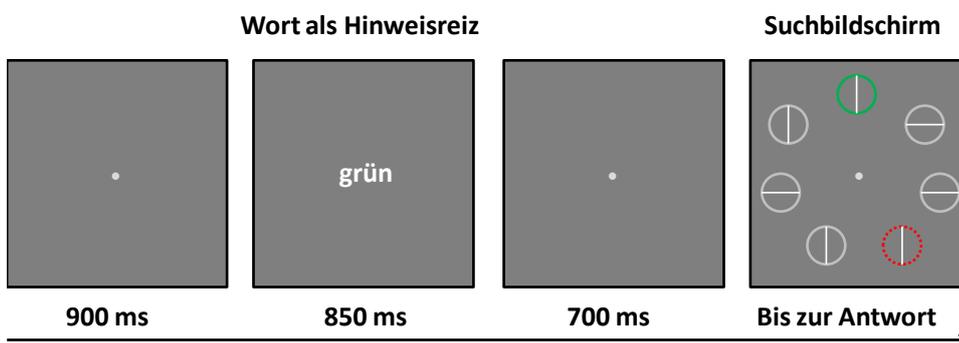


Abbildung 2: Beispiel eines Durchganges von Experiment 1. Die Beobachter sollten nach einem von zwei Farbsingletons suchen und auf das Liniensegment, das sich innerhalb des Reizes befindet, der vom Hinweisreiz indiziert wurde, reagieren. Die Ausrichtung des Liniensegmentes des Zielsingletons konnte mit der Orientierung des Liniensegmentes des farblichen Distraktors übereinstimmen (z.B. beide horizontal) oder inkongruent sein (eines war horizontal, das andere vertikal). (Grafik erstellt von der Autorin; nach Theeuwes & Van der Burg, 2011)

Experiment 2 lief ähnlich ab, aber es wurden nur grüne und rote Ziele verwendet und in der Hälfte der Durchgänge wurde die Zielfarbe im folgenden Durchgang wiederholt. Experiment 3 stellte eine Wiederholung von Experiment 1 dar, mit dem Unterschied, dass ein symbolischer Hinweisreiz, nämlich das Zielsingleton, gezeigt wurde. Dieser Hinweisreiz wurde auch in Experiment 4 verwendet, zusätzlich gab es wieder die Bedingung, dass die Ziele nur rot oder grün waren und in der Hälfte der Durchgänge die Zielfarbe im folgenden Durchgang wiederholt wurde. Experiment 5 war wie Experiment 2 aufgebaut,

aber die Zeigedauer des Displays variierte und es folgte unmittelbar eine Maskierung (mit einer Maske wird versucht, einen Hinweisreiz unsichtbar zu machen).

Obwohl die Aufgabe einfach war, die Probanden die Cues verarbeiten mussten und sie genug Zeit hatten, um sich für den kommenden Zielreiz vorzubereiten, war es den Versuchsteilnehmern nicht möglich, selektiv nach dem Zielreiz zu suchen – auch der Distraktor zog die Aufmerksamkeit an. Da ein Top-down-Aufmerksamkeitsset durch den Hinweisreiz aktiviert wurde und die beiden Singletons gleich salient waren, hätte nur der Zielreiz die Aufmerksamkeit auf sich ziehen sollen. Experiment 2, 4 und 5 zeigten zwar diese angenommene perfekte Selektion, aber nur wenn die Zielfarbe von einem Durchgang zum nächsten wiederholt wurde. Theeuwes und Van der Burg (2011) schreiben dieses Ergebnis dem angesprochenen Intertrial-Priming und somit Bottom-up-Prozessen zu. Experiment 3 zeigte, dass auch bei Ausschalten des Intertrial-Primings die Präsentation des aktuellen Zielreizes als Hinweisreiz selektive Prozesse auslöst. Die Autoren führen diesen Effekt auf ein Hinweisreiz-Zielreiz-Priming zurück. In Experiment 4 zeigte sich, dass das Intertrial-Priming stärkere Auswirkungen zur Folge hat, als das Hinweisreiz-Zielreiz-Priming, da die Farbe des Zielsingletons in einem Durchgang die Distraktorfarbe im nächsten wird.

Zusammenfassend präsentiert die vorliegende Studie, dass die Top-down-Kontrolle der visuellen Selektion limitiert ist. Die Ergebnisse zeigten, dass die Probanden selektiv nach der Farbe des Zieles des vorangegangenen Durchganges suchten, unabhängig von ihrem Top-down-Set. Theeuwes und Van der Burg (2011) machen für die Ergebnisse das Priming der Intertrials verantwortlich.

2.1.3.6. Die Rückkehrhemmung

Posner und Cohen beschrieben 1984 das Phänomen der Rückkehrhemmung (engl. inhibition of return; Überblick bei Klein, 2000; Lupiáñez, Klein & Bartolomeo, 2006). In einer Untersuchung des einfachen Hinweisreizparadigmas (siehe Abbildung 3) wurden den Versuchspersonen auf dem Bildschirm drei Boxen in einer horizontalen Anordnung präsentiert. Sie sollten die zentrale Box fixieren. Ein Durchgang begann mit der Aufhellung

einer der beiden peripheren Boxen für 150 ms. Es handelt sich dabei um einen uninformativen Hinweisreiz. Uninformativ bedeutet, dass er keine Information über den wahrscheinlichen Auftrittsort des nachfolgenden Zielreizes liefert. 0, 50, 100, 200, 300 oder 500 ms nach dem Hinweisreiz wurde der Zielreiz (ein helles Quadrat) in der Mitte in einer der Boxen gezeigt. Er erschien meistens in der zentralen Box (mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.6), oder in einer der beiden äußeren Boxen (0.1 für jede Seite). Mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.2 wurde in einem Durchgang kein Zielreiz präsentiert. Solche Durchgänge bezeichnet man als *Catch Trials*. Sie dienen der Ermittlung von Antworttendenzen. Wenn die Versuchsperson das Ziel gesehen hat, sollte sie so schnell wie möglich eine bestimmte Taste drücken. Die Ergebnisse bestätigten die Erwartungen der Autoren: Zielreize, die an derselben Stelle wie der Hinweisreiz präsentiert wurden, konnten schneller entdeckt werden, als wenn Ziel- und Hinweisreiz an unterschiedlichen Positionen gezeigt wurden. Das gilt nach Posner und Cohen (1984) für Intervalle bis zu 150 ms. Ab einem Intervall von 300 ms kehrte sich der Effekt ins Gegenteil (langsamere Reaktionszeiten wenn Hinweis- und Zielreiz am gleichen Ort gezeigt wurden) um, was die Autoren als Rückkehrhemmung bezeichneten. Die Entdeckung des Zielreizes in der zentralen Box lief durchgehend am schnellsten ab. Das kann auf die hohe Wahrscheinlichkeit und die foveale Position zurückgeführt werden. Die Fovea centralis ist der Bereich des schärfsten Sehens auf der Netzhaut bei Säugetieren. Bei fovealem Sehen nutzt man folglich die maximale, zentrale Sehschärfe aus.

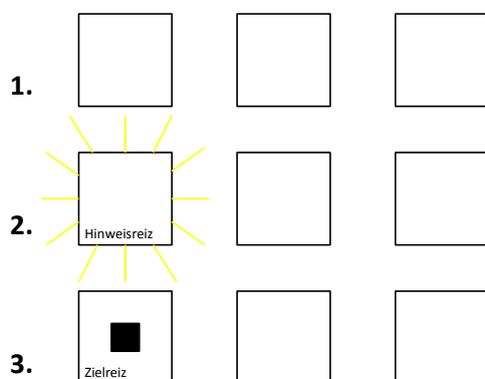


Abbildung 3: Darstellung des Hinweisreizparadigmas (Grafik erstellt von der Autorin; nach Posner & Cohen, 1984). 1. Die Versuchspersonen fixieren die zentrale Box. 2. Mit der Aufhellung der Kontur einer der beiden äußeren, peripheren Boxen beginnt ein Durchgang. 3. In der Mitte einer der beiden äußeren

Boxen erscheint ein kleiner, leuchtender (hier schwarzer) Zielreiz, auf den die Versuchsperson zu reagieren hat.

Worauf wirkt sich der Rückkehrhemmungseffekt aus? Die bisherige Forschung dazu ist zwar inkonsistent, legt aber nahe, dass sowohl motorische Antworten, als auch die Rückkehr der Aufmerksamkeit gehemmt werden (Kingstone & Pratt, 1999; Taylor & Klein, 1998, 2000).

Was ist der Nutzen der Rückkehrhemmung? Nach Klein, Munoz, Dorris und Taylor (2001) liegt eine Konsequenz der visuellen Orientierung in der Tendenz der nachfolgenden Orientierung, dem Bekannten aus dem Weg zu gehen und Neues zu suchen. Das drückt sich so aus, dass Signale, die an einem Ort oder Objekt entstehen, von dem sich kürzlich die Aufmerksamkeit abgelöst hat, abgeschwächt werden. Das verhindert, dass sich die Aufmerksamkeit erneut auf die bereits inspizierte Stelle richtet. Der Rückkehrhemmungseffekt unterstützt somit die Orientierung hin zu Neuheiten (Posner & Cohen, 1984), was beispielsweise der Nahrungssuche zu Gute kommt (Klein, 2000). Klein (2000) schreibt dazu, dass eine effiziente Suche nach Nahrung oder anderen wünschenswerten Objekten, Orten etc. nicht nur eine willentliche Kontrolle der Orientierung erfordert, sondern auch das Wissen (durch gespeicherte Information) über unser vorhergehendes Orientierungsverhalten. Wenn man zum Beispiel eine Stelle entdeckt hat, die eine noch nicht erschöpfte Quelle an Essen darstellt, ist es sinnvoll sich diesen Ort zu merken um später dorthin zurückzukehren. Im Kontrast dazu lohnt es sich nicht, an einen Ort zurückzukehren, der bereits leergeräumt ist. Deswegen ist ein Mechanismus, der uns an neue Stellen führt, in der letzten Situation sinnvoll. Wichtig ist, dass die Rückkehrhemmung nur bei einer exogenen, nicht aber bei einer endogenen Aufmerksamkeitsverlagerung auftritt (Godijn & Theeuwes, 2002; Klein, 2000; Posner & Cohen, 1984). Klein (1980) begründet das damit, dass bei einer exogenen Orientierung automatisch das okulomotorische System (Okulomotorik ist ein Synonym für Augenbewegungen) aktiviert wird. Bei einer willentlichen Aufmerksamkeitsverlagerung bei abwesenden Augenbewegungen geschieht dies nicht. Nur wenn sich die Versuchsteilnehmer endogen auf eine Augenbewegung (Sakkade) vorbereiten, tritt auch

hier der Rückkehrhemmungseffekt auf (Rafal, Calabresi, Brennan & Sciolto, 1989). Mulckhuysen und Theeuwes (2010) behaupten, dass die Rückkehrhemmung sogar ein Markenzeichen einer automatischen, exogenen visuellen Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewussten Hinweisreizen sein könnte. Das würde bedeuten, dass die Rückkehrhemmung immer auftritt, sobald es zu einer unbewussten exogenen Aufmerksamkeitsverlagerung kommt. Diese Hypothese haben Fuchs und Ansorge (2012b) in einer Reihe von fünf Experimenten überprüft und dafür einen ähnlichen Versuchsaufbau wie Mulckhuysen et al. (2007; siehe Abschnitt 2.1.4.) angewandt. Die Versuchspersonen sollten über die Anwesenheit eines Zieles berichten, welchem ein unterschwelliger (=unter der Bewusstseinschwelle liegender) Hinweisreiz vorher ging. Es gab valide und nicht-valide Bedingungen. Die Rückkehrhemmung wurde als eine langsamere Zieldetektion in validen als in nicht-validen Bedingungen bei einem langen zeitlichen Intervall zwischen Hinweis- und Zielreiz gemessen. Wichtig ist, dass die Autoren die Kontrastpolarität der Hinweisreize variierten, sodass sie mit dem Top-down-Suchset übereinstimmen konnten oder nicht.

Wie von den Autoren erwartet, zeigten sich Aufmerksamkeitseffekte der unbewussten Hinweisreize im kurzen SOA für beide Polaritätsbedingungen (gleich vs. entgegengesetzt) in Experiment 1. Eine gleiche Polaritätsbedingung bedeutet, dass der Hinweisreiz farblich dem Zielreiz entsprach. Es wurden die Farben Schwarz und Weiß benutzt. Die Aufmerksamkeitseffekte blieben auch bei Zielreizen erhalten, die einen sehr niedrigen Kontrast aufwiesen (Experiment 3) und bei veränderten Luminanzwerten der Hinweis- oder Zielreize (Experiment 4, Luminanzwerte entsprachen denen von Mulckhuysen et al., 2007). Es fand sich jedoch kein Rückkehrhemmungseffekt in den längeren SOAs. Dass dieser Mangel an einer unglücklichen Wahl des SOAs liegt, wurde in Experiment 2 ausgeschlossen. Es könnte nämlich sein, dass das SOA von einer Sekunde zu lang ist, sodass die Rückkehrhemmung bereits aufgetreten und wieder verschwunden ist. Um diese Möglichkeit auszuschließen, verwendeten die Forscher fünf SOAs zwischen 50 und 700 ms. Auch eine mögliche Abwesenheit eines Aufmerksamkeitseffekts kann durch Experiment 1 zurückgewiesen werden, da dieselben Hinweisreize in den kurzen SOAs eine exogene Aufmerksamkeitsverlagerung bewirkt haben. Lediglich in Experiment 5, einer

Kontrollbedingung mit supraliminalen (überschwelligen) also bewusst wahrgenommenen Hinweisreizen, zeigte sich ein Rückkehrhemmungseffekt, allerdings ohne vorhergehenden Erleichterungseffekt. Fuchs und Ansorge (2012b) ziehen den Schluss, dass die Rückkehrhemmung und die exogene Aufmerksamkeitserfassung vielleicht auf zwei separaten Mechanismen beruhen. Letztere könnte nach Zhaoping (2008) ihren Ursprung im frühen visuellen Kortex und die Rückkehrhemmung nach Toffanin, De Jong und Johnson (2011; zitiert nach Fuchs & Ansorge, 2012b) im posterioren parietalen Kortex haben.

2.1.3.7. Subliminale Cueing-Effekte

Der Erleichterungseffekt bei kurzem SOA und der Rückkehrhemmungseffekt bei langem SOA wurden auch bei unterschwellig präsentierten Hinweisreizen mit einem plötzlichen Onset gefunden (Ivanoff & Klein, 2003; McCormick, 1997; Mulckhuysen et al., 2007; Scharlau & Ansorge, 2003). Die farbliche Übereinstimmung von Hinweis- und Zielreiz ist in Cueing-Experimenten mit plötzlichen Onsets irrelevant (Fuchs, Ansorge & Theeuwes, 2011). Wenn aber nach Farbzielen gesucht wird, denen Farbhinweisreize vorausgehen, dann beruht der Cueing-Effekt auf der farblichen Übereinstimmung zwischen Hinweis- und Zielreiz (Ansorge, Horstmann et al., 2010; Ansorge et al., 2009). Nur farblich passende Hinweisreize ziehen die Aufmerksamkeit an. Fuchs und Ansorge (2012b) begründen diese gezielte Suche nach der Farbe damit, dass es für die Versuchspersonen schwer ist, nach Kontrasten zu suchen um das Ziel ausfindig zu machen, da jeder Farbstimulus (egal ob Ziel oder Distraktor) eine unterschiedliche (und individuell variierende) Kontraständerung hervorruft. Im Vergleich dazu bewirkt das plötzliche Onset des Zielreizes eine einzige neue Kontraständerung (Fuchs & Ansorge, 2012a). Auch wenn die Luminanzen aller Stimuli objektiv angeglichen sind, kommt es zu einer Kontraständerung, da sich Personen in ihrer Sensitivität für verschiedene Farben unterscheiden (Gunther & Dobkins, 2002). Da die Luminanzpolarität für die Aufmerksamkeitserfassung irrelevant ist (Fuchs et al., 2011; Steinman, Steinman & Lehmkuhle, 1996), sollte es im Falle einer Aufmerksamkeitserfassung durch die Colliculi superiores (siehe Abschnitt 2.1.6.) in der

vorliegenden Untersuchung egal sein, ob die individuellen Farbsensitivitäten zu einer positiven oder negativen Kontrastpolarität zwischen Farbhinweisreiz und dem Hintergrund geführt haben (Fuchs & Ansorge, 2012a). Fuchs et al. (2011) haben den Versuchspersonen weiße und schwarze Zielreize auf einem grauen Hintergrund präsentiert und gefunden, dass die Aufmerksamkeitserfassung unabhängig vom gesuchten Zielkontrast war.

2.1.4. Ausgangsstudie von Mulckhuyse, Talsma und Theeuwes (2007)

Ausgangspunkt für das Thema und Experiment meiner Diplomarbeit ist die Forschungsarbeit von Mulckhuyse et al. (2007). Die Autoren beschäftigten sich mit der Aufmerksamkeitserfassung von unterschwelligem Hinweisreizen und interessierten sich für die Frage, ob unbewusst wahrgenommene Hinweisreize reizgesteuerte Cueing-Effekte bewirken können. Um der genannten Forschungsfrage nachzugehen, verwendeten die Autoren einen neuen Ansatz, um den Hinweisreiz unter der Bewusstseinschwelle zu präsentieren. Als Reizmaterial setzten sie drei gleich große Scheiben ein, die in einer Linie horizontal angeordnet waren und die gleiche Luminanz aufwiesen. Der Hinweisreiz, der eine der beiden äußeren Scheiben sein konnte (zu 50% links, zu 50% rechts), wurde 16 ms früher als die Platzhalter (die zwei übrigen Scheiben) eingeblendet. Mulckhuyse et al. (2007) erwarteten, dass diese Scheibe durch ihr plötzliches Auftreten Aufmerksamkeit anzieht. Dadurch, dass die anderen Scheiben sogleich folgten, erweckte die Darbietung der Stimuli den Eindruck, dass die Scheiben simultan gezeigt wurden. Deshalb nahmen die Autoren an, dass der Hinweisreiz nicht bewusst wahrgenommen wurde. Als Zielreiz diente eine Scheibe, die in einer der beiden äußeren Scheiben erscheinen konnte. Das Ziel trat entweder gleichzeitig mit den Platzhaltern auf, oder 1000 ms später. Das Zeitintervall (SOA) zwischen der Darbietung des Hinweis- und des Zielreizes ist demnach mit 16 ms als kurz und mit 1016 ms als lang zu bezeichnen. Das Experiment gliederte sich in zwei Aufgabenteile. Der erste stellte die Experimentalbedingung dar und bestand aus fünf Blöcken zu je 40 Durchgängen, die während des Experiments randomisiert (= zufällig) vorgegeben wurden. Der Hinweisreiz beinhaltete keine Information über den Auftrittsort

des nachfolgenden Zielreizes. Um Antworttendenzen zu vermeiden waren 20% Catch Trials inkludiert. Der zweite Aufgabenteil diente der Erfassung, ob die Teilnehmer das frühere Onset einer der Scheiben wahrnahmen, wenn sie dazu instruiert wurden. Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe galt es, die Zielscheiben zu ignorieren. Die Versuchspersonen sollten angeben, ob der linke oder der rechte Ring früher erschien.

Falls tatsächlich reizgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerungen aufgrund der unbewusst wahrgenommenen Hinweisreize existieren, erwarteten die Forscher den klassischen biphasischen Effekt zu demonstrieren, was ihnen gelang. Dieser Effekt besagt, dass auf einen Erleichterungseffekt eine Rückkehrhemmung folgt. Der Erleichterungseffekt meint, dass Zielreize, die an der gleichen Position wie die Hinweisreize erscheinen, von Teilnehmern schneller und genauer beantwortet werden als solche, die an einem anderen Ort erscheinen (Posner, 1980). Die Rückkehrhemmung besagt, dass, falls es zwischen dem Ausblenden des Hinweisreizes und dem Einblenden des Zielreizes eine Verzögerung gibt, die Teilnehmer bei der Reaktion auf Zielreize, die in ihrer Position mit dem Hinweisreiz übereinstimmen, langsamer und ungenauer sind als bei solchen, die an einem anderen Ort auftreten (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Da die Rückkehrhemmung ein Produkt einer reflexiven, ungewollten Orientierung ist (Theeuwes & Godijn, 2002), liefert dieses Ergebnis einen Beweis dafür, dass subliminale Hinweisreize exogene, reizgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerungen bewirken können (Mulckhuyse et al., 2007). Während vergangene Studien (z.B. Ansorge & Neumann, 2005; Ivanoff & Klein, 2003) ambig, unklare Ergebnisse in Bezug auf das Auftreten der Erleichterung und Rückkehrhemmung unter Verwendung von subliminalen Hinweisreizen präsentieren, konnte die vorliegende Studie zum ersten Mal den klassischen Effekt zeigen (Mulckhuyse et al., 2007). Die Autoren argumentieren, dass im Vergleich zu vergangenen Experimenten ein relativ kurzes Zeitintervall (16 ms) zwischen der Darbietung des Hinweis- und des Zielreizes zur Anwendung kam. Ivanoff und Klein (2003) fanden bei aufgabenirrelevanten Hinweisreizen zwar einen Rückkehrhemmungseffekt, jedoch ohne vorhergehenden Erleichterungseffekt. Sie erklären das Ergebnis mittels einer rapiden Loslösung der Aufmerksamkeit von der Position, an der der Hinweisreiz gezeigt wurde, sodass die Erleichterung mit der Rückkehrhemmung kombiniert auftritt und somit den

Erleichterungseffekt verschwinden lässt. Ihre Schlussfolgerung der schnellen Loslösung entspricht dem Argument, dass das Zeitintervall für den Auftritt des klassischen Effekts relevant ist. Das würde bedeuten, dass bei Hinweisreizen, die für die Aufgabe irrelevant sind, ein Erleichterungseffekt nur auftritt, wenn der Hinweisreiz sofort vom Zielreiz gefolgt ist.

Mulckhuysen et al. (2007) begründen die Unfähigkeit der Teilnehmer, den Hinweisreiz bewusst zu verarbeiten mit dem neurobiologischen Modell visueller Aufmerksamkeit von Lamme (2003). Sie erklären, dass die Präsentation des Ringes für 16 ms ohne nachfolgende Ringe ausreicht, um ins visuelle Bewusstsein zu gelangen, es aber zu keiner bewussten Wahrnehmung des ersten Ringes kommt, wenn sogleich die Platzhalter folgen. In Kapitel 2.1.5. ist mehr über das neurobiologische Modell visueller Aufmerksamkeit nachzulesen.

2.1.5. Neurobiologisches Modell visueller Aufmerksamkeit von Lamme (2003)

Lamme (2003) beschreibt in seiner Forschungsarbeit zwei Ansätze, um Aufmerksamkeit (englisch: *attention*) und Bewusstheit (englisch: *awareness*) zu unterscheiden: den psychologisch-theoretischen und den neurobiologischen.

Psychologisch-theoretischer Ansatz: In Lamme's Darstellung von vier Modellen visueller Aufmerksamkeit und ihrer Beziehung zur Bewusstheit (Abbildung 4) wird in (d) die Distinktion zwischen bewussten und unbewussten Inputs vorgenommen und vom Prozess der Aufmerksamkeitsselektion (beachtet vs. unbeachtet) getrennt. Die Aufmerksamkeit bewirkt demnach nicht, dass ein Stimulus ins Bewusstsein gelangt, sondern bedingt, ob ein (bewusster) Bericht über einen Stimulus möglich ist. Das bedeutet, dass sich der Mensch vieler Inputs bewusst ist, aber ohne Aufmerksamkeit die bewusste Erfahrung nicht berichten könnte, da sie wieder schnell vergessen wäre. (Lamme, 2003)

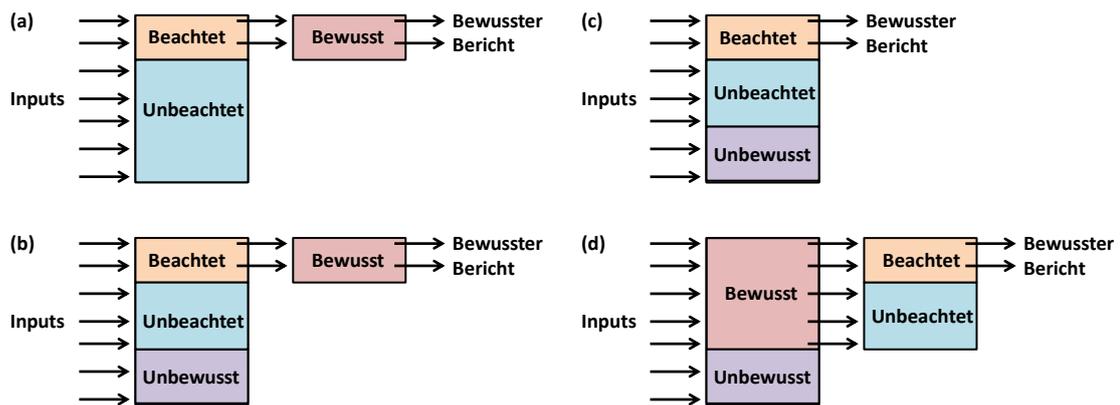
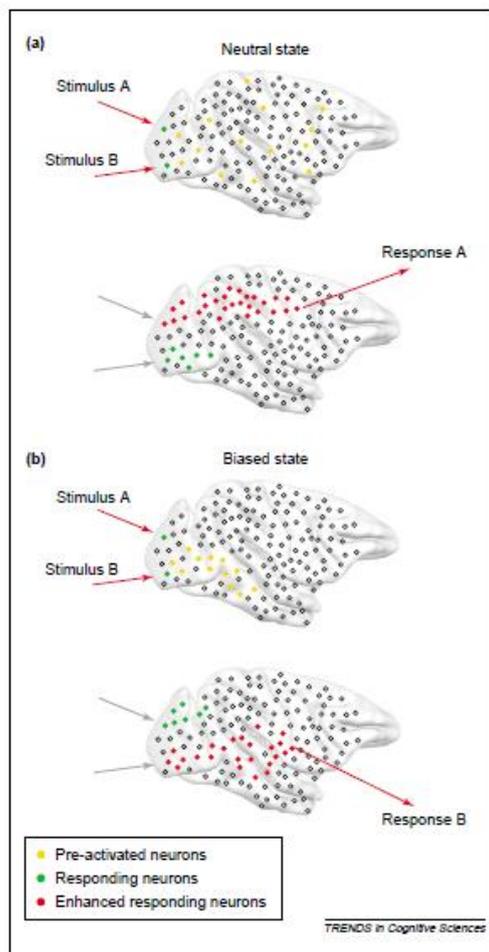


Abbildung 4: Vier Modelle visueller Bewusstheit und ihre Beziehung zur Aufmerksamkeit (Grafik erstellt von der Autorin; nach Lamme, 2003). Es könnte sein, dass die Aufmerksamkeit determiniert, welche Informationen ins Bewusstsein gelangen und welche nicht (a). Es gibt aber auch Selektionsmechanismen, die nicht durch die Aufmerksamkeit bedingt sind (b). (a) und (b) unterscheiden nicht zwischen Aufmerksamkeit und Bewusstheit, sodass letztere in (c) eliminiert werden kann. Die Unterscheidung zwischen bewusst und unbewusst kann jedoch auch vom Selektionsmechanismus der Aufmerksamkeit komplett getrennt werden (d).



Neurobiologischer Ansatz: Aufmerksamkeit ist ein selektiver Prozess, bei dem manche Inputs schneller, besser oder tiefer verarbeitet werden, wodurch sie eher abgespeichert werden oder ein Verhalten hervorrufen bzw. modifizieren (Desimone & Duncan, 1995).

Lamme (2003) erklärt anhand von Abbildung 5, dass die Aufmerksamkeitsselektion ein Zusammenspiel von Gedächtnis und sensorischer Verarbeitung ist.

Abbildung 5: Die Aufmerksamkeitsselektion als ein Zusammenspiel von Gedächtnis und Verarbeitung (aus Lamme, 2003, S. 14). Wenn zwei Stimuli (hier A und B) im Gehirn eintreffen und nur eine Antwort möglich ist, tritt

ein Selektionsprozess ein. Nach Desimone und Duncan (1995) bewirkt Konkurrenz, dass kein Stimulus Outputareale des Gehirns erreicht und es somit zu keiner Antwort kommt. In Abhängigkeit vom Gehirnzustand kann jedoch einer der beiden Outputs selektiert werden. In (a) wird ein neutraler Gehirnzustand (engl. neutral state) gezeigt. Stimulus A wird effizienter verarbeitet: er ist salienter und die assoziierte neuronale Aktivität der Antwort ist stärker und synchroner als von Stimulus B (sichtbar anhand der roten Punkte = Antwort A, engl. Response A). In (b) ist das Gehirn im gepolten (engl. biased) Zustand zu sehen. Ein vorangegangener Stimulus hat einen kurzzeitigen Aktivitätspfad hinterlassen (gelbe Punkte), der eine Verarbeitung von Stimulus B favorisiert. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass die Verarbeitung von aktuellen Inputs sowie das Lang- und Kurzzeitgedächtnis die Aufmerksamkeitsselektion bedingen. Lamme (2003)

Aufmerksamkeit verursacht eine gesteigerte (Desimone & Duncan, 1995) und synchrone (Fries, Reynolds, Rorie & Desimone, 2001; zitiert nach Lamme, 2003) Aktivität der Neuronen, die den beachteten Stimulus verarbeiten sowie eine gesteigerte Aktivität der parietalen und frontalen Regionen des Gehirns (Driver, 2001). Wie in der Beschriftung von Abbildung 5 nachzulesen, werden saliente Stimuli effizienter bearbeitet (Lamme, 2003). Das liegt an der Beschaffenheit unseres Verarbeitungsnetzwerks, das durch Genetik und visuelle Erfahrung geformt ist. Sie kann jedoch auch durch vorangegangene Stimuli verändert werden (Lamme, 2003). Die Verarbeitung eines Stimulus kann einen Pfad aus aktivierten und gehemmten Neuronen hinterlassen, wovon ein nachfolgender Stimulus, der mit dem vorhergehenden Stimulus Eigenschaften teilt, profitiert (Lamme, 2003). Das wird als Priming der Aufmerksamkeit (engl. attentional priming) bezeichnet (Dehaene et al., 1998; zitiert nach Lamme, 2003).

Da eine neuronale Aktivierung nicht notwendigerweise zur Bewusstheit führt, ist auch die Suche nach dem neuronalen Korrelat des Bewusstseins (engl. neural correlate of consciousness) ins Visier der Forschung geraten. Es gilt herauszufinden, welche Art der Aktivierung fähig und welche unfähig ist, Bewusstsein zu erzeugen (Crick & Koch, 1998; zitiert nach Lamme, 2003). Lamme und Roelfsema (2000) unterscheiden zwischen Feedforward- und Feedbackprozessen. Sie definieren den Feedforwardprozess als die früheste Aktivierung von Zellen in sukzessiven Arealen der kortikalen (d.h. die Großhirnrinde betreffende) Hierarchie. Abbildung 6 zeigt wie der Feedforward- und der Feedbackprozess ablaufen:

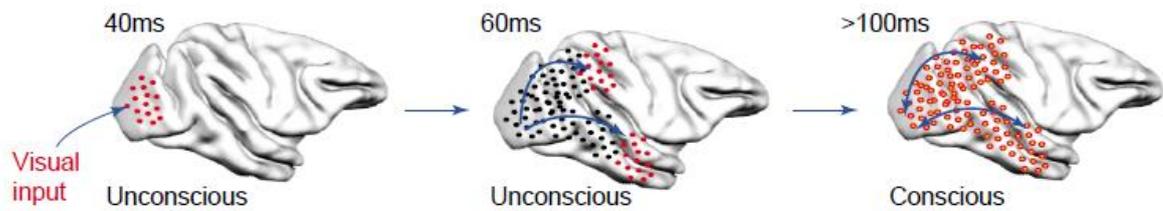


Abbildung 6: Erst eine rekurrente (rückläufige) Verarbeitung macht eine bewusste visuelle Erfahrung möglich (nach Lamme, 2003, S. 15). Ein visueller Input (engl. visual input) erreicht die ersten visuellen Areale (= primärer visueller Kortex) ungefähr 40 ms nachdem der Stimulus präsentiert wurde. Die visuelle Information ist nach ca. 60 ms im extrastriären sowie dem parietalen und temporalen Kortex (= visueller Kortex) angekommen. Dieser Feedforwardprozess läuft unbewusst (engl. unconscious) ab. Erst nach ca. 100 ms interagieren die Neuronen der primären mit denen der höheren visuellen Areale miteinander rekurrent (= Feedbackprozess), wodurch erst eine bewusste visuelle Erfahrung entstehen kann. (Lamme, 2003)

Zusammenfassend führt die visuelle Verarbeitung während des Feedforwardprozesses zu keiner bewussten Verarbeitung. Rekurrente Interaktionen sind nach Lamme (2003) für die visuelle Bewusstheit unabdingbar.

2.1.6. Colliculi superiores

In welchem Zusammenhang steht nun das neurobiologische Modell visueller Aufmerksamkeit (Lamme, 2003) mit der Unsichtbarkeit der Hinweisreize bei Mulckhuyse et al. (2007)?

Bei Mulckhuyse et al. (2007) handelt es sich um eine exogene Aufmerksamkeitsverlagerung. Diese tritt während der Feedforwardphase der visuellen Verarbeitung auf (Lamme, 2003). Wie oben beschrieben, kann die Feedforwardschleife einen unbewussten Output oder eine Verhaltensmodifikation der Information bewirken (Mulckhuyse et al, 2007). Da dem Hinweisreiz bei Mulckhuyse et al. (2007) sogleich die Platzhalter folgten, konnten noch keine rekurrenten Interaktionen einsetzen, die für eine bewusste Wahrnehmung des Hinweisreizes nötig gewesen wären. Die Aufmerksamkeitseffekte des Hinweisreizes könnten auf die Colliculi superiores zurückzuführen sein (Mulckhuyse et al., 2007; Mulckhuyse & Theeuwes, 2010). Dabei

handelt es sich um eine der frühesten aktivierten Areale des Feedforwardprozesses. Die Colliculi superiores bilden mit den Colliculi inferiores die Vierhügelplatte (Tectum) im Mesencephalon (=Mittelhirn) und sind Teil des magnozellulären Pfades, der von der Retina zum Kortex führt. Während die Colliculi inferiores eine auditorische Funktion innehaben, wird den Colliculi superiores eine visuelle zugeschrieben. Die Colliculi superiores gliedern sich in sieben Schichten, die in zwei Regionen unterteilt werden: die oberflächliche Region, die für die visuelle Verarbeitung wichtig ist (Goldberg & Wurtz, 1972) und die tiefere Region, die mit motorischen Prozessen in Verbindung steht (Sparks, 1986). Die Neuronen der obersten Schichten erhalten ihren Input von der Retina, die Neuronen der tieferen vier Schichten projizieren Outputs zum motorischen Orientierungssystem (Gandhi & Katnani, 2011; Shen, Valero, Day & Paré, 2011). Neben den visuellen Inputs der Retina erhalten die Colliculi superiores auch direkte Projektionen aus dem visuellen Kortex (Baldwin & Kaas, 2012; Lock, Baizer & Bender, 2003). Da es sich um luminanzsensible retinale Ganglionzellen handelt (Kaplan & Shapley, 1986), sind sie für Kontrastveränderungen (z.B. durch plötzliche Onsets) sehr sensibel (Fuchs & Ansorge, 2012a).

In der aktuellen wissenschaftlichen Abhandlung von White und Munoz (2011) ist mehr über die Rolle der Colliculi superiores nachzulesen. Für die vorliegende Arbeit ist wichtig zu wissen, dass die Colliculi superiores das Orientierungsverhalten leiten und koordinieren (Sparks, 1986; White & Munoz, 2011). Sie scheinen eine aktive Rolle bei der exogenen Aufmerksamkeitserfassung (Dorris, Klein, Everling & Munoz, 2002), bei unbewusster Aufmerksamkeitserfassung (Fuchs & Ansorge, 2012a) und bei der Rückkehrhemmung innezuhaben (Dorris et al., 2002; Fecteau & Munoz, 2005; Klein, 2000). Die Colliculi superiores fungieren als eine integrative Struktur für Inputs vieler kortikaler und subkortikaler Areale, die in sensorischen, motorischen und aufmerksamkeitsbedingten Prozessen involviert sind (Trappenberg, Dorris, Munoz & Klein, 2001). Nach White und Munoz (2011) sind die Colliculi superiores die Schnittstelle zwischen ziel- und sensorisch gesteuerten Prozessen, die unser Orientierungsverhalten kontrollieren. Weiters repräsentieren sie für die Autoren zwei unabhängige Strukturen mit unterschiedlicher funktioneller Bedeutung: Eine Struktur setzen sie mit der Rolle einer

Salienzkarte (engl. salience map; z.B. Treisman, 1988) gleich, wobei Salienz durch einen sensorischen Qualitätsunterschied charakterisiert ist. Der anderen Struktur wird die Rolle einer Prioritätenkarte (engl. priority map; Fecteau & Munoz, 2006) zugeschrieben. Priorität wird als die Integration von visueller Salienz und behavioraler Relevanz (= die relative Wichtigkeit eines Stimulus für das Ziel eines Beobachters) definiert (White & Munoz, 2011). Der Begriff der Salienzkarte wurde von Koch und Ullman (1985) eingeführt. Es handelt sich dabei um eine zweidimensionale topografische Karte, die an jedem Ort einer visuellen Szene die Salienz eines Stimulus kodiert (Itti & Koch, 2001). Dies geschieht unabhängig von der Eigenschaftsdimension, die diese Stelle salient macht (Itti & Koch, 2001). Das bedeutet, dass die Salienzkarte rein den Fakt festhält, dass eine bestimmte Stelle auffällig ist, ohne diese Auffälligkeit näher benennen zu können. In anderen Worten beinhaltet die Salienzkarte Repräsentationen von Objekten (Shen et al., 2011). Das Ausmaß der Repräsentation gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass diese Objekte für eine weitere Verarbeitung ausgewählt werden (Shen et al., 2011). Die Salienzkarte stellt daher eine effiziente Kontrollstrategie für die Aufmerksamkeitsverlagerung dar, indem wir unsere Aufmerksamkeit dem Ort mit der höchsten Aktivität auf der Salienzkarte zuwenden (Itti & Koch, 2001).

2.1.7. Unaufmerksamkeitsblindheit

Die Unsichtbarkeit der Hinweisreize könnte auch mittels der Unaufmerksamkeitsblindheit von Mack und Rock (1998) erklärt werden. Sie präsentierten den Versuchspersonen für 200 ms ein Kreuz. Die Probanden sollten feststellen, ob die vertikale oder die horizontale Linie länger war. Im dritten oder vierten Durchgang wurde in einem der Quadranten des Kreuzes ein kritischer Stimulus präsentiert. Es handelt sich um einen kritischen Stimulus, da er in der Nähe oder an der Stelle der Fixation erschien, während die Aufmerksamkeit der Beobachter auf der Diskriminationsaufgabe lag und sie weder nach dem Stimulus suchten, noch diesen erwarteten. Ungefähr 25% der Probanden scheiterten an der Entdeckung des kritischen Stimulus, obwohl dieser völlig sichtbar war. Da die Ursache der Unfähigkeit der Stimuluswahrnehmung wahrscheinlich an der Nichtbeachtung des

Stimulus und der Aufmerksamkeitszuwendung der Aufgabe liegt, nannten die Forscher dieses Phänomen Unaufmerksamkeitsblindheit (engl. inattention blindness). Es beschreibt folglich den Fehler, dass ein sichtbares aber unerwartetes Objekt nicht wahrgenommen wird, da die Aufmerksamkeit auf einer anderen Aufgabe liegt. Mack und Rock (1998) schließen aus der Unaufmerksamkeitsblindheit, dass es keine bewusste Wahrnehmung ohne Aufmerksamkeit gibt. Da ein wichtiger Stimulus mit hoher Wahrscheinlichkeit Aufmerksamkeit anzieht, kann somit eine bewusste Wahrnehmung einsetzen.

In der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um ein plötzliches Auftreten der Hinweisreize. Da sie höchst salient sind, könnte man vermuten, dass sich Menschen dieser plötzlichen Onsets immer bewusst sind (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010). Jedoch haben Studien zur Unaufmerksamkeitsblindheit (z.B. Mack & Rock, 1998; Simons & Chabris, 1999) gezeigt, dass Probanden höchst saliente Objekte oder Events oft nicht bewusst wahrnehmen, wenn ihre Aufmerksamkeit auf einer anderen Aufgabe liegt (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010).

Folgende Kriterien müssen nach Simons (2007) für eine Klassifikation der Unaufmerksamkeitsblindheit gegeben sein:

- Die Beobachter scheitern an der Wahrnehmung eines visuellen Objekts oder Events.
- Das Objekt oder Event ist komplett sichtbar und Beobachter nehmen es sofort wahr, sobald sie danach suchen.
- Die Unfähigkeit resultiert aus einer Aufmerksamkeitszuwendung zu anderen Aspekten des Bildschirms und nicht von Aspekten des visuellen Stimulus selbst.
- Das Objekt oder Event tritt unerwartet auf.

2.1.8. Signalentdeckungstheorie

Ein klassisches Problem der sensorischen Psychologie ist die Existenz und Messung einer wahren Reizschwelle – ein Limit der Sensitivität, unter welcher die Entdeckung von Reizen unmöglich ist und verschiedene Stimuli nicht unterscheidbar sind (Nevin, 1969).

Wenn ein Signal schwach ist, kann es sein, dass es ein Beobachter nicht wahrnehmen kann, da entweder das benötigte sensorische Organ für die Entdeckung nicht ausreicht oder der Beobachter übervorsichtig ist und nur Signale rückmeldet, von denen er sich sicher ist, dass sie tatsächlich präsentiert wurden. Beide Möglichkeiten könnten gleichermaßen zu einer Steigerung der gemessenen sensorischen Reizschwelle des Beobachters führen. Da Antwortverzerrungen des Beobachters die grundlegenden sensorischen Prozesse überlagern könnten, wurde die Signalentdeckungstheorie entwickelt. Sie dient der Trennung der wirklichen sensorischen Aspekte der Signalentdeckung von den Entscheidungsaspekten. (Banks, 1970)

Vereinfacht gesagt ist hier von einer Analyse schwer zu entdeckender Signale die Rede. Das typische Signalentdeckungsexperiment beinhaltet zwei Kategorien von Stimuli (*Signal* und *Rauschen*) sowie zwei Antwortkategorien (*ja*, da war ein Signal und *nein*, da war kein Signal). Folglich gibt es vier mögliche Antwortausgänge: Treffer (engl. hit), richtige Zurückweisung (engl. correct rejection), falscher Alarm (engl. false alarm) und Verpasser (engl. miss; Nevin, 1969). In Bezug auf unterschwellig präsentierte Hinweisreize, die auf ihre Sichtbarkeit getestet werden, wäre ein *Treffer* ein richtig identifizierter Reiz, die *richtige Zurückweisung* beträfe die Antwort, dass korrekterweise kein Reiz vorhanden war, *falscher Alarm* würde bedeuten, dass der Versuchsteilnehmer bei abwesendem Reiz mit „ja“ geantwortet hat und *Verpasser* meinte genau das Gegenteil (ein vorhandener Reiz wurde nicht bemerkt; vgl. Banks, 1970). Die Signalentdeckungstheorie stellt eine indirekt abgeleitete Maßzahl der Sensitivität (d') zur Verfügung (Nevin, 1969). Für die Berechnung des Sensitivitätsmaßes der Reizsichtbarkeit d' siehe Abschnitt 4.2.

3. Methoden

Mein Diplomarbeitsexperiment wurde in der Forschungsarbeit von Fuchs und Ansorge (2012a) als Experiment 1 publiziert.

3.1. Ziel und Fragestellung

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Aufmerksamkeitseffekte von Hinweisreizen zu messen, welche unterschwellig präsentiert werden und farblich den zu suchenden Zielen gleichen.

Wie in Abschnitt 2.2.3.5. thematisiert, sind Mulckhuysen und Theeuwes (2010) der Meinung, dass bei subliminalen, salienten Stimuli die Salienz für die Anziehung der Aufmerksamkeit verantwortlich ist und sprechen somit von einer reizgesteuerten Aufmerksamkeitsverarbeitung (siehe auch Ivanoff & Klein, 2003; McCormick, 1997; Mulckhuysen et al., 2007). Andere Forscher vertreten die Gegenhaltung und zwar, dass subliminale Stimuli Aufmerksamkeit nur in einer zielabhängigen Art und Weise anziehen. Das bedeutet, dass nur wenn die Merkmale eines subliminalen, visuellen Stimulus zum zielabhängigen Aufmerksamkeitsset passen ein subliminaler Stimulus Aufmerksamkeit anziehen kann (z.B. Ansorge & Neumann, 2005; Ansorge, Horstmann et al., 2010; Ansorge et al., 2009; Held, Ansorge & Müller, 2010; Scharlau & Ansorge, 2003; siehe Abschnitt 2.1.3.4.).

Um zu testen, welche Aufmerksamkeitseffekte unterschwellige Hinweisreize, die plötzlich erscheinen und farblich mit den zu suchenden Zielen übereinstimmen, erzeugen, wird eine modifizierte Version von Mulckhuysen et al. (2007; siehe Abschnitt 2.1.4.) angewendet. Im Unterschied zu Mulckhuysen et al. (2007) wird die Farbähnlichkeit bzw. der Farbkontrast von Hinweis- und Zielreiz systematisch manipuliert (ausgewählt). Da die Teilnehmer in dieser Untersuchung auf die Farbe des Zieles hingewiesen werden, können sie sich zielabhängiger Top-Down-Suchsets bedienen.

3.2. Hypothesen

Es wird überprüft, ob eine Aufmerksamkeitsverlagerung an die Position des Hinweisreizes stattgefunden hat. Dabei wird, wie von Mulckhuysen et al. (2007) demonstriert, der klassische biphasische Effekt (auf einen Erleichterungseffekt folgt eine Rückkehrhemmung) erwartet. Das Hauptinteresse gilt jedoch der Art und Weise des Aufmerksamkeitseffektes (reizgesteuert vs. zielabhängig):

Bottom-Up-Hypothese: Wenn, wie von Mulckhuysen und Theeuwes (2010) angenommen, die Salienz alleine für die Aufmerksamkeitsanziehung ausschlaggebend ist, sollten sowohl Hinweisreize, die mit dem Zielreiz übereinstimmen, als auch solche, die farblich unterschiedlich sind, Aufmerksamkeit anziehen.

Bei einer Aufmerksamkeitserfassung durch die Colliculi superiores beruht die Zielentdeckung auf Kontrasten. Obwohl die Luminanzen der Farbstimuli objektiv an den Hintergrund angepasst waren, sorgen individuelle Farbsensitivitäten (Gunther & Dobkins, 2002) für eine Luminanzänderung der Farbhinweisreize. Da die Colliculi superiores für Kontraständerung sehr sensibel sind (Fuchs & Ansorge, 2012a), sollte jede Kontraständerung, die durch Farbhinweisreize ausgelöst wird, Aufmerksamkeit anziehen. Der wahrgenommene Kontrast wird durch das plötzliche Onset der Hinweisreize verstärkt. Der Aufmerksamkeits-effekt sollte für schwarze Hinweisreize stärker sein als für farbliche, da ihr Kontrast zum Hintergrund größer ist (Steinman et al., 1996).

Top-Down-Hypothese: Wenn die farbliche Übereinstimmung zwischen dem Hinweisreiz und dem Zielreiz erforderlich ist, sollten Hinweisreize, die nicht zu dem Top-Down-Suchset passen (da sie sich farblich vom Zielreiz unterscheiden) keine Aufmerksamkeit anziehen.

Es wird erwartet, dass die Hinweisreize von den Versuchspersonen nicht bewusst wahrgenommen werden. Um die Unsichtbarkeit der Reize zu messen, wird das

Sensitivitätsmaß d' und das Antwortkriterium c gemessen. d' und c sind Maßzahlen, die in der Signalentdeckungstheorie von Green und Swets (1966) beschrieben werden.

3.3. Stichprobe

24 Personen (6 männlich, 18 weiblich) im Alter von 19 bis 32 Jahren (mittleres Alter: 22,8 Jahre) nahmen an diesem Experiment teil. Die Teilnehmer waren hauptsächlich Studenten und bekamen für ihre Teilnahme einen Bonus für ihr Studium. Alle Teilnehmer hatten normale bzw. korrigierte Sehkraft und ein normales Farbsehen.

3.4. Design und technische Daten

Die Stimuli wurden auf einem 19 Zoll Monitor eines PCs mit der Auflösung von 1024 x 768 und einer Bildwiederholungsfrequenz von 60 Hz dargeboten. Für die Präsentation der Stimuli und die Datenaufzeichnung wurde die Software Experiment Builder verwendet. Alle Stimuli wurden auf einem grauen Hintergrund (Luminanz 72.5 cd/m²) präsentiert. Das Experiment gliederte sich in zwei Aufgaben: den Versuchsteil und den Sichtbarkeitstest. Der Versuchsteil dient dabei der Beantwortung der Forschungsfrage, welche Aufmerksamkeitseffekte die subliminalen Hinweisreize hervorrufen. Der Sichtbarkeitstest misst, ob die unterschwellig Hinweisreize für die Teilnehmer tatsächlich nicht sichtbar waren.

Der Versuchsteil, der zuerst durchgeführt wurde, bestand aus 4 Blöcken mit jeweils 60 Durchgängen, die während des Experimentes randomisiert (d.h. nach Zufallsprinzip) vorgegeben wurden. Der Hinweisreiz beinhaltete keine Information über die Position des folgenden Zieles. In 20% der Durchgänge wurden keine Hinweisreize präsentiert. Zu Beginn eines Durchgangs erschien zentral ein schwarzes Fixationskreuz, das von einem leeren Bildschirm abgelöst wurde. Nach 200 ms wurde der Hinweisreiz (ein Ring mit der Größe 3.0 × 3.0°) 6.7° links oder rechts vom Bildschirmzentrum präsentiert. Dieser Ring wurde für 16 ms gezeigt. Es folgten zwei weitere Ringe (Platzhalter), die dem ersten in

ihrer Größe, Farbe und Luminanz entsprachen. Die drei Ringe waren horizontal in einer geraden Linie mit gleichen Abständen angeordnet. Der Zielreiz folgte entweder gleichzeitig mit den Platzhaltern nach einem SOA von 16 ms (kurz) oder 1016 ms (lang) nach dem Hinweisreiz. Der Zielreiz war eine Scheibe (mit der Größe $1.9 \times 1.9^\circ$), die in einem der beiden äußeren Ringe erscheinen konnte. Der Zielreiz wurde somit entweder an derselben Position (valide Bedingung) wie der Hinweisreiz, oder an der anderen Position (nicht-valide Bedingung) gezeigt. Die Hälfte der Versuchspersonen suchte nach schwarzen Zielreizen (Luminanz 23 cd/m^2), die andere Hälfte nach vordefinierten farblichen Zielreizen. Die farbigen Zielreize waren entweder blau (CLab: 72.5/22.2/-122.7), grün (CLab: 72.5/-84.7/53.7), oder rot (CLab: 72.5/97.9/96.5). Ihre Luminanz wurde objektiv an die des Hintergrundes angeglichen. Die farblichen Zielreize variierten zwischen den Teilnehmern und waren über sie hinweg balanciert. Balanciertheit meint hier die gleich starke Zuweisung der Versuchspersonen zu den sechs resultierenden Versuchsbedingungen: schwarz – blau, blau – schwarz, schwarz – grün, grün – schwarz, schwarz – rot, rot – schwarz (siehe Abbildung 7). Die Zielreizfarbe innerhalb eines Experiments blieb immer gleich (z.B. blau), während der Hinweisreiz entweder farblich dem Zielreiz entsprach, oder die andere Versuchsbedingungsfarbe annahm (z.B. blau oder schwarz).

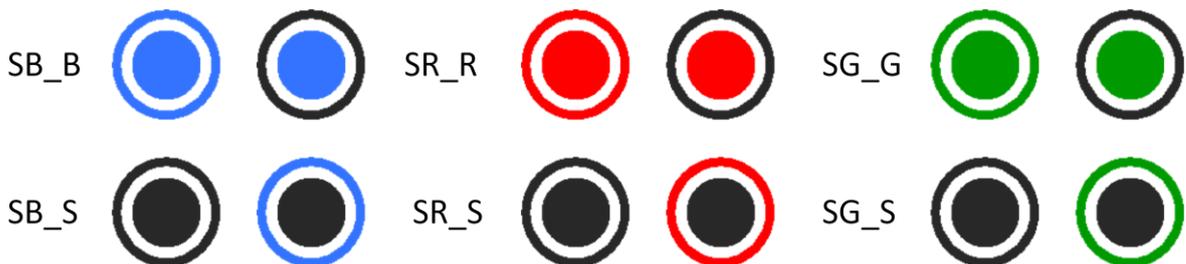


Abbildung 7: Mögliche Farbkombinationen. Von links nach rechts: schwarz – blau, schwarz – rot, schwarz – grün. Der Hinweisreiz (der Ring) konnte beide Farben annehmen, während der Zielreiz (die Scheibe) immer die definierte Farbe annahm. Die ersten zwei Buchstaben der Beschriftung links von den Grafiken stehen für die jeweils zwei möglichen Hinweisreizfarben, der dritte Buchstabe kennzeichnet die Farbe des Zielreizes. Für eine Versuchsperson blieb die Farbbedingung für die Dauer des Experimentes gleich. Somit bearbeiteten je vier Teilnehmer die gleiche Versuchsbedingung.

Nach 80 ms verschwanden die Scheibe und die drei Ringe. Abbildung 8 zeigt eine schematische Darstellung eines Durchganges.

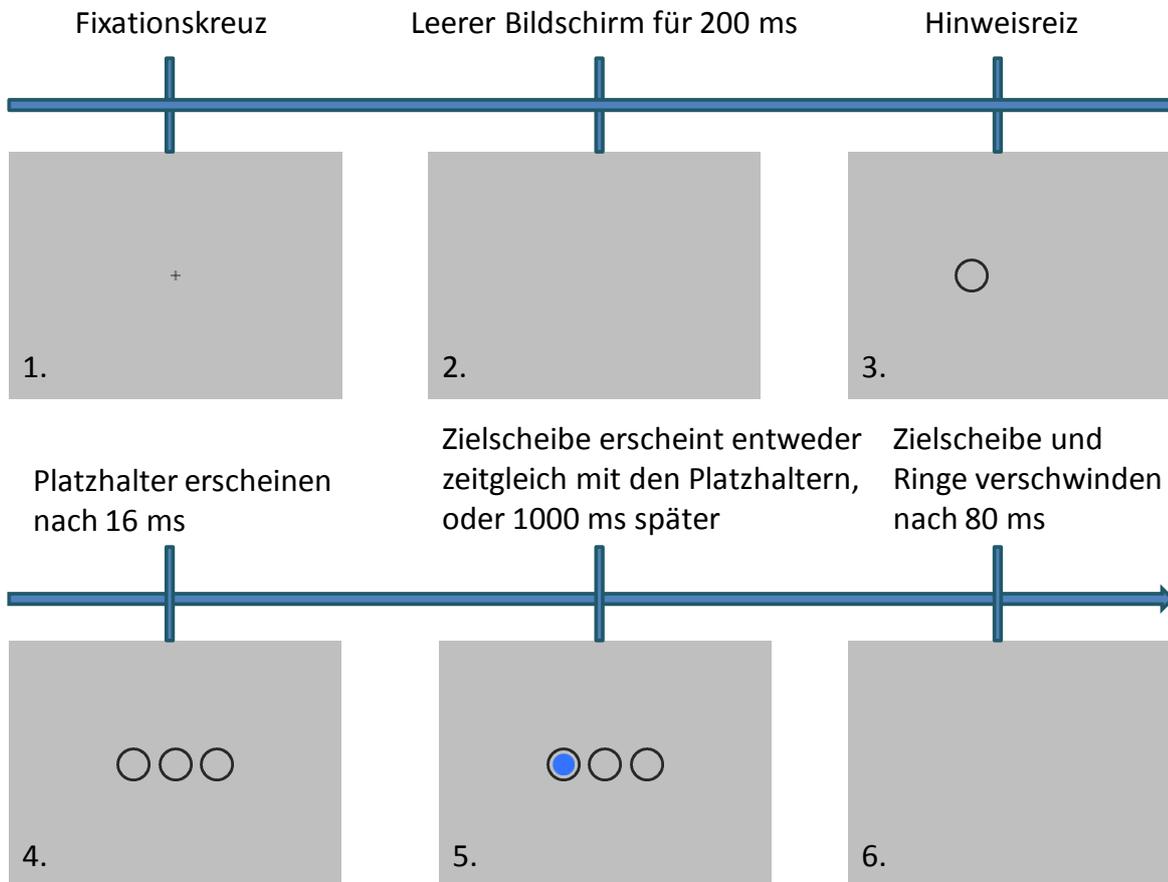


Abbildung 8: Schematische Darstellung eines Durchganges.

Jede Kombination der Variablen *Hinweisreizposition* (valid vs. nicht-valid), *Hinweisreizfarbe* (gleich vs. verschieden) und *SOA* (kurz vs. lang) war gleich wahrscheinlich.

Der Sichtbarkeitstest bestand aus 4 Blöcken zu je 20 Durchgängen, die mit der ersten Aufgabe ident waren (wiederum 20% Catch Trials). Ein Durchgang endete aber erst dann, wenn eine Antwort gegeben wurde.

3.5. Durchführung

3.5.1. Versuchsteil

Das Experiment fand in einem abgedunkelten, ruhigen Raum als Einzel- und auch als Gruppentestung in den Testräumen der allgemeinen Psychologie am Institutsgebäude der Fakultät für Psychologie der Universität Wien statt. Die Beleuchtung erfolgte indirekt. Zu Beginn wurden das Alter und die Händigkeit abgefragt, die Sehstärke getestet und die Ishihara-Farbplatten zum Ausschluss der Rot-Grün-Blindheit verwendet. Vor der Testung mussten die Versuchspersonen zudem eine Einverständniserklärung unterschreiben. Danach wurden die Teilnehmer instruiert, ihren Kopf auf einer Kinn- und Stirnauflage zu platzieren, um einen konstanten Betrachtungsabstand zwischen Auge und Bildschirm für die Dauer des Experimentes zu erzielen. Der Abstand zum Computerbildschirm betrug 64 cm. Eine genaue Instruktion zur Durchführung des Experimentes erfolgte schriftlich am Bildschirm, wobei sich die Teilnehmer jederzeit an die Versuchsleiterin, die durchgehend anwesend war, wenden konnten. Die schriftliche Instruktion erklärte der Versuchsperson, dass auf dem Bildschirm drei Ringe zu sehen sein werden, wobei in manchen Durchgängen in einem der Ringe eine farbliche Scheibe erscheinen wird. Die Farbe wurde genannt (z.B.: blaue Scheibe) und blieb für eine Versuchsperson stets gleich. Falls diese Scheibe gesehen wurde, sollte der Proband die Leertaste drücken, wenn nicht, dann sollte er auch keine Taste betätigen. Die Versuchsperson wurde dazu angehalten, ihre Augen auf die Mitte fixiert zu halten und auf die definierte Farbe zu achten. Die Leertaste sollte mit dem Zeigefinger gedrückt werden. Anfänglich gab es acht Übungsdurchgänge, danach konnten noch Fragen an die Versuchsleiterin gestellt werden. In den Übungsdurchgängen gab es die Rückmeldung, ob der Proband richtig, oder falsch geantwortet hat. In den experimentellen Durchgängen fand nur noch eine Rückmeldung statt, wenn die Versuchsperson eine falsche oder zu langsame Reaktion (keine Antwort bis zu 650 ms nach dem Onset des Zielreizes) zeigte. Dieses Feedback diente der Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit, bzw. eines hohen Arbeitstempos sowie einer hohen Antwortgenauigkeit. Nach jeweils 60 Durchgängen konnten die Teilnehmer pausieren,

wobei es keine zeitliche Beschränkung für die Dauer gab. Sie mussten aktiv den nächsten Block starten. Insgesamt waren vier Blöcke zu je 60 Durchgängen zu bearbeiten.

3.5.2. Sichtbarkeitstest

Nach dem Versuchsteil folgte der Sichtbarkeitstest. Er diente der Feststellung, ob die Teilnehmer das verfrühte Erscheinen eines der Ringe wahrnahmen, wenn sie dazu instruiert wurden. Den Probanden sollte es dabei nicht möglich sein, die Position des Hinweisreizes über dem Zufallslevel richtig anzugeben. Warum die Hinweisreize unsichtbar bzw. schwer sichtbar waren wird in Kapitel 2.1.6. erläutert. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Präsentationszeit des Hinweisreizes von 16 ms dafür ausreicht, dass der Reiz wahrgenommen wird, er aber nicht soweit verarbeitet wird, dass er in das Bewusstsein gelangt.

Die Teilnehmer sollten die Scheibe ignorieren und sich nur auf das Aufscheinen der Ringe konzentrieren. Die Aufgabenstellung im Sichtbarkeitstest erforderte keine Rückmeldung mehr, da die Bearbeitungszeit irrelevant war und es auch keine richtigen oder falschen Antworten gab. Die Taste „z“ sollte bei einem verfrühten Erscheinen des linken Ringes, die Taste „m“ bei einer frühzeitigen Einblendung des rechten Ringes gedrückt werden. In der Instruktion wurde explizit darauf hingewiesen, dass, falls der Proband nicht sicher ist, welcher Ring früher erschien, er sich intuitiv für eine Seite entscheiden soll. In 50% der Durchgänge erschien der linke Ring, in den anderen Durchgängen der rechte Ring einen Moment früher als die übrigen Ringe. Ein Durchgang endete, sobald eine Antwort gegeben wurde.

Das Experiment dauerte insgesamt ungefähr 40 Minuten.

4. Ergebnisse

Zur statistischen Auswertung wurde das Programm IBM SPSS Statistics 20 verwendet.

1,9% der Durchgänge wurden aufgrund falscher Antworten (d.h. falscher Alarm bei Durchgängen ohne Zielreize und Fehlantworten bei Durchgängen mit Zielreizen) von der Datenanalyse ausgeschlossen. Ebenso wurden Ausreißer (Reaktionszeiten, die mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittel entfernt liegen; 2,7%) nicht mitberechnet. (Fuchs & Ansorge, 2012a)

4.1. Versuchsteil

Die durchschnittlichen Reaktionszeiten wurden mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Innersubjektvariablen *Hinweisreizposition* (valide vs. nicht-valide), *Hinweisreizfarbe* (gleich vs. verschieden), *SOA* (kurz vs. lang) und der Zwischensubjektvariable *Zieltyp* (Kontrast vs. Farbe) berechnet.

Ein signifikanter Haupteffekt der Hinweisreizposition $F(1, 22) = 38.7, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.64$ mit langsameren Reaktionszeiten in validen (Reaktionszeit RT = 344 ms) als in nicht-validen Bedingungen (RT = 357 ms) zeigt, dass die subliminalen Hinweisreize Aufmerksamkeit angezogen haben (siehe Abbildung 9).

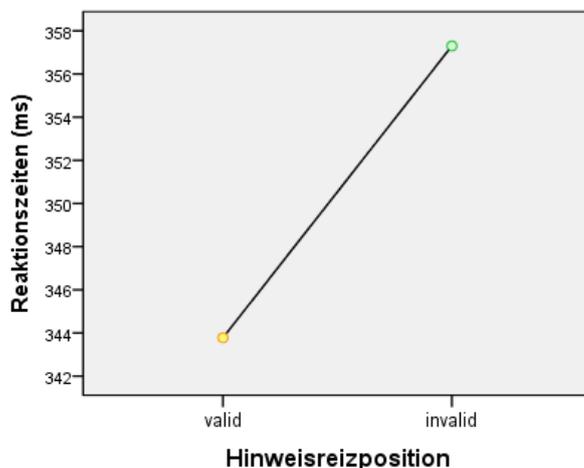


Abbildung 9: Darstellung des signifikanten Haupteffektes der Hinweisreizposition. In validen Bedingungen waren die Versuchspersonen schneller als in nicht-validen.

Die ANOVA ergab weiters einen signifikanten Haupteffekt der Hinweisreizfarbe $F(1, 22) = 20.2, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.48$ mit langsameren Antworten bei gleichen (RT = 357 ms) als in verschiedenen Farbbedingungen (RT = 344 ms; siehe Abbildung 10), sowie einen signifikanten Haupteffekt des SOA $F(1, 22) = 30.7, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.58$ mit schnelleren Reaktionen (RT = 330 ms) bei langem SOA im Vergleich zu einem kurzen Intervall (RT = 371 ms; siehe Abbildung 11).

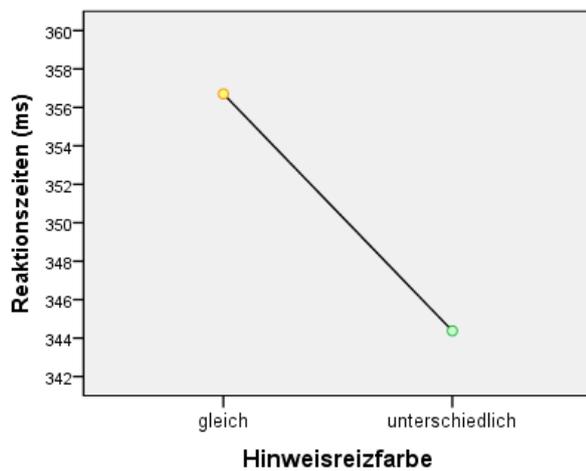


Abbildung 10: Darstellung des signifikanten Haupteffektes der Hinweisreizfarbe. Bei farblicher Übereinstimmung zwischen Hinweis- und Zielreiz waren die Versuchspersonen in ihrem Antwortverhalten langsamer als bei unterschiedlichen Farben.

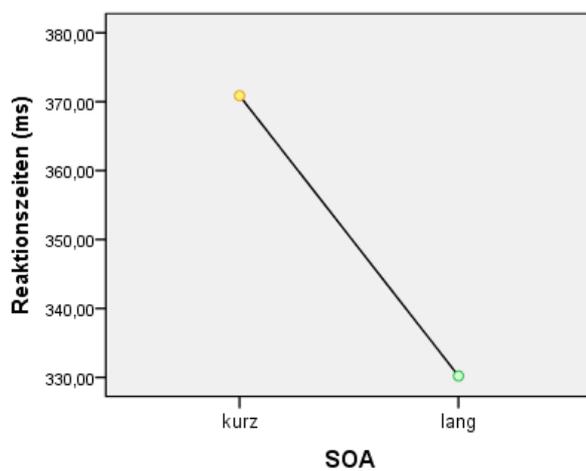


Abbildung 11: Darstellung des signifikanten Haupteffektes des Stimulus Onset Asynchrony (SOA). Im kurzen SOA brauchten die Versuchspersonen mehr Zeit zum Antworten als im langen SOA.

Es zeigte sich zudem eine signifikante Zweifach-Interaktion der Variablen SOA, Hinweisreizposition und Hinweisreizfarbe $F(1, 22) = 13.8, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.39$ sowie zwei signifikante Interaktionen für die Hinweisreizposition und dem SOA $F(1, 22) = 74.3, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.77$ sowie der Hinweisreizfarbe und dem SOA $F(1, 22) = 12.5, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.36$.

Darüber hinaus fanden sich in Zusammenhang mit dem Zwischensubjektfaktor Zieltyp drei weitere signifikante Interaktionen:

- (1) mit dem SOA $F(1, 22) = 5.2, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.38$
- (2) mit der Hinweisreizfarbe $F(1, 22) = 17.8, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.48$
- (3) mit der Hinweisreizfarbe und dem SOA $F(1, 22) = 13.3, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.19$

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse im Überblick. In Abbildung 13 sind die Standardfehler der mittleren Reaktionszeit als Fehlerbalken ersichtlich.

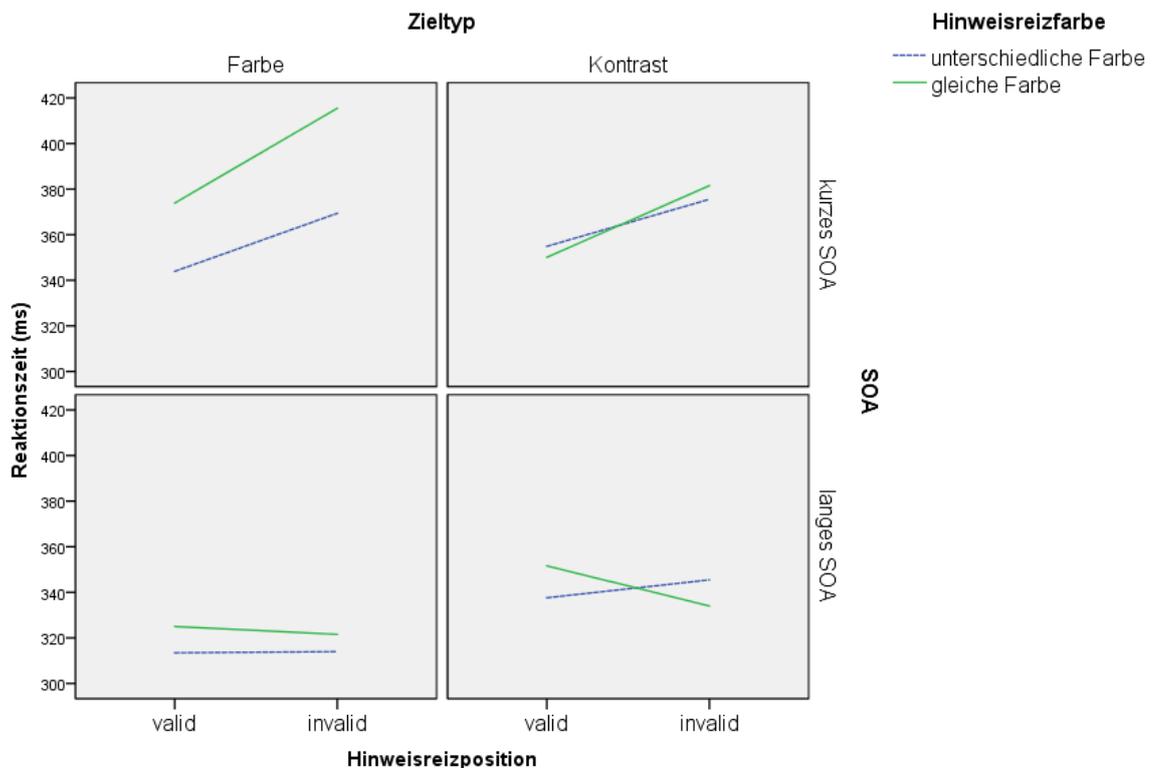


Abbildung 12: Darstellung der Ergebnisse im Überblick. Auf der linken Seite werden die mittleren Reaktionszeiten der Teilnehmer für Farbziele, auf der rechten Seite für Kontrastziele sowie in der oberen Reihe für das kurze Stimulus Onset Asynchrony (SOA) und in der unteren Reihe für das lange SOA gezeigt.

Die Ergebnisse werden in jedem einzelnen Diagramm jeweils links für die valide und rechts für die nicht-valide Hinweisreizposition präsentiert und sind in jedem Feld für Hinweisreize der gleichen Farbe (durchgehende Linie) oder von unterschiedlicher Farbe (strichlierte Linie) eingezeichnet.

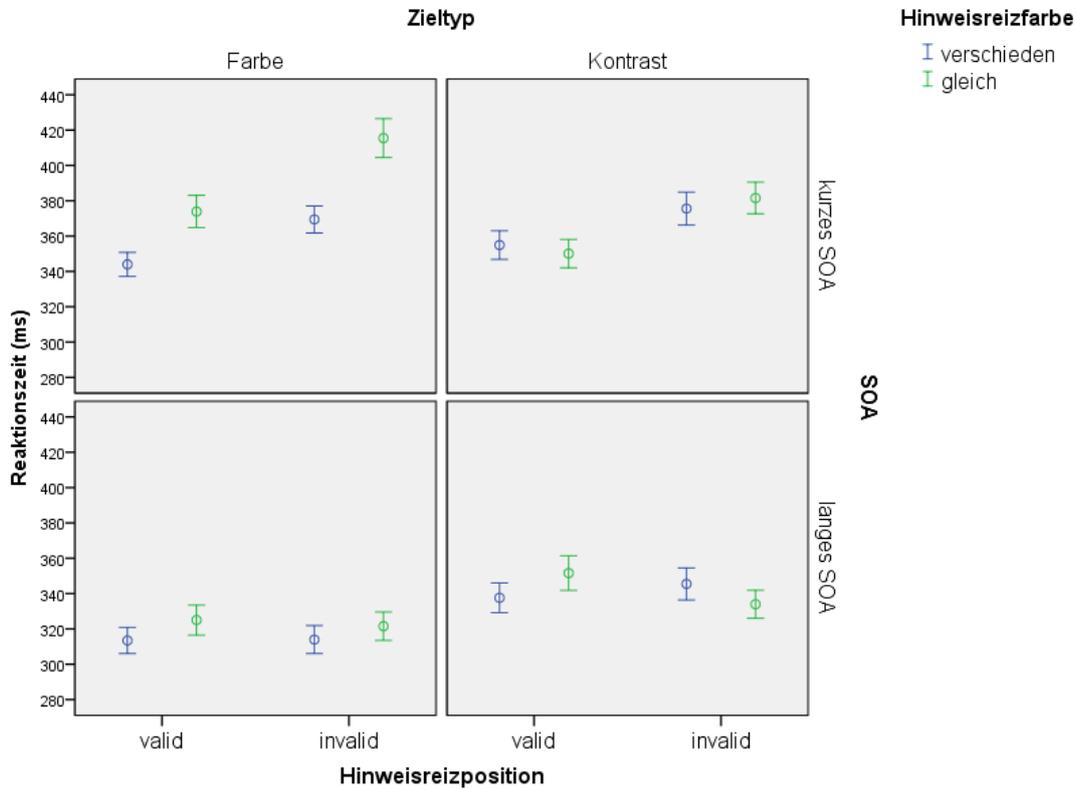


Abbildung 13: Darstellung der Mittelwerte +/- 2 Standardfehler. Der Standardfehler ist ein Streuungsmaß für den geschätzten Mittelwert der Grundgesamtheit.

Um die Signifikanz der Cueingeffekte (= Effekte aufgrund der Hinweisreize) zu testen, wurden post-hoc Bonferroni-adjustierte T-Tests zum Vergleich der Hinweisreizpositionen (valid vs. nicht-valid) für jede Kombination der Stufen der Variablen Zieltyp, Hinweisreizfarbe und SOA durchgeführt. Die Bonferroni-Adjustierung dient dabei der Vermeidung des α -Fehlers (=Zurückweisung der Nullhypothese, obwohl sie in Wirklichkeit wahr ist). In den kurzen SOAs zeigten die T-Tests für die beiden Zieltypen (Farbe und Kontrast) und die Hinweisreizfarben (gleich vs. verschieden) Cueing-Effekte (alle p 's < 0.01). Bei den langen SOAs zeigte sich lediglich ein signifikanter Rückkehrhemmungseffekt, wenn auf einen schwarzen Zielreiz ein farblich gleicher Hinweisreiz folgte ($p < 0.05$).

4.2. Sichtbarkeitstest

Um die Sichtbarkeit der Hinweisreize zu messen, wurde d' (ein Sensitivitätsmaß der Reizsichtbarkeit) berechnet und zwar nur in Durchgängen, in denen ein Zielreiz präsentiert wurde. Korrekte Antworten von Hinweisreizen auf der rechten Seite zählten als Treffer, inkorrekte Antworten der Hinweisreize auf der rechten Seite als falscher Alarm. d' wird als Differenz zwischen den z-transformierten relativen Häufigkeiten der Treffer und denen der falschen Alarme berechnet. Wenn die Hinweisreize für die Teilnehmer nicht sichtbar waren, dann wird d' den Wert 0 erreichen (= Zufallslevel). Je besser die Diskriminationsleistung, desto größer wird d' . Als weiteres Maß wurde das Antwortkriterium c (auch Antworttendenz genannt) für Durchgänge gemessen, bei denen ein Zielreiz präsentiert wurde. Das Antwortkriterium c misst, ob die falschen Antworten gleichermaßen auf verpasste Antworten und falsche Alarme verteilt sind.

Das mittlere d' liegt mit 1.9 (Range von -0.1 bis 4.0) signifikant über dem Zufallslevel ($p < 0.001$). Das mittlere c (=0.1; Range von -0.5 bis 1.3) unterscheidet sich nicht signifikant von 0 ($p = 0.37$).

Da die Berechnung des Sensitivitätsmaßes d' zeigt, dass die Teilnehmer die Hinweisreize bewusst wahrgenommen haben, wurden die Regressionen des Cueing-Effektes (also die Reaktionszeiten für verschiedene minus gleiche Positionen) als eine Funktion der Diskrimination (d') für das kurze SOA berechnet (siehe Abbildung 14). Das dient der Messung, ob die Cueing-Effekte auch unter Bedingungen, in denen Probanden die Hinweisreize nicht wahrgenommen haben, auftraten. Darüber hinaus sollte sich, wenn die Sichtbarkeit für die Cueing-Effekte verantwortlich ist, zwischen dem Cueing-Effekt und d' ein Zusammenhang zeigen. Nach Greenwald, Draine und Abrams (1996) stellt die Höhe, bei der die Funktion der Regressionsanalyse die vertikale Achse kreuzt (= Regressionsintercept), einen kritischen Test der Hypothese, dass die Reize unbewusst wahrgenommen wurden, dar. Das Regressionsintercept schätzt die Größe des Einflusses der Hinweisreize, die nicht bewusst wahrgenommen wurden. Wenn dieses signifikant über Null liegt, kann von unbewusster Verarbeitung ausgegangen werden (Greenwald et al., 1996).

Das Regressionsintercept ($a = 22.1, p < 0.01$) zeigt, dass der Cueing-Effekt, wenn d' gleich 0 war, signifikant über 0 liegt. Zudem gab es keine signifikante Korrelation zwischen der Diskriminationsleistung und dem Cueing-Effekt ($\beta = 0.30, p = 0.15$).

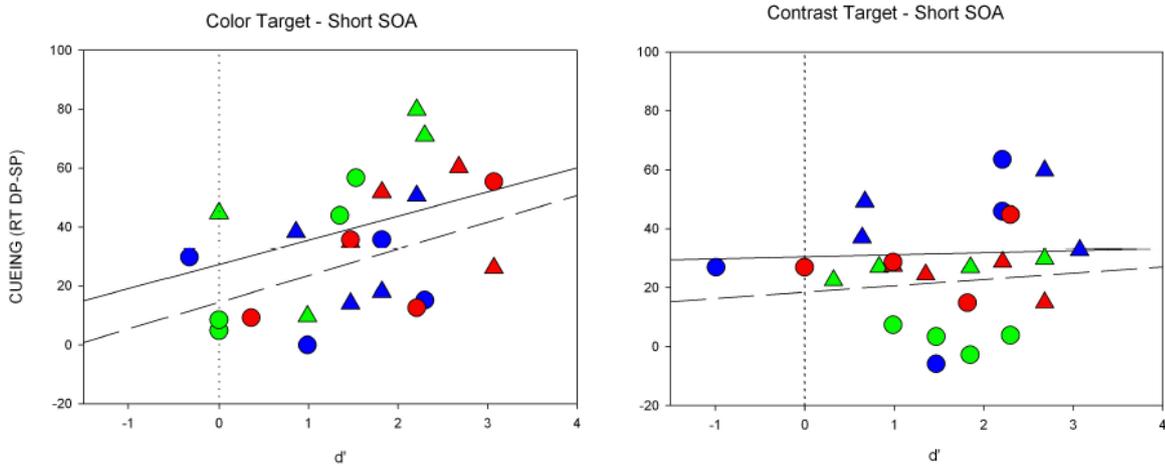


Abbildung 14: Darstellung der Regressionen der Cueing-Effekte (d.h. der mittleren Reaktionszeit für verschiedene minus gleiche Positionen; y-Achse) als eine Funktion der Diskrimination (d' , x-Achse) für das kurze SOA für jeden Teilnehmer. Die Werte sind separat für gleiche Farbbedingungen (Dreiecke, durchgehende Regressionslinie) und verschiedene Farbbedingungen (Kreise, unterbrochene Regressionslinie) dargestellt. Für Farbziele (linkes Diagramm) sind die Symbole in der entsprechenden Zielfarbe, für Kontrastziele (rechtes Diagramm) in der entsprechenden Hinweisreizfarbe dargestellt (aus Fuchs & Ansorge, 2012a, S. 48).

5. Diskussion

Mulckhuysen et al. (2007) haben unter Verwendung von unterschwelligem Hinweisreizen den klassischen biphasischen Effekt demonstriert. Dieser Effekt besagt, dass auf einen Erleichterungseffekt (schnellere Reaktion in validen, als in nicht-validen Bedingungen; Posner, 1980) ein Rückkehrhemmungseffekt (langsamere Reaktionen in validen, als in nicht-validen Bedingungen bei einer zeitlichen Verzögerung zwischen dem Einblenden des Hinweis- und des Zielreizes; Posner, 1980) folgt. Um zu testen, welche Aufmerksamkeitseffekte unterschwellige Hinweisreize, die farblich mit dem Zielreiz übereinstimmen, erzeugen, wurde das Experiment von Mulckhuysen et al. (2007) in abgewandelter Form durchgeführt. Im Unterschied zum Ausgangsexperiment wurden die Kontraste (d.h. die Farbe der Reize) systematisch manipuliert. Während die Zielreizfarbe für eine Versuchsperson immer gleich war, konnte der Hinweisreiz farblich dem Ziel entsprechen oder die andere Farbe annehmen (pro Experiment kamen stets zwei Farben zum Einsatz: Schwarz und entweder Blau, Grün oder Rot). Im Einklang mit der Top-down-Hypothese sollten nur Hinweisreize, die farblich mit dem Zielreiz übereinstimmen, Aufmerksamkeit anziehen (z.B. Folk et al., 1992). Wenn aber die Aufmerksamkeitserfassung reizgesteuert abläuft und auf den Colliculi superiores (eine integrative Struktur des magnozellulären Pfades, der von der Retina zum Kortex führt; Kaplan & Shapley, 1986) beruht, sollten alle Reize aufgrund ihres Kontrastes die Aufmerksamkeit anziehen (Fuchs & Ansorge, 2012a). Das gilt auch, obwohl die Luminanzen der Farbstimuli objektiv an den Hintergrund angeglichen waren, da sich Personen in ihrer Sensitivität für verschiedene Farben unterscheiden (Gunther & Dobkins, 2002) und die Farbstimuli folglich auch eine Kontraständerung hervorrufen. Darüber hinaus soll das Ergebnis des klassischen biphasischen Effekts bei unterschwelligem Hinweisreizen von Mulckhuysen et al. (2007) repliziert werden.

Wie erwartet, zogen die subliminalen Hinweisreize Aufmerksamkeit an. Dieses Ergebnis wird durch den Haupteffekt der Hinweisreizposition mit langsameren Reaktionszeiten in nicht-validen (RT = 357 ms) als in validen Bedingungen (RT = 344 ms) demonstriert. Es riefen alle Farbhinweisreize unabhängig von der farblichen Übereinstimmung mit den

Zielreizen subliminale Cueing-Effekte hervor. So hat zum Beispiel ein roter Hinweisreiz die Aufmerksamkeit angezogen, obwohl nach einem schwarzen Zielreiz gesucht werden sollte. Ebenso hat ein schwarzer Hinweisreiz bei der Suche nach einem roten Zielreiz Aufmerksamkeit angezogen. Das Ergebnis widerspricht der Top-down-Hypothese, da die farbliche Übereinstimmung für den Cueing-Effekt irrelevant war. Stattdessen unterstützt es die Bottom-up-Hypothese der Aufmerksamkeit. Ihr liegt die Theorie zu Grunde, dass unbewusste plötzliche Onsets höchst salient sind und mittels der Colliculi superiores die Aufmerksamkeit anziehen (Mulckhuysen et al., 2007). Die Colliculi superiores erhalten ihren Input von luminanzsensiblen retinalen Ganglionzellen (z.B. Kaplan & Shapley, 1986), weshalb sie für visuelle Kontrastveränderungen, die durch plötzliche Onsets und durch Luminanzänderungen hervorgerufen werden, sehr sensibel sind (Fuchs & Ansorge, 2012a). Sie sind eine der frühesten aktivierten Areale des Feedforwardprozesses (siehe Lamme & Roelfsema, 2000). Es könnte sein, dass der Feedforwardprozess, der durch den ersten Ring ausgelöst wurde, bereits die Colliculi superiores erreicht hat, die den Aufmerksamkeitseffekt bewirkten. Das Ergebnis der reizgesteuerten Aufmerksamkeitserfassung korrespondiert mit Fuchs et al. (2011), die auch die Irrelevanz der farblichen Übereinstimmung von Hinweis- und Zielreiz (bzw. die Unabhängigkeit der Kontrastpolarität) in Cueing-Experimenten mit plötzlichem Onset feststellten. Hervorzuheben ist, dass es keine signifikanten Unterschiede der Cueing-Effekte im kurzen SOA zwischen Farb- und Kontrasthinweisreizen gab, obwohl die schwarzen Ringe einen höheren Kontrast zum Hintergrund erzeugten als die farbigen. Dadurch hätte ein von den Colliculi superiores gesteuerter Cueing-Effekt bei schwarzen Hinweisreizen größer sein müssen als bei farbigen (Steinman et al., 1997). Eine mögliche Erklärung wäre, dass die individuell wahrgenommenen Kontraste bei farbigen Hinweisreizen stark waren. Da die subjektiven Kontraste jedoch nicht gemessen wurden, kann keine Auskunft über die Größe eines möglichen Unterschiedes gegeben werden.

Das zweite Hauptergebnis dieses Experimentes betrifft den klassischen biphasischen Effekt. In den kurzen SOAs zeigte sich der Erleichterungseffekt: Die Probanden waren in ihrem Antwortverhalten in validen Bedingungen schneller als in nicht-validen. Der

Rückkehrhemmungseffekt trat jedoch nur in Durchgängen auf, in denen auf einen schwarzen Hinweisreiz ein schwarzer Zielreiz folgte. Das Ergebnis verwundert, da in der Literatur schon öfter die Behauptung aufgestellt wurde, dass eine reizgesteuerte Verarbeitung eine mögliche Voraussetzung für das Erscheinen des Rückkehrhemmungseffektes ist (Godijn & Theeuwes, 2004; Hendereickx, Maetens & Soetens, 2012) und Mulckhuyse und Theeuwes (2010) mit ihrer Theorie, dass die Rückkehrhemmung ein Markenzeichen einer automatischen, exogenen visuellen Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewussten Hinweisreizen sein könnte, sogar den notwendigen Auftritt der Rückkehrhemmung beschreiben. Die Autoren behaupten, dass die Rückkehrhemmung immer auftritt, sobald es zu einer unbewussten, exogenen Aufmerksamkeitserfassung kommt. Da die gemessenen Ergebnisse für eine unbewusste, reizgesteuerte Aufmerksamkeitserfassung sprechen und somit die Bottom-up-Hypothese unterstützen, widerspricht der fehlende Rückkehrhemmungseffekt Mulckhuyse's und Theeuwes' (2010) Hypothese. In der Ausgangsstudie von Mulckhuyse et al. (2007) wurde unter ähnlichen Bedingungen der Rückkehrhemmungseffekt demonstriert. Deswegen ist es wichtig, die Unterschiede zu betrachten. Diese liegen in der systematischen Manipulation der Kontraste sowie in der Verwendung von Ringen anstatt von Scheiben für die Hinweisreize. Außerdem kam hier ein TFT-Bildschirm zum Einsatz, während es bei Mulckhuyse et al. (2007) ein CRT-Bildschirm war. Dass der unterschiedliche Bildschirm, oder die verschiedenen Luminanzwerte der Hinweisreize und des Hintergrunds für die Abwesenheit des Rückkehrhemmungseffektes verantwortlich sind, kann durch Experiment 4 von Fuchs und Ansorge (2012b) ausgeschlossen werden. In einem von drei Blöcken benutzten sie dieselben Luminanzwerte für die Ziele und den Hintergrund wie Mulckhuyse et al. (2007) und präsentierten zudem die Reize auf einem CRT-Bildschirm. Die Hinweisreize stimmten mit der Luminanz der Zielreize überein. Obwohl die Bedingungen somit denen von Mulckhuyse et al. (2007) entsprachen, scheiterten auch Fuchs und Ansorge (2012b) an der Demonstration der Rückkehrhemmung. Ebenso konnten Fuchs et al. (2011) unter ähnlichen Bedingungen keinen Rückkehrhemmungseffekt finden. Fuchs und Ansorge (2012b) ziehen den Schluss, dass sich der unzuverlässige Rückkehrhemmungseffekt von unterschwelligen Hinweisreizen

aus Nebenfaktoren ergibt, die nicht mit der Unsichtbarkeit der Hinweisreize und der Natur der Aufmerksamkeitserfassung (reizgesteuert oder nicht) in Verbindung stehen. Nebenfaktoren wären nach den Autoren beispielsweise die Art und Weise, wie die Sichtbarkeit der Hinweisreize reduziert wurde (vgl. Ivanoff & Klein, 2003) oder die exakte Anzahl der Versuchspersonen (vgl. Mulckhuysen et al., 2007). In Übereinstimmung mit Fuchs und Ansorge (2012b) kann auch hier das Fazit gezogen werden, dass die Rückkehrhemmung kein Markenzeichen der exogenen Aufmerksamkeitserfassung ist, wie von Mulckhuysen und Theeuwes (2010) angenommen. Es könnte auch sein, dass der subliminale Erleichterungseffekt im kurzen SOA einfach robuster ist als der Rückkehrhemmungseffekt, was auch den Ausfall der Rückkehrhemmung bei McCormick (1997) erklären würde. Die Versuchspersonen suchten bei McCormick (1997) aktiv nach dem Hinweisreiz, da sie dazu instruiert wurden, sich der gegenüberliegenden Position für die Zielsuche zuzuwenden, da der Zielreiz an der Position des Hinweisreizes nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 15% erschien. Zudem mussten sie nach jedem Durchgang über die Sichtbarkeit des Hinweisreizes berichten. Das könnte laut Ivanoff und Klein (2003) dazu geführt haben, dass Kontrollsettings (siehe Folk et al., 1992) etabliert wurden, die bewirkten, dass die Aufmerksamkeit eher auf der Stelle des Hinweisreizes liegen blieb. Folglich wäre der Erleichterungseffekt gestiegen und der Rückkehrhemmungseffekt eliminiert worden oder verspätet aufgetreten.

Ein weiteres unerwartetes Ergebnis liefert die Berechnung der Unsichtbarkeit der Hinweisreize. Die Diskriminationsfähigkeit der Versuchsteilnehmer lag über dem Zufallslevel und war zu hoch, um das objektive Kriterium der Unterschwelligkeit zu erfüllen. Das Ergebnis widerspricht somit Mulckhuysen et al. (2007). Dennoch kann von einer unbewussten Verarbeitung der Hinweisreize ausgegangen werden, da die Versuchspersonen einerseits auf Nachfrage eine subjektive Unsichtbarkeit (siehe Merikle, Smilek & Eastwood, 2001) berichteten und andererseits eine Regressionsanalyse die Unsichtbarkeit bestätigte. Die Regressionsanalyse berechnete, ob die Cueing-Effekte auch unter Bedingungen auftraten, in denen Probanden die Hinweisreize nicht wahrgenommen haben (Greenwald et al., 1996). Da dies der Fall war und es zudem keine

signifikante Korrelation der Diskriminationsleistung und dem Cueing-Effekt gab (was für die Sichtbarkeit der Reize sprechen würde), kann von einer unbewussten Verarbeitung der Hinweisreize ausgegangen werden.

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Untersuchung, dass plötzliche visuelle Onsets der subliminalen Hinweisreize zu einer reizgesteuerten Verarbeitung führten, die unabhängig von der farblichen Übereinstimmung zwischen Hinweis- und Zielreiz auftrat. Sie ist im Einklang mit der Hypothese, dass die Aufmerksamkeitserfassung durch die Colliculi superiores erfolgt, die für Kontraste sehr sensibel sind (Mulckhuysen et al., 2007; Mulckhuysen & Theeuwes, 2010). Da kein Rückkehrhemmungseffekt gefunden wurde, widerspricht das Ergebnis der Annahme von Mulckhuysen und Theeuwes (2010), dass die Rückkehrhemmung ein Markenzeichen einer exogenen Aufmerksamkeitserfassung ist. Somit liefert das Experiment zwar einen nützlichen Beitrag zur Klärung der Debatte Top-down versus Bottom-up in Cueing-Experimenten mit subliminalen Hinweisreizen (plötzliche Onsets verlagern die Aufmerksamkeit exogen), jedoch werfen die Ergebnisse Fragen in Bezug auf die Rückkehrhemmung (Warum konnte hier nicht der Rückkehrhemmungseffekt wie bei Mulckhuysen et al. [2007] demonstriert werden?), die (Un-)Sichtbarkeit der Hinweisreize (Warum liegt das Sensitivitätsmaß d' signifikant über 0, obwohl die Bedingungen zur Ausgangsstudie sehr ähnlich waren [vgl. Fuchs & Ansorge 2012b]?) und die Kontraste der Reize (Warum erzeugten schwarze Hinweisreize keine stärkeren Cueing-Effekte als farbige [siehe Steinman et al., 1997]?) auf, für die es weiterer Forschung bedarf.

6. Literatur

- Ansorge, U. (2006). Die Rolle von Absichten bei der automatischen Verarbeitung visuell-räumlicher Reizinformation. *Psychologische Rundschau*, 57, 2-12.
- Ansorge, U. & Neumann, O. (2005). Intentions determine the effect of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cueing task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 762-777.
- Ansorge, U., Horstmann, G. & Scharlau, I. (2010). Top-down contingent attentional capture during feed-forward visual processing. *Acta Psychologica*, 135, 123-126.
- Ansorge, U., Horstmann, G. & Scharlau, I. (2011). Top-down contingent feature-specific orienting with and without awareness of the visual input. *Advances in Cognitive Psychology*, 7, 108-119.
- Ansorge, U., Horstmann, G. & Worschech, F. (2010). Attentional capture by masked colour singletons. *Vision Research*, 50, 2015-2027.
- Ansorge, U., Kiss, M. & Eimer, M. (2009). Goal-driven attentional capture by invisible colors: Evidence from event-related potentials. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 648-653.
- Ansorge, U., Kiss, M., Worschech, F. & Eimer, M. (2011). The initial stage of visual selection is controlled by top-down task set: new ERP evidence. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 113-122.
- Baldwin, M. K. L. & Kaas, J. H. (2012). Cortical Projections to the superior colliculus in prosimian galagos (*Otolemur garnetti*). *Journal of Comparative Neurology*, 520, 2002-2020.
- Banks, W. P. (1970). Signal detection theory and human memory. *Psychological Bulletin*, 74, 81-99.

- Bauer, H. (2007). Biologische Psychologie. In Kastner-Koller, U. & Deimann, P. (Hrsg.), *Psychologie als Wissenschaft* (S. 109-129). Wien: Facultas.
- Bichot, N. P., Rossi, A. F. & Desimone, R. (2005). Parallel and serial neural mechanisms for visual search in macaque area V4. *Science*, 308, 529–534.
- Broadbent, D. E. (1954). The role of auditory localization in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: Pergamon.
- Burnham, B. R. (2007). Displaywide visual features associated with a search display's appearance can mediate attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 392–422.
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, 51, 1484-1525.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.
- Conway, A. R. A., Cowan, N. & Bunting, M. F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 331-335.
- Crick, F. & Koch, C. (1998). Consciousness and neuroscience. *Cerebral Cortex*, 8, 97-107.
- Dehaene, S., Naccache, L., Le Clech, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., van de Moortele, P. F. & Le Bihan, D. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597-600.
- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.

- Dorris, M. C., Klein, R. M., Everling, S. & Munoz, D.P. (2002). Contribution of the primate superior colliculus to inhibition of return. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 1256-1263.
- Driver, J. (2001). A selective review of selective attention research from the past century. *British Journal of Psychology*, 92, 53-78.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501–517.
- Egeth, H. (1967). Selective attention. *Psychological Bulletin*, 67, 41-57.
- Egeth, H. E. & Yantis, S. (1997). *Visual attention: Control, representation, and time course*. *Annual Review of Psychology*, 48, 269-297.
- Eriksen, B. A. & Eriksen C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
- Fecteau, J. H. & Munoz, D. P. (2005). Correlates of capture of attention and inhibition of return across stages of visual processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1714-1727.
- Fecteau, J. H. & Munoz, D. P. (2006). Saliency, relevance, and firing: a priority map for target selection. *Trends in Cognitive Science*, 10, 382-390.
- Folk, C. L. & Remington, R. (2010). A critical evaluation of the disengagement hypothesis. *Acta Psychologica*, 135, 103-105.
- Folk, C. L., Remington, R. W. & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1030-1044.
- Fries, P., Reynolds, J. H., Rorie, A. E. & Desimone, R. (2001). Modulation of oscillatory neuronal synchronization by selective visual attention. *Science*, 291, 1560-1563.

- Fuchs, I. & Ansorge, U. (2012a). Unconscious cueing via the superior colliculi: Evidence from searching for onset and color targets. *Brain Sciences*, 2, 33-60.
- Fuchs, I. & Ansorge, U. (2012b). Inhibition of return is no hallmark of exogenous capture by unconscious cues. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 30, 1-8.
- Fuchs, I., Ansorge, U. & Theeuwes, J. (2011). Attentional capture by subliminal abrupt-onset cues. *Perception*, 40, 69.
- Gandhi, N. J. & Katnani, H. A. (2011). Motor functions of the superior colliculus. *Annual Review of Neuroscience*, 34, 205-31.
- Godijn, R. & Theeuwes, J. (2004). The relationship between inhibition of return and saccade trajectory deviations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30, 538-554.
- Goldberg, M. E. & Wurtz, R. H. (1972). Activity of superior colliculus in behaving monkey: I. Visual receptive fields of single neurons. *Journal of Neurophysiology*, 35, 542-559.
- Green, D. M. & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley.
- Greenwald, A. G., Draine, S. C. & Abrams, R.L. (1999). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 273, 1699–1702.
- Gunther, K. L. & Dobkins, K. R. (2002). Individual differences in chromatic (red/green) contrast sensitivity are constrained by the relative number of L- versus M-cones in the eye. *Vision Research*, 42, 1367-1378.
- Held, B., Ansorge, U. & Müller, H. (2010). Masked singleton effects. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72, 2069-2086.
- Henderickx, D., Maetens, K. & Soetens, E. (2012). The involvement of bottom-up saliency processing in endogenous inhibition of return. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74, 285-299.

- Itti, L. & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 194-203.
- Ivanoff, J. & Klein, R. M. (2003). Orienting of attention without awareness is affected by measurement-induced attentional control settings. *Journal of Vision*, 3, 32-40.
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology* (Vol. 1). New York: Henry Holt.
- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. B. Long & A. D. Baddeley (Hrsg.), *Attention and Performance IX* (S. 187–203). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kaplan, E. & Shapley, R. M. (1986). The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low contrast sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.*, 83, 2755-2757.
- Karremans, J. C., Stroebe, W. & Claus, J. (2006). Beyond Vicary's fantasies: The impact of subliminal priming and brand choice. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42, 792-798.
- Kingstone, A. & Pratt, J. (1999). Inhibition of return is composed of attentional and oculomotor processes. *Perception & Psychophysics*, 61, 1046–1054.
- Klein, R. M. (1980). Does oculomotor readiness mediate cognitive control of visual attention. In R. Nickerson (Hrsg.), *Attention and Performance VIII* (S. 259-276). Hillsdale: Erlbaum.
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 138–147.
- Klein, R. M., Munoz, D. P., Dorris, M. C. & Taylor, T. L. (2001). Inhibition of return in monkey and man. In C. Folk & B. Gibson (Hrsg.), *Attraction, distraction, and action: Multiple perspectives on attention capture* (S. 27–47). Amsterdam: Elsevier.
- Koch, C. & Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4, 219–227.

- Krummenacher, J., Müller, H. J. & Heller, D. (2003). Dimensionsbasierte Aufmerksamkeit bei visueller Suche. *Psychologische Rundschau*, 54, 24-34.
- Lachman, R., Lachman, J. L. & Butterfield, E. C. (1979). *Cognitive psychology and information processing: An introduction*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lamme, V. A. F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 12-18.
- Lamme, V. A. F. & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends Neuroscience*, 23, 571-579.
- Lock, T. M., Baizer, J. S. & Bender, D. B. (2003). Distribution of corticotectal cells in macaque. *Experimental Brain Research*, 151, 455 – 470.
- Luck, S. J. & Hillyard, S. A. (1994). Spatial filtering during visual search: Evidence from human electrophysiology. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1000–1014.
- Lupiáñez, J., Klein, R. M. & Bartolomeo, P. (2006). Inhibition of return: Twenty years after. *Cognitive Neuropsychology*, 23, 1003-1014.
- Mack, A. & Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McCormick, P. A. (1997). Orienting attention without awareness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 168–180.
- Milek, P. M., Smilek, D. & Eastwood, J. D. (2001). Perception without awareness: perspectives from cognitive psychology. *Cognition*, 79, 115-134.
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 56-60.
- Mulckhuysen, M. & Theeuwes, J. (2010). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: A review of the literature. *Acta Psychologica*, 134, 299-309.

- Mulckhuysen, M., Talsma, D. & Theeuwes, J. (2007). Grabbing attention without knowing: Automatic capture of attention by subliminal spatial cues. *Visual Cognition*, 15, 779-788.
- Müller, H. J. & Krummenacher, J. (2002). Aufmerksamkeit. In J. Müsseler & W. Prinz (Hrsg.). *Allgemeine Psychologie* (S. 119 – 177). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Müller, H. J. & O'Grady, R. B. (2000). Dimension-based visual attention modulates dual-judgment accuracy in Duncan's (1984) one- versus two-object report paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1332-1351.
- Müller, H. J. & Rabbitt, P. M. A. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 315–330.
- Müller, H. J., Heller, D. & Ziegler, J. (1995). Visual search for singleton feature targets within and across feature discriminations. *Perception & Psychophysics*, 57, 1-17.
- Nevin, J. A. (1969). Signal detection theory and operant behavior. A review of David M. Green and John A. Swets' signal detection theory and psychophysics. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12, 475-480.
- Olivers, C. N. L. & Hickey, C. (2010). Priming resolves perceptual ambiguity in visual search: Evidence from behavior and electrophysiology. *Vision Research*, 50, 1362–1371.
- Olson, C. R. (2001). Object-based vision and attention in primates. *Current Opinions in Neurobiology*, 11, 171–179.
- 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. In H. Bouma & D. G. Bouwhuis (Hrsg.), *Attention and Performance X* (S. 531-556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Rafal, R. D., Calabresi, P. A., Brennan, C. W. & Scioloto, T. A. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 673-685.
- Roelfsema, P. R., Lamme, V. A. & Spekreijse, H. (1998). Object-based attention in the primary visual cortex. *Nature*, 395, 376-381.
- Scharlau, I. & Ansorge, U. (2003). Direct parameter specification of an attention shift: Evidence from perceptual latency priming. *Vision Research*, 43, 1351–1363.
- Shen, K., Valero, J., Day, G. S., Paré, M. (2011). Investigating the role of the superior colliculus in active vision with the visual search paradigm. *European Journal of Neuroscience*, 33, 2003-2016.
- Simons, D. J. (2007). Inattentional blindness. *Scholarpedia*, 2(5):3244.
- Simons, D. J. & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059-1074.
- Smith, M. C. (1967). Theories of the psychological refractory period. *Psychological Bulletin*, 67, 202-213.
- Sparks, D. L. (1986). Translation of sensory signals into commands for control of saccadic eye movements: role of primate superior colliculus. *Physiological Reviews*, 66, 118-171 .
- Steinman, B. A., Steinman, S. B. & Lehmkuhle, S. (1997). Transient visual attention is dominated by the magnocellular stream. *Vision Research*, 37, 17-23.
- Taylor, T. L. & Klein, R. M. (1998). On the causes and effects of inhibition of return. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 625-643.

- Taylor, T. L. & Klein, R. M. (2000). Visual and motor effects in inhibition of return. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1639-1656.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51, 599-606.
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135, 77-99.
- Theeuwes, J. & Godijn, R. (2002). Irrelevant singletons capture attention: Evidence from inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 64, 764-770.
- Theeuwes, J. & Van der Burg, E. (2007). The role of spatial and non-spatial information in visual selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 1335-1351.
- Theeuwes, J. & Van der Burg, E. (2011). On the limits of top-down control of visual selection. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 2092-2103.
- Toffanin, P., De Jong, R. & Johnson, A. (2011). The P4pc: an electrophysiological marker of attentional disengagement? *International Journal of Psychophysiology*, 81, 72-81.
- Trappenberg, T. P., Dorris, M. C., Munoz, D. P. & Klein, R. M. (2001). A model of saccade initiation based on the competitive integration of exogenous and endogenous signals in the superior colliculus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 256-271.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.
- Treisman, A. M. (1964). Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 3, 449-459.
- Treisman, A. M. (1988) Features and objects: the fourteenth Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 201-237.

- Viereck, G. S. (1929, 26. Oktober). What life means to Einstein: An interview by George Sylvester Viereck. *The Saturday Evening Post*, S. 117.
- Welford, A. T. (1952). The 'psychological refractory period' and the timing of high-speed performance - A review and a theory. *British Journal of Psychology*, 43, 2-19.
- White, B. J. & Munoz, D. P. (2011). The superior colliculus. In S. Liversedge, I. Gilchrist & S. Everling (Hrsg.), *Oxford handbook of eye movements* (S. 195–213). New York: Oxford University Press.
- Wood, N. L. & Cowan, N. (1995). The cocktail party phenomenon revisited: Attention and memory in the classic selective listening procedure of Cherry (1953). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 21, 255-260.
- Yantis, S. & Egeth, H. E. (1999). On the distinction between visual salience and stimulus-driven attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 661-676.
- Zhaoping, L. (2008). Attention capture by eye of origin singletons even without awareness - A hallmark of a bottom-up saliency map in the primary visual cortex. *Journal of Vision*, 8, 1–18.

7. Anhang

7.1. Abstract (dt.)

Mulckhuysen, Talsma und Theeuwes (2007) präsentierten Hinweisreize unter der Bewusstseinschwelle und demonstrierten den klassischen biphasischen Effekt (auf Erleichterung folgt eine Rückkehrhemmung), der die exogene Aufmerksamkeitserfassung charakterisiert. Um zu testen, welche Aufmerksamkeitseffekte unterschwellige Hinweisreize, die farblich mit den Zielen übereinstimmen konnten, erzeugen, wurde eine modifizierte Version von Mulckhuysen et al. (2007) angewandt. Der Unterschied liegt in der systematischen Manipulation des Farbkontrastes von Hinweis- und Zielreiz. Im Einklang mit der Bottom-up-Hypothese (= reizgesteuerte Aufmerksamkeitserfassung) zogen alle Hinweisreize unabhängig von ihrer farblichen Übereinstimmung Aufmerksamkeit an. Die Aufmerksamkeitserfassung erfolgte mittels der Colliculi superiores, die für Kontrastveränderungen sehr sensibel sind. Das plötzliche Auftreten der Hinweisreize verstärkte den wahrgenommenen Kontrast. Allerdings konnte der klassische biphasische Effekt nicht repliziert werden. Es wurde zwar ein Erleichterungseffekt gemessen, die Rückkehrhemmung blieb jedoch aus.

7.2. Abstract (engl.)

Mulckhuysen, Talsma and Theeuwes (2007) presented abrupt onset cues below subjective threshold and observed the classic biphasic effect of facilitation followed by inhibition. The present study has been conducted to examine the attentional mechanisms which underlie unconscious abrupt onset color or black cues. Therefore, the design of Mulckhuysen et al. (2007) has been modified: cue-target-contrasts were manipulated systematically. In accordance with the bottom-up-hypotheses of attention (i.e. stimulus-driven attentional capture) all cues captured attention regardless of the cue color via the superior colliculus, which is very sensitive to contrast changes elicited by abrupt visual onsets. However, the classic biphasic effect couldn't be replicated: the measured facilitation was not followed by inhibition.

7.3. Lebenslauf

Persönliche Daten

| | |
|--------------------|------------------|
| Name | Verena Kleissner |
| Geburtsdatum | 15.12.1989 |
| Staatsbürgerschaft | Österreich |
| Familienstand | ledig |

Schulbildung

| | |
|--------------|--|
| Seit WS 2010 | Universitätslehrgang psychotherapeutisches Propädeutikum |
| Seit WS 2008 | Studium der Psychologie an der Universität Wien |
| 2000 – 2008 | Bundesgymnasium Untere Bachgasse in Mödling |
| 1996 – 2000 | Volksschule Wiener Neudorf |

Praxiserfahrung

| | |
|------------------------|---|
| Juli 2011 | Integrative Kinderbetreuerin der NÖ Volkshilfe (2 Wochen) |
| August – Dezember 2010 | Praktikum im Landesklinikum Thermenregion Baden im Ausmaß von 480 Stunden auf der Station für Integrierte Psychosomatik |
| Juli 2009, Juli 2010 | Familienbetreuerin der Wiener Jugenderholung (jeweils 4 Wochen) |
| Seit Oktober 2009 | Ordinationsassistentin bei Dr. Andreas Schaller, Facharzt für Orthopädie und orthopädische Chirurgie |
| August 2009 | Deutschtrainerin bei Austrian Holidays (2 Wochen) |
| August (2005/06/07/08) | NÖ Landes- Pensionisten- und Pflegeheim Mödling (Ferialaushilfskraft, jeweils 4 Wochen) |