



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Unbewusste visuelle Verarbeitung von Farbe und Kontrast:
Subjektiv gegen objektiv luminanzegalisierte Zielreize

verfasst von

Andrea Maria Fischer

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl: A 298

Studienrichtung: Diplomstudium Psychologie

Betreuerin: Mag. Dr. Isabella Fuchs-Leitner

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen besonderen Dank meiner Familie widmen. Ihr habt mir das Studium nicht nur finanziell ermöglicht, sondern seid mir auch stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden und habt mich moralisch unterstützt.

Auch möchte ich mich in besonderer Weise bei meinem Freund Thomas für seinen emotionalen Beistand über die letzten Jahre hinweg bedanken.

Ich bin sehr dankbar für die wissenschaftliche Betreuung durch Frau Mag. Dr. Fuchs-Leitner. Ohne ihre fachliche Unterstützung wäre mir diese Arbeit kaum gelungen.

Zu guter Letzt möchte ich noch meinen Versuchspersonen für ihre geduldige Teilnahme an meinem Experiment danken.

Kurzbeschreibung

Im Experiment zu vorliegender Diplomarbeit wurde überprüft, ob subliminal präsentierte Onset-Hinweisreize zielgesteuert oder reizgesteuert verarbeitet werden, wenn die Versuchspersonen auf der Suche nach entweder Kontrast- oder Farbzielreizen sind. Darüber hinaus wurde getestet, ob unbewusste Aufmerksamkeit tatsächlich eine durch Kontrastunterschiede hervorgerufene Aufmerksamkeitsverlagerung, gesteuert durch die Neuronen der Colliculi superiores, darstellt.

Den Versuchspersonen wurden zwei Aufgaben gestellt: eine Zielreizdetektionsaufgabe und eine Sichtbarkeitsüberprüfung der subliminalen Hinweisreize. In der Zielreizdetektionsaufgabe sollten die Versuchspersonen nach objektiv luminanzegalisierten Zielreizen oder nach subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen suchen. Bei Einblendung der Zielreize galt es eine Taste zu drücken. In Übereinstimmung mit der reizgesteuerten Sichtweise der Aufmerksamkeitsverlagerung zogen die unbewussten schwarzen Onset-Hinweisreize die Aufmerksamkeit auf sich, unabhängig davon ob die Versuchspersonen nach objektiv oder subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen gesucht hatten. In der Sichtbarkeitsüberprüfung wurde die Sichtbarkeit der Hinweisreize mit einer Auswahl an Durchgängen aus der ersten Aufgabe überprüft. Die Versuchspersonen wurden informiert, dass stets ein Hinweisreiz kurz vor den Platzhaltern und dem Zielreiz präsentiert wird. Die Versuchspersonen sollten nun angeben, an welcher Position die Hinweisreize gezeigt wurden und dann eine Taste auf der korrespondierenden Seite der Computertastatur drücken. Die Versuchspersonen berichteten, dass es ihnen nicht möglich war die Hinweisreize wahrzunehmen. Deshalb wird angenommen, dass die Hinweisreize unter der subjektiven Wahrnehmungsschwelle der Versuchspersonen lagen.

Zusammenfassend entsprechen die erzielten Ergebnisse bei verwendetem Paradigma der reizgesteuerten Sichtweise der Aufmerksamkeitsverlagerung und unterstützen die Annahme, dass schwarze Onset-Hinweisreize die Aufmerksamkeit bottom-up auf sich ziehen, unabhängig von den zu suchenden Zielreizen.

Schlagwörter: visuelle Aufmerksamkeit, subliminale Hinweisreize, Top-down, Bottom-up, Colliculi superiores, Luminanz, Kontrast, Farbe

Abstract

In the current study we investigated whether abrupt-onset cues, which were presented subliminal, capture attention in a top-down or a bottom-up manner, as the participants were searching for contrast or colour targets. Moreover we tested, if indeed subliminal attention reflected contrast-elicited attentional capture mediated by the Superior Colliculi.

Two tasks were completed: a subliminal cueing task and a subsequent visibility check of the subliminal cues in a separate block. In the subliminal cueing task participants had to search for objectively luminance-egalized coloured targets or subjectively luminance-egalized coloured targets. They had to report if a target was presented by pressing the space bar. In line with the bottom-up theory of attention, unconscious black abrupt-onset cues, which were defined by contrast, captured attention regardless of whether the coloured targets were objectively or subjectively luminance-egalized. In the visibility check the cue visibility was assessed with the same trials. Participants were informed that a cue appeared one frame earlier than the additional placeholders and targets. The participants had to indicate at which position the cue was presented and press a key on the corresponding side of the keyboard. Most of the participants reported complete subjective unawareness of the cue in the visibility check of the subliminal cues.

In sum, the results support the assumption that subliminal abrupt-onset cues capture attention in a bottom-up manner in this paradigm, independently of whether the participants are searching for contrast or colour targets. This finding is consistent with prior results emphasizing the special role of stimulus-driven capture for abrupt-onset cues.

Keywords: visual attention, subliminal cueing, top-down, bottom-up, Superior Colliculi, luminance, contrast, colour

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	13
2. Theoretische Grundlagen.....	16
2.1 Visuelle Aufmerksamkeit und visuelle Bewusstheit.....	16
2.1.1 Psychologisch-theoretischer Ansatz.....	16
2.1.2 Neurobiologischer Ansatz.....	17
2.2 Selektive visuelle Aufmerksamkeit.....	18
2.2.1 Merkmals- oder dimensionsbasierte Aufmerksamkeit.....	19
2.2.2 Objektbezogene Aufmerksamkeit.....	20
2.2.3 Orts- oder raumbasierte Aufmerksamkeit.....	21
2.3 Aufmerksamkeitssteuerung.....	24
2.3.1 Offene und verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung.....	24
2.3.2 Erleichterungseffekte.....	26
2.3.3 Rückkehrhemmung.....	26
2.3.4 Top-down-Verarbeitung.....	29
2.3.5 Bottom-up-Verarbeitung.....	30
2.3.6 Selektions- und Belohnungsvorgeschichte.....	32
2.3.7 Maskieren von Hinweisreizen.....	33
2.4 Aktuelle Forschungsergebnisse.....	34
2.4.1 Top-down-Verarbeitung von supraliminalen Hinweisreizen.....	34
2.4.2 Top-down-Verarbeitung von subliminalen Hinweisreizen.....	35
2.4.3 Bottom-up-Verarbeitung von supraliminalen Hinweisreizen.....	36
2.4.4 Bottom-up-Verarbeitung von subliminalen Hinweisreizen.....	37
2.5 Biologische Grundlagen.....	39
2.5.1 Colliculi-superiores-Hypothese.....	40
2.6 Physikalische Grundlagen.....	44
2.6.1 Heterochromatische Flicker-Fotometrie.....	44
3. Forschungsfragen und Hypothesen.....	46
3.1 Präzisierung der Fragestellung.....	46
4. Methoden.....	49
4.1 Versuchspersonen.....	49
4.2 Apparatur.....	50

4.3 Durchführung der Untersuchung.....	51
4.3.1 Reizmaterial des heterochromatischen Flickers	51
4.3.2 Durchführung des heterochromatischen Flickers	51
4.3.3 Reizmaterial des Experiments	53
4.3.4 Durchführung des Experiments	54
5. Ergebnisse	57
5.1 Zielreizdetektionsaufgabe	57
5.2 Sichtbarkeitsüberprüfung der subliminalen Hinweisreize	61
6. Diskussion.....	63
7. Ausblick	67
8. Literaturverzeichnis	68
9. Abbildungsverzeichnis.....	76
10. Tabellenverzeichnis	77
11. Abkürzungsverzeichnis.....	78
Curriculum Vitae	79

1. Einleitung

Ich möchte meine Diplomarbeit mit einem einführenden Beispiel zum Thema Aufmerksamkeit beginnen:

Stellen Sie sich folgendes Alltagsszenario vor:

Heute möchten Sie sich mit einer Bekannten im Kino treffen, denn der Blockbuster-Film der Saison ist angelaufen. Da Sie allerdings länger arbeiten müssen, hält Ihre Bekannte gewissenhaft einen Platz neben sich im Kinosaal frei. Als Sie dann verspätet im Kino ankommen, entdecken Sie Ihre Bekannte erst nachdem Sie Ihren Blick des Öfteren über die Menge schweifen lassen. Die Bekannte ist verblüfft: „Komisch, dass du mich nicht gesehen hast, ich habe dir doch permanent gewunken?!“ Der Film beginnt kurz darauf und Sie widmen sich ganz dem Geschehen auf der Leinwand. Nach einer intensiven Dialogszene zwischen den beiden Hauptdarstellern beginnt Ihre Bekannte neben Ihnen zu kichern. „Was? Das ist dir nicht aufgefallen? Zuerst hatte der eine Schauspieler ein Cocktailglas in der Hand, dann ein Schnitt, der Schauspieler hat einen Teller in der Hand, dann ein weiterer Schnitt, und er hat schlussendlich wieder das Cocktailglas in der Hand. Dass dem Regisseur dieser Fehler nicht aufgefallen ist!“

Der Mensch lebt in einer Welt, die mit visuellen Reizen angefüllt ist. Doch es gelingt ihm nicht alle Reize bewusst wahrzunehmen. Wie das oben angeführte Beispiel verdeutlichen sollte, sind die bewussten Wahrnehmungskapazitäten beschränkt. Nur eine bestimmte Menge an Energie wird dem Gehirn für seine Arbeit zur Verfügung gestellt und von dieser Teilmenge kann wiederum nur eine bestimmte Menge für Aufmerksamkeitsprozesse abgezweigt werden (Carrasco, 2011). Das erste Beispiel in der erwähnten Alltagssituation bezieht sich auf die Unaufmerksamkeitsblindheit (engl. *inattentional blindness*). Die Unaufmerksamkeitsblindheit tritt dann ein, wenn sich eine Person konzentriert einer Aufgabe widmet und plötzlich ein unerwarteter Reiz auftritt. Wenn die Person nach der Aufgabe zu diesem Reiz befragt wird, wird sie überrascht sein, denn ihr ist der zusätzliche Reiz oftmals nicht aufgefallen. Ihr Aufmerksamkeitsfokus lag auf der eigentlichen Aufgabe, der unerwartete Reiz ist der Person schlichtweg entgangen (Simons, 2000).

Das zweite Beispiel der Alltagssituation beschäftigt sich mit der Veränderungsblindheit (engl. *change blindness*). Die Veränderungsblindheit tritt dann ein, wenn eine Person eine Szene betrachtet und sich dann eines oder mehrere der dargebotenen Objekte verändert. Eine Veränderung ist vielfältig umsetzbar: Das Objekt kann seine Farbe oder Position ändern, es kann komplett verschwinden oder seine Identität ändern. Solch ein Wechsel der Gegebenheiten kann unter Umständen gar nicht auffallen, auch wenn er dramatisch ist (Lamme, 2003; Simons & Levin, 1997).

Dass die Wahrnehmungskapazitäten limitiert sind, belastet den Menschen in seinem alltäglichen Leben nicht sonderlich. Denn auch nicht alle visuellen Reize sind tatsächlich informativ und essentiell, um Verpflichtungen nachzukommen und Aufgaben zu lösen. Die selektive visuelle Aufmerksamkeit unterstützt den Menschen dabei die wichtigsten Informationen aus der Umwelt zu filtern, kann somit Konflikte zwischen konkurrierenden Reizen minimieren und erleichtert die Auswahl nur einer folgenden Handlung. Posner, Petersen, Fox und Raichle (1988) nennen diese Form der Aufmerksamkeit auch "Aufmerksamkeit für Aktion" (engl. *attention for action*).

Doch nach welchen Kriterien werden visuelle Reize denn selektiert? Welchen visuellen Reizen gelingt es die Aufmerksamkeit und die Blicke des Menschen auf sich zu ziehen? Welche visuellen Reize hinterlassen einen bleibenden Eindruck im Gedächtnis?

Seit über 25 Jahren und insbesondere in den letzten 15 Jahren ist das Interesse an Prozessen der visuellen Aufmerksamkeit stetig gestiegen (Carrasco, 2011). Zwei gegensätzliche Ansätze werden rege diskutiert (vgl. Burnham, 2007): Die Vertreter des zielgesteuerten Ansatzes (engl. *top-down* bzw. *goal-driven*) sind der Meinung, dass die Aufmerksamkeit des Menschen nur dann auf einen Reiz verlagert wird, wenn dieser Reiz Informationen bietet, die zur Lösung einer Aufgabe beitragen können. Der Reiz muss auf die Ziele, Intentionen und Motivationen des Betrachters abgestimmt sein (vgl. Ansorge & Heumann, 2003; Folk, Remington & Johnston, 1992). Im Gegensatz dazu gehen die Vertreter des reizgesteuerten Ansatzes (engl. *bottom-up* bzw. *stimulus-driven*) davon aus, dass es nur einem physisch auffälligen, salienten Reiz gelingt, die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich zu ziehen. Der Reiz muss über hervorstechende Merkmale verfügen, damit die Aufmerksamkeit auf ihn verlagert wird (vgl. Jonides, 1981; Theeuwes, 1992, 1994, 2004; Yantis & Jonides, 1984).

Diese Diplomarbeit möchte einen weiteren Forschungsbeitrag zur Klärung der Debatte über Top-down- und Bottom-up-Verarbeitungsmechanismen leisten. Das Forschungsinteresse liegt besonders auf der unbewussten visuellen Verarbeitung von Farbe und Kontrast. Im Experiment zu vorliegender Diplomarbeit werden den Versuchspersonen subliminale Hinweisreize unter der Schwelle des Bewusstseins präsentiert. Es wird geprüft, ob diese unbewussten Hinweisreize reizgesteuerte oder zielgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerungen herbeiführen. Den Versuchspersonen werden zwei unterschiedliche Arten von Zielreizen präsentiert: Einerseits objektiv luminanzegalisierte Zielreize, deren Luminanz mit Hilfe eines Fotometers an den Bildschirmhintergrund angeglichen wurde. Diese Zielreize verfügen möglicherweise noch über subjektive Kontrastunterschiede zum Bildschirmhintergrund, die von den Versuchspersonen unterschiedlich stark wahrgenommen werden. Andererseits werden subjektiv luminanzegalisierte Zielreize verwendet, bei denen die Luminanz des Zielreizes von jeder Versuchsperson individuell, unter Verwendung einer heterochromatischen Flicker-Fotometrie, an den Bildschirmhintergrund angepasst wurde. Diese Zielreize heben sich nur noch aufgrund ihrer Farbinformationen vom Hintergrund ab und sollten keinen subjektiven Kontrastunterschied zum Hintergrund aufweisen.

Der Abschnitt 2. *Theoretische Grundlagen* widmet sich den Anfängen der Forschung zum Thema visuelle Aufmerksamkeit. Es werden die wichtigsten Paradigmen und theoretischen Begrifflichkeiten erläutert und eine Auswahl an theoretischen Bezügen und aktuellen Forschungsergebnissen aufgeführt. In Abschnitt 3. *Forschungsfragen und Hypothesen* werden die Forschungsfragen und Hypothesen zum Experiment der vorliegenden Diplomarbeit präzisiert. Der Abschnitt 4. *Methoden* behandelt den konkreten Aufbau und die Durchführung der Untersuchung. In Abschnitt 5. *Ergebnisse* werden die Ergebnisse der Untersuchung präsentiert, um dann in Abschnitt 6. *Diskussion* unter Berücksichtigung anderer Forschungsarbeiten besprochen zu werden. Ein kurzer Blick in die Zukunft soll in Abschnitt 7. *Ausblick* gegeben werden und eine mögliche Weiterführung dieser Serie an Experimenten aufzeigen.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Visuelle Aufmerksamkeit und visuelle Bewusstheit

Die visuelle Aufmerksamkeit ist ein sehr beliebtes Forschungsthema der experimentellen Psychologie. Viele Forschende haben sich bereits mit dem Thema auseinandergesetzt und der Begriff „visuelle Aufmerksamkeit“ ist sehr facettenreich. Lamme (2003) griff in seiner Forschungsarbeit diese Problematik auf und versuchte die visuelle Aufmerksamkeit (engl. *attention*) vom visuellen Bewusstsein (engl. *awareness*) abzugrenzen. Dazu beschrieb er zwei Forschungsansätze: den psychologisch-theoretischen Ansatz und den neurobiologischen Ansatz.

Denn wie bereits in Abschnitt *1. Einleitung* erwähnt, lebt der Mensch in einer visuellen Welt. Er erfasst ständig viele Reize mit seinen Augen, doch nur wenigen Reizen gelingt es auch in das Bewusstsein des Menschen vorzudringen. Deshalb stellen sich Forschende aktuell die Frage, was das neuronale Korrelat des Bewusstseins (engl. *neural correlate of consciousness*) ist. Welche neuronale Aktivierung kann im Gehirn Bewusstsein erzeugen (Crick & Koch, 1998, zitiert nach Lamme, 2003)?

2.1.1 Psychologisch-theoretischer Ansatz

Zunächst kritisiert Lamme (2003) die undurchsichtigen Begriffsunterscheidungen im viel diskutierten psychologisch-theoretischen Ansatz. Die Begriffe „Aufmerksamkeit“ und „Bewusstsein“ sind nicht klar voneinander getrennt. Lamme (2003) schlägt ein Konzept vor, bei dem zuerst über das Bewusstsein eines Reizes entschieden werden muss (s. *Abbildung 1*). Nun kann ein Reiz bewusst oder unbewusst sein. Falls der Reiz bewusst ist, soll geklärt werden, ob der Reiz auch beachtet wird oder unbeachtet bleibt. Einem Menschen können viele visuelle Reize bewusst sein, aber wenn diesen Reizen keine Aufmerksamkeit zuteilwird, dann geraten sie schnell in Vergessenheit.

So können Sie sich, wenn Sie öffentliche Verkehrsmittel benutzen, bewusst sein, dass ein anderer Fahrgast sich neben Sie setzt. Doch nur wenn Sie diesen Fahrgast auch aufmerksam mustern, können Sie später auch sein Aussehen beschreiben.

Nur wenn einem bewussten Reiz auch Beachtung geschenkt wird, kann der Mensch auch Auskunft über die Charakteristiken und Merkmale dieses Reizes geben. Lamme (2003)

plädiert somit für ein Konzept in dem die Aufmerksamkeit unabhängig vom Bewusstsein agiert.

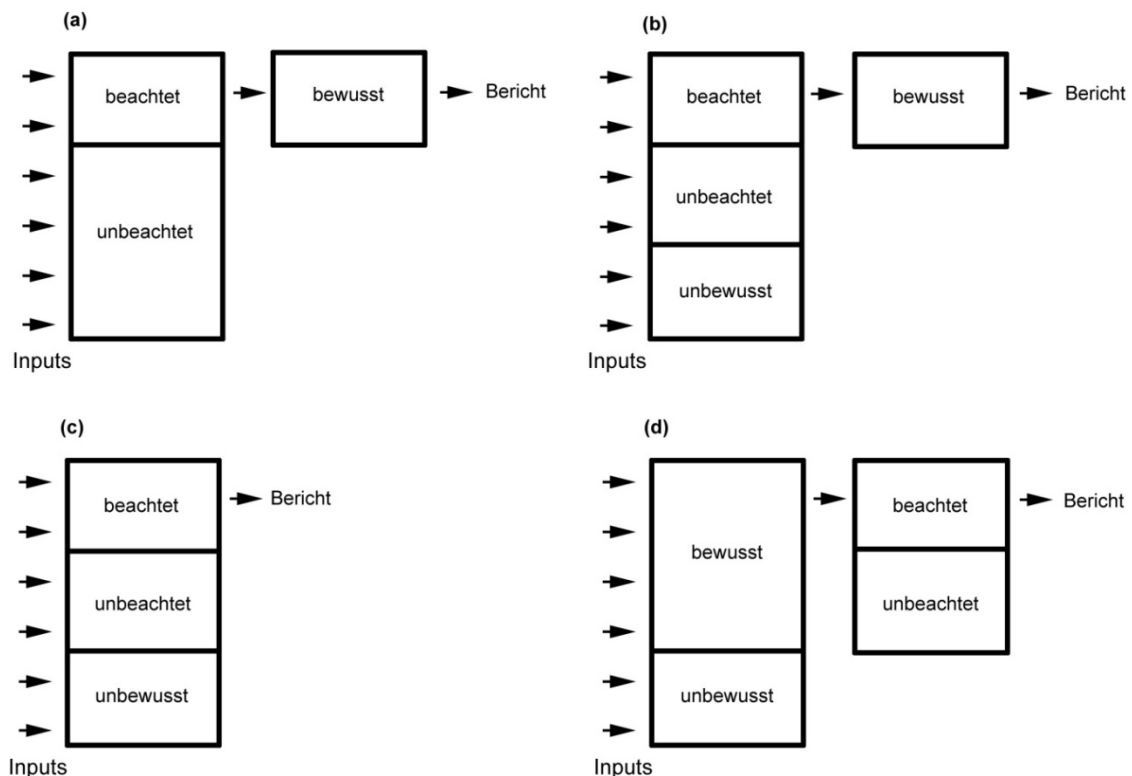


Abbildung 1. Schematische Darstellung der vier Konzepte der Bewusstwerdung eines Reizes (adaptiert nach Lamme, 2003). Bei Konzept (a) bestimmt die Aufmerksamkeit, ob ein Reiz bewusst wird. Bei Konzept (b) wird „unbewusst“ als zusätzliche Unterscheidung eingeführt. Bei den Konzepten (a) und (b) wird Bewusstwerdung mit Aufmerksamkeitszuwendung gleichgesetzt, deshalb ist eine Unterscheidung der zwei Begriffe in Konzept (c) nicht mehr nötig. Lamme (2003) vertritt jedoch ein Konzept (d), bei dem viele Reize bewusst sind, jedoch nur einige beachtet werden und auch nur diese tatsächlich bewusst werden.

2.1.2 Neurobiologischer Ansatz

Im neurobiologischen Ansatz erklärt Lamme (2003), dass Aufmerksamkeit auch stets ein selektiver Prozess ist. Wenn der Mensch seine Aufmerksamkeit selektiv auf einen Reiz richtet, kommt es zu einer gesteigerten (Desimone & Duncan, 1995) und synchronen (Fries, Reynolds, Rorie & Desimone, 2001) Aktivität der Neuronen. Mit dieser Aktivierung werden die beachteten Reize verarbeitet und rufen selbst eine gesteigerte Aktivität der parietalen und frontalen Regionen des Gehirns hervor (Driver, 2001). Wenn ein Reiz aus einer Masse an Reizen ausgewählt wird, dann kommt ihm in weiterer Folge eine bevorzugte Behandlung zu. Er wird effizienter verarbeitet und gespeichert und kann das Handeln und Denken des Menschen stärker beeinflussen. Darüber hinaus kann der Mensch sich detaillierter und intensiver an ihn erinnern und über ihn berichten (Desimone & Duncan, 1995; Egeth & Yantis, 1997).

Einem salienten Reiz gelingt es oft, dass die Menschen ihre Aufmerksamkeit unfreiwillig auf ihn verlagern. Der saliente Reiz verfügt nämlich über besonders hervorstechende Merkmale. Er kann ein Lichtreiz in einer abgedunkelten Umgebung sein, ein Reiz in Bewegung in einem statischen Umfeld, oder er kann durch eine besonders kräftige Farbgebung oder eine interessante Form aus der Masse herausragen (Lamme, 2003).

Auch ein Reiz, der dem Reiz davor in gewissen Charakteristiken ähnlich ist, kann schneller und bevorzugt verarbeitet werden. Der vorangehende Reiz hat bereits Verarbeitungsmechanismen ausgelöst und die unterschiedlichsten Neuronen aktiviert und gehemmt. Somit wurde der Weg für den darauffolgenden ähnlichen Reiz geebnet und dieser profitiert von der gelegten Aktivierungsspur. Dieses Phänomen ist auch unter dem Namen „Priming der Aufmerksamkeit“ (engl. *attentional priming*) bekannt (Dehaene, Naccache, Le Clec’h, Koechlin, Mueller, Dehaene-Lambertz, Van de Moortele & Bihan, 1998, zitiert nach Lamme, 2003).

Zusammenfassend erklärte Lamme (2003), dass viele Faktoren für die Bevorzugung von bestimmtem Reizmaterial herangezogen werden. Auch endogene Faktoren, wie die Ziele und Intentionen des Betrachters, seine gespeicherten Erinnerungen im Kurz- und Langzeitgedächtnis und selbstverständlich auch sensorische Mechanismen können auf diesen Verarbeitungsprozess Einfluss nehmen. Aus neurobiologischer Sicht erreicht ein Reiz erst dann das Bewusstsein des Menschen, wenn er es schafft auch nach der ersten Flut an Aktivierungen und Informationen (engl. *feedforward sweep*) neuronale Aktivität hervorzurufen. Der Feedforward Sweep wird bereits 40 ms nach dem Auftreten des Reizes in die Wege geleitet. Aber nur wenn ein Reiz wiederholt und vertiefend in höheren visuellen Arealen verarbeitet wird (engl. *recurrent processing*), wird er auch bewusst.

2.2 Selektive visuelle Aufmerksamkeit

Dieser Abschnitt soll sich nun konkret der selektiven visuellen Aufmerksamkeit widmen. Carrasco (2011) fasst grundlegend drei Arten von selektiver visueller Aufmerksamkeit zusammen:

1. Die merkmals- oder dimensionsbasierte Aufmerksamkeit (engl. *feature-based attention*) beschreibt die selektive Verlagerung der Aufmerksamkeit auf bestimmte Merkmale und Charakteristiken des Reizmaterials.

2. Die objektbezogene Aufmerksamkeit (engl. *object-based attention*) beschreibt die selektive Verlagerung der Aufmerksamkeit auf nur ein bestimmtes Objekt zu einem bestimmten Zeitpunkt.
3. Die orts- oder raumbasierte Aufmerksamkeit (engl. *spatial attention*) beschreibt die selektive Verlagerung der Aufmerksamkeit zu einer bestimmten, spezifischen abstrakten räumlichen Position.

Diese drei sehr unterschiedlichen Arten von selektiver visueller Aufmerksamkeitsverlagerung haben natürlich generell einen beträchtlichen Einfluss auf die visuelle Aufmerksamkeit. Dieser Einfluss muss aber nicht zwingend ein Nachteil sein. Durch diese Mechanismen wird das visuelle System optimiert und die knappen Ressourcen werden optimal genutzt (Carrasco, 2011).

Das Experiment der vorliegenden Diplomarbeit beschäftigt sich mit der orts- oder raumbasierten selektiven Verlagerung der Aufmerksamkeit. Den bedeutendsten Paradigmen dieser Art von visueller Aufmerksamkeit ist der Abschnitt 2.2.3 *Die orts- oder raumbasierte Aufmerksamkeit* gewidmet.

Zum Zwecke der Vollständigkeit dieser Diplomarbeit und Vergleichbarkeit der drei Arten von selektiver visueller Aufmerksamkeit soll in den folgenden Abschnitten noch ein jeweils kurzer Überblick über zwei weitere Arten der visuellen Aufmerksamkeit gegeben werden.

2.2.1 Merkmals- oder dimensionsbasierte Aufmerksamkeit

Die bekanntesten Vertreter dieser Aufmerksamkeitstheorie sind Allport (1971) und Treisman (1969). Die Theorie besagt, dass die Aufmerksamkeit der Menschen nur auf solche visuellen Reize verlagert wird, die auch über maßgebliche Merkmale und Charakteristiken einer bestimmten Dimension verfügen. Mögliche Dimensionen wären eine bestimmte Form- oder Farbgebung oder auch die Orientierung des Reizes.

In ihrer Arbeit sprach Treisman (1969) von „Analysatoren“ (engl. *analyzer*). Treisman stellte im Zuge ihrer Experimente fest, dass es den Versuchspersonen durchaus möglich ist, Reize, die jeweils unterschiedliche Analysatoren ansprechen, parallel zu verarbeiten. Die Verarbeitungsleistung nahm aber sichtlich ab oder war sogar gänzlich unterbrochen, wenn Reize verarbeitet werden mussten, die über verschiedenste Ausprägungen nur eines

Analysatoren verfügten. Allport (1971) konnte diese gehemmte Verarbeitungsleistung wenige Jahre später bestätigen.

Die Merkmalsintegrationstheorie (engl. *feature-integration theory*) von Treisman und Gelade (1980) baute auf den Ergebnissen von Treisman (1969) und Allport (1971) auf. Am Beginn einer visuellen Suche konnten die Versuchspersonen effizient und parallel unterschiedlichste visuelle Reize oberflächlich wahrnehmen, etwa eine Gruppierung oder Trennung von verschiedenen Farbreizen war denkbar. Wenn die Suchaufgaben aber anspruchsvoller gestaltet wurden und die präsentierten Reize einer detaillierteren Analyse unterzogen werden mussten, konnte das Reizmaterial nur noch seriell verarbeitet werden. Dies war der Fall, wenn die Zielreize nur mit der Identifizierung zweier Dimensionsmerkmale von der Masse zu unterscheiden waren, etwa ein rotes Quadrat unter roten Dreiecken und grünen Quadraten.

Müller, Heller und Ziegler (1995) beschrieben in ihrem *Dimensionsgewichtungsansatz* die selektive, zielgesteuerte Gewichtung von Dimensionen. Die höchste Gewichtung erhält die Dimension, die bei der Suche nach dem Zielreiz am hilfreichsten ist. Dabei gibt es zu beachten, dass nur ein beschränkter Gesamtbetrag an Gewichten verfügbar ist, die man den einzelnen Dimensionen zuweisen kann.

2.2.2 Objektbezogene Aufmerksamkeit

Die Vertreter der objektbezogenen Aufmerksamkeit sind der Meinung, dass nur ein Objekt zu einem bestimmten Zeitpunkt im Fokus der Aufmerksamkeit liegen kann. Duncan (1984) konnte mit seiner Versuchsreihe beweisen, dass diese Art von selektiver Aufmerksamkeitsverlagerung durchaus möglich ist. Er begrenzte den Sehwinkel seiner Versuchspersonen auf unter 1° um eine ortsbasierte Aufmerksamkeit zu eliminieren. Des Weiteren kontrollierte er die Anzahl der Dimensionen, denen sein Reizmaterial entsprach, um auch die Möglichkeit einer merkmalsbasierten Aufmerksamkeit auszuschließen. Er beobachtete, dass, wenn die Versuchspersonen nur ein Objekt aufmerksam betrachten mussten, sie anschließend detailliert über das Objekt und seine Attribute Auskunft geben konnten. Wenn allerdings zwei Objekte überlappend und simultan zu betrachten waren, kam es zu einem Leistungsabfall bei der Objektbeschreibung, denn es war den Versuchspersonen kaum möglich das zweite Objekt zu beschreiben.

2.2.3 Orts- oder raumbasierte Aufmerksamkeit

Die orts- oder raumbasierte Aufmerksamkeit beschreibt die selektive Aufmerksamkeitsverlagerung zu einer spezifischen räumlichen Position. Zwei unterschiedliche Theorien konnten sich etablieren. Posner, Snyder und Davidson (1980) sind Vertreter der Lichtkegel-Metapher (engl. *spotlight*). Mit Hilfe des Hinweisreizparadigmas (s. Abschnitt 2.2.3.2 *Hinweisreizparadigma von Posner (1980)*) kamen Posner et al. (1980) zu dem Schluss, dass der Mensch seine Aufmerksamkeit im visuellen Feld wie einen Lichtkegel verlagern kann. Die Merkmale der „beleuchteten“ Orte können daraufhin schneller und gründlicher verarbeitet werden. Posner et al. (1980) waren der Meinung, dass der Lichtkegel immer über denselben Durchmesser verfügt, kontinuierlich in Bewegung ist und auch ohne Augen- oder Kopfbewegungen auf interessante, informationshaltige Orte verlagert werden kann. LaBerge (1983) war der Lichtkegel-Metapher nicht abgeneigt, aber hielt sie für ausbaufähig. LaBerge beschrieb den Lichtkegel mit einem variablen Durchmesser, der sich an die Aufgabenstellung anpassen konnte. Diese Meinung teilten auch Eriksen und St. James (1986) und sie entwickelten die Zoomlinsen-Metapher (engl. *zoom lens*). Die Zoomlinse verfügt über mehrere „Einstellungsmöglichkeiten“: Wenn die visuelle Aufmerksamkeit nur auf einen sehr kleinen Bereich verlagert wird, dann wird dieser Ausschnitt mit hoher Auflösung dargestellt und deshalb als sehr detailliert wahrgenommen. Je größer der Ausschnitt im visuellen Feld gewählt wird, desto stärker sinkt die Auflösung.

Im Anschluss möchte ich die zwei bekanntesten Paradigmen der orts- oder raumbasierten Aufmerksamkeit näher erläutern, da diese zwei Experimente auch grundlegend zur Etablierung der gerade beschriebenen Metaphern – dem Lichtkegel und der Zoomlinse – beigetragen haben. Von besonderem Interesse für die vorliegende Diplomarbeit ist das Hinweisreizparadigma von Posner (1980). Doch auch auf das Flankierreizparadigma von Eriksen und Eriksen (1974) möchte ich kurz eingehen, um einen umfassenden Einblick in dieses Forschungsfeld zu liefern. Die beiden Paradigmen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Versuchsaufbaus und ihres Reizmaterials. Infolgedessen sind die beiden zusammen ein sehr anschauliches Beispiel dafür, wie vielfältig die Forschung zu einem Bereich der selektiven visuellen Aufmerksamkeit ist.

2.2.3.1 Flankierreizparadigma von Eriksen und Eriksen (1974)

1974 stellten Eriksen und Eriksen das Flankierreizparadigma (engl. *flanker task*) vor. Den Versuchspersonen wurden Buchstabenfolgen, etwa SSSHSSS, präsentiert. Die Aufgabe bestand darin auf den mittleren Buchstaben möglichst schnell zu reagieren. In diesem Durchgang wäre somit H der Zielreiz gewesen. Generell galt, dass, wenn die Buchstaben H und K in der Mitte erschienen, die rechte Taste zu betätigen war und für die Buchstaben S und C musste die linke Taste gedrückt werden. Neben dem mittig gelegenen Zielreiz-Buchstaben waren auf jeder Seite jeweils drei weitere Buchstaben aufgereiht. Diese Buchstaben wurden Flankierer genannt und waren in diesem Paradigma die Störreize. Es gab viele verschiedene Ausführungen der Distraktoren. Entweder waren die Distraktoren genau derselbe Buchstabe (HHHHHHH), ein Buchstabe aus demselben Suchset (KKKHKKK), ein Buchstabe aus dem konträren Suchset (SSSHSSS), ein Buchstabe, der dem Zielreiz-Suchset ähnlich sah (NNNHNNN) oder ein Buchstabe, der dem konträren Suchset ähnlich sah (QQQHQQQ). Zusätzlich wurde der Abstand zwischen den Buchstaben variiert.

Eriksen und Eriksen (1974) kamen zu dem Ergebnis, dass aufgrund der ablenkenden flankierenden Buchstaben die Reaktionszeiten beim Erkennen des Zielreizes zunahmen. Generell gelang es den Versuchspersonen schneller zu antworten, wenn der Zielreiz und die Distraktoren demselben Suchset entstammten, im Gegensatz dazu, wenn sie aus verschiedenen Sets entstammten. Zudem zeigte sich, dass je größer der Abstand zwischen dem Zielreiz und den Distraktoren gewählt wurde, desto weniger lenkten die Distraktoren die Versuchspersonen ab und desto schneller konnten diese die korrekte Taste drücken. Diese Ergebnisse sprechen für die Zoomlinsen-Metapher von Eriksen und St. James (1986).

2.2.3.2 Hinweisreizparadigma von Posner (1980)

Ein weiteres wichtiges Paradigma der orts- oder raumbasierten Aufmerksamkeit ist das Hinweisreizparadigma (engl. *spatial cueing paradigm*). Posner (1980) entwickelte dieses Paradigma als Antwort auf die Forschung zu verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen in den 1970er Jahren. Bis Mitte der 1970er Jahre wurde nämlich vergeblich versucht Effekte der verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen mit dem stets gleichbleibenden Versuchsdesign nachzuweisen: Die Versuchspersonen bearbeiteten einen ganzen Aufgabenblock, bei dem nur eine bestimmte räumliche Position für das Erscheinen des

Zielreizes prädestiniert war (Mertens, 1956, zitiert nach Posner & Cohen, 1984). Die erwarteten Erleichterungseffekte durch verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen blieben aus. Ein Erleichterungseffekt wäre dann gegeben gewesen, wenn es den Versuchspersonen gelungen wäre, schneller auf Reize zu reagieren, die tatsächlich auf der bevorzugten Position präsentiert wurden.

Posner (1980) vermutete daraufhin, dass die Erleichterungseffekte deshalb nicht auftraten, da verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen aktive Prozesse sind. Das bekannte Versuchsdesign bot aber nur sehr passive Bedingungen. Daraufhin entwickelte Posner ein aktiveres Design. Beim Hinweisreizparadigma wurden den Versuchspersonen ortsbezogene zentrale oder periphere Hinweisreize präsentiert (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Diese Hinweisreize wurden kurz vor dem eigentlichen Zielreiz eingeblendet und zeigten nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit die Position des nachfolgenden Zielreizes an.

Bei Verwendung des Hinweisreizparadigmas mit peripheren Hinweisreizen (Posner & Cohen, 1984) richtete die Versuchspersonen ihre Aufmerksamkeit auf einen Fixationspunkt in der Mitte des Bildschirms. Je ein Kästchen befand sich links und rechts neben dem Fixationspunkt. Nun deutete ein Hinweisreiz im rechten Kästchen an, dass mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit der Zielreiz ebenso hier auftreten wird. Der Hinweisreiz war ein salienter Reiz, in diesem konkreten Fall eine Luminanzveränderung. Die Kontur eines Kästchens leuchtete kurz auf. Falls der darauffolgende Zielreiz, ein kleines, helles Kästchen, nun tatsächlich auch im rechten Kästchen erschien, entsprach dies einer validen Bedingung. Erschien der Zielreiz allerdings im linken Kästchen, lag eine nicht-valide Bedingung vor. Der Zielreiz trat mit einer Wahrscheinlichkeit von 60 % im mittleren Kästchen auf, mit einer Wahrscheinlichkeit von jeweils 10 % in einem der peripheren Kästchen und in 20 % der Durchgänge wurde kein Zielreiz angezeigt. Die Aufgabe der Versuchsperson war es eine Taste zu drücken, sobald sie den Zielreiz wahrgenommen hatte.

Bei Verwendung von zentralen Hinweisreizen (Posner, 1980) erschien der Hinweisreiz in der Bildschirmmitte, direkt über dem Fixationspunkt zwischen den beiden Kästchen. Damit die Versuchsperson ihre Aufmerksamkeit auf eines der beiden Kästchen richten konnte, wurden symbolische Hinweisreize (engl. *symbolic cues*) verwendet. Diese Hinweisreize mussten von der Versuchsperson zunächst interpretiert werden. Zumeist

handelte es sich bei den symbolischen Hinweisreizen um Pfeile. Wenn nun auf dem Fixationspunkt ein Pfeil erschien, der nach rechts deutete, und der darauffolgende Zielreiz ebenso im rechten Kästchen erschien, entsprach dieser Durchgang einer validen Bedingung. Erschien der Zielreiz unerwartet im linken Kästchen lag eine nicht-valide Bedingung vor. Wenn am Fixationspunkt ein neutrales Kreuz als Hinweisreiz erschien, wurde der Zielreiz mit gleicher Wahrscheinlichkeit im linken oder rechten Kästchen präsentiert. Der Zielreiz trat mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % an der Position auf, bei der auch der Hinweisreiz präsentiert wurde. In 20 % der Fälle traten Hinweis- und Zielreiz an unterschiedlichen Positionen auf. Erneut sollte die Versuchsperson eine Taste betätigen, wenn sie den Zielreiz wahrgenommen hatte. Bei Verwendung dieses Versuchsdesigns blieben die Versuchspersonen stets wachsam und ihre Aufmerksamkeit wurde aktiv auf das Reizmaterial verlagert.

Sowohl bei Verwendung von peripheren als auch bei zentralen Hinweisreizen konnten Erleichterungseffekte durch verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen festgestellt werden. Den Versuchspersonen gelang es somit schneller auf Zielreize zu antworten, die auch an denselben Positionen wie die vorangehenden Hinweisreize präsentiert wurden.

Posner (1980) beschrieb in seiner Forschungsarbeit zwei Kontrollmodi die für die Steuerung der verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen zuständig sind. Der erste Modus wird endogen (engl. *endogenous*) genannt. Demnach verlagert der Mensch seine visuelle Aufmerksamkeit auf die Reize, die zu seinen Zielen, Intentionen und Motivationen passen. Er bildet ein Suchset aus und verfolgt ein konkretes Ziel. Der zweite Modus ist unter dem Begriff exogen (engl. *exogenous*) bekannt. Folglich wird die visuelle Aufmerksamkeit des Menschen von einem salienten Reiz angezogen. In Anspielung auf die Ausführung von Sakkaden wird der erste Modus auch als *freiwillig* und *kontrolliert* beschrieben und der zweite Modus als *reflexiv* und *automatisch* gekennzeichnet (Jonides, 1981).

2.3 Aufmerksamkeitssteuerung

2.3.1 Offene und verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung

Nachdem nun die Arten der selektiven visuellen Aufmerksamkeit ausführlichst erörtert wurden, wird in diesem Abschnitt ausgeführt, welche Arten von Aufmerksamkeitsverlagerungen generell möglich sind.

Posner (1980) beschreibt in seiner Forschungsarbeit zwei unterschiedliche Arten der Aufmerksamkeitsverlagerungen. Einerseits spricht er von offenen Aufmerksamkeitsverlagerungen (engl. *overt orienting*), die dann eintreten, wenn der Mensch seine Aufmerksamkeit mit Hilfe von Kopf- und Augenbewegungen auf bestimmte Reize verlagert. Diese Art der Aufmerksamkeitsverlagerung wird anhand der Augenbewegungen mit Hilfe eines Eyetrackers gemessen.

Offene Aufmerksamkeitsverlagerungen treten auf, wenn Sie am Straßenrand stehen bleiben und dann gewissenhaft nach links und rechts blicken, um sich zu vergewissern, dass ein sicheres Überqueren der Straße möglich ist.

Andererseits spricht Posner (1980) auch von verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen (engl. *covert orienting*), wobei unabhängig von jeglicher körperlicher Bewegung die Aufmerksamkeit verlagert wird.

Verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen kommen beispielsweise dann zum Einsatz, wenn Sie Auto fahren. Sie fahren die Landstraße entlang und Ihre Aufmerksamkeit ist hauptsächlich auf die Straße vor Ihnen gerichtet. Dennoch können Sie ein nahendes Auto, das zum Überholen ansetzt, aus dem Augenwinkel wahrnehmen, ohne dass Sie den Kopf zur Seite drehen müssen.

Verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen geschehen sehr schnell und sprunghaft. Bei dieser Art der Verlagerung gelingt es dem Menschen mehrere Reize parallel wahrzunehmen. Im Gegensatz dazu arbeitet die offene Aufmerksamkeitsverlagerung seriell. Der Mensch kann seinen Kopf und seine Augen nicht gleichzeitig auf verschiedene, räumlich getrennte Reize ausrichten (Carrasco, 2011).

Auch Rizzolatti, Riggio, Dascola und Umiltà (1987) forschten auf dem Gebiet der Aufmerksamkeitsverlagerungen und entwickelten die Prämotortheorie der Aufmerksamkeit (engl. *premotor theory of attention*). Diese Theorie besagt, dass derselbe Mechanismus für verdeckte und für offene Aufmerksamkeitsverlagerungen zuständig ist, da – aus der Sicht der Autoren – Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen stets zusammenhängen. Bei den verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen werden die Sakkaden zwar motorisch vorprogrammiert, aber in weiterer Folge in ihrer Ausführung gehemmt oder gänzlich abgebrochen. Sakkaden sind sehr schnelle Augenbewegungen, die zwischen den einzelnen Fixationen erfolgen.

Auch beim Experiment zu vorliegender Diplomarbeit sind die Aufmerksamkeitsverlagerungen der Versuchspersonen von Interesse. Um die offenen Aufmerksamkeitsverlagerungen beobachten zu können, wird ein Eyetracker, der die Augenbewegungen der Versuchspersonen erfasst, eingesetzt.

2.3.2 Erleichterungseffekte

Die Erleichterungseffekte (engl. *facilitation*), die in Abschnitt 2.2.3.2 *Das Hinweisreizparadigma von Posner (1980)* beschrieben wurden und die Posner (1980) und Posner und Cohen (1984) erzielen konnten, wurden erstmals von Eriksen und Hoffmann (1973, zitiert nach Posner & Cohen, 1984) beschrieben. Eriksen und Hoffmann (1973) präsentierten ihren Versuchspersonen in einem ansonsten leeren visuellen Feld Hinweisreize, die das Auftreten des Zielreizes mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ankündigen sollten. Wie bei Posner (1980) und Posner und Cohen (1984) konnten die Erleichterungseffekte nur in validen Durchgängen, d.h. wenn der Hinweis- und der Zielreiz an derselben Position auftraten, nachgewiesen werden. In diesen validen Durchgängen gelang es den Versuchspersonen signifikant schneller zu antworten im Vergleich zu nicht-validen Durchgängen.

2.3.3 Rückkehrhemmung

Zusätzlich zu den Erleichterungseffekten konnten Posner und Cohen (1984) noch einen weiteren Effekt bei Verwendung des Hinweisreizparadigmas entdecken.

In ihrer Forschungsarbeit verwendeten Posner und Cohen (1984) das bereits beschriebene Hinweisparadigma mit peripheren Hinweisreizen (s. *Abbildung 2*). Die Versuchspersonen sahen drei Kästchen vor sich. Der Durchgang begann mit einem Hinweisreiz. Die Kontur eines der peripheren Kästchen leuchtete für 150 ms auf. Nach dem Hinweisreiz erschien ein helles, kleines Kästchen in einem der drei großen Kästchen. Das Zeitintervall zwischen Auftreten des Hinweisreizes und Auftreten des Zielreizes (engl. *stimulus onset asynchrony* [SOA]) wurde variiert und betrug 0, 50, 100, 200, 300 oder 500 ms. Der Erleichterungseffekt für valide Durchgänge trat bis zu einem Zeitintervall von 150 ms ein. Am schnellsten antworteten die Versuchspersonen auf Zielreize, die im mittleren Kästchen präsentiert wurden. Dies kann einerseits an der hohen Wahrscheinlichkeit von 60 % des Auftretens des Zielreizes in diesem Kästchen liegen, andererseits aber auch

daran, dass diese Position direkt die Fovea centralis, den Punkt des schärfsten Sehens, anspricht (Posner & Cohen, 1984).

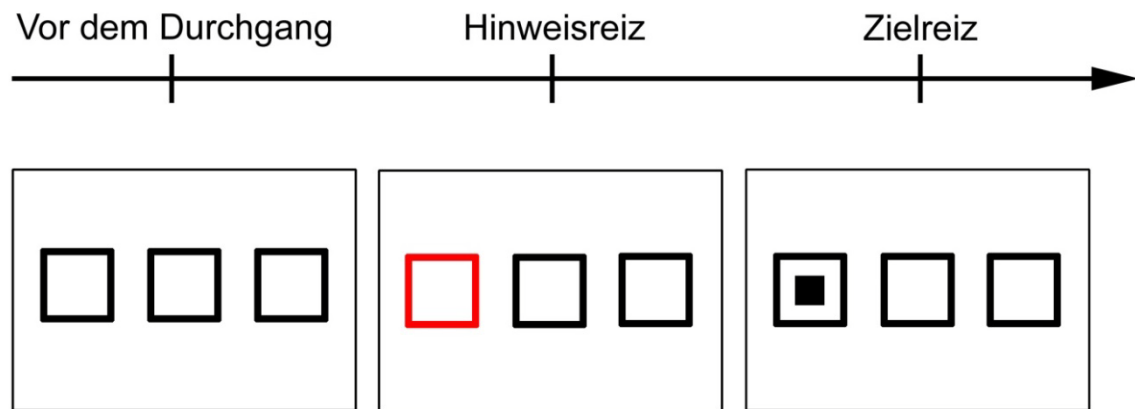


Abbildung 2. Schematische Darstellung des Hinweisreizparadigmas mit peripheren Hinweisreizen (adaptiert nach Posner & Cohen, 1984). Vor dem Durchgang wurden den Versuchspersonen drei Kästchen präsentiert. Der Hinweisreiz war ein Aufleuchten der Kontur eines der peripheren Kästchen. Das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes wurde variiert und betrug 0, 50, 100, 200, 300 oder 500 ms. Der Zielreiz war ein kleines, helles Kästchen in einem der drei großen Kästchen. Der dargestellte Durchgang ist ein valider Durchgang, da Hinweis- und Zielreiz an derselben Position auftreten.

Spätestens ab einem SOA von 300 ms schien sich der Erleichterungseffekt ins Gegenteil zu kehren. Die Versuchspersonen antworteten nun langsamer, wenn Hinweis- und Zielreiz an derselben Position auftraten, denn es kam zu einer Hemmung der Rückkehr. Aber es gelang ihnen schneller auf Zielreize, die an der gegenüberliegenden Position des Hinweisreizes erschienen, zu reagieren.

Klein (2000) fasste zusammen, dass, wenn der Hinweis- und der Zielreiz an derselben Position gezeigt werden, die Umkehr von einem Erleichterungseffekt zu einer Rückkehrhemmung bereits zwischen 200 und 300 ms nach dem Auftreten des Hinweisreizes einsetzt. Anstatt von der längeren Vorbereitungszeit zu profitieren, sind die Versuchspersonen eher irritiert, wenn sich Hinweis- und Zielreiz nach einem längeren zeitlichen Abstand die Position teilen und es gelingt ihnen schneller den Zielreiz auf der neuen Position zu entdecken.

Beim darauffolgenden Experiment verwendeten Posner und Cohen (1984) erneut ein Hinweisreizparadigma, allerdings nun mit zentralen, symbolischen Hinweisreizen, die als Pfeile umgesetzt wurden (s. *Abbildung 3*). In diesem Experiment versuchten Posner und Cohen (1984) zu überprüfen, welche Rolle der sensorische Input und die damit einhergehenden Aufmerksamkeitsverlagerungen in Bezug auf die Erleichterungseffekte

und die Rückkehrhemmung spielen. Sie adaptierten weitgehend das Versuchsdesign des Hinweisreizparadigmas mit zentralen Hinweisreizen von Posner (1980).

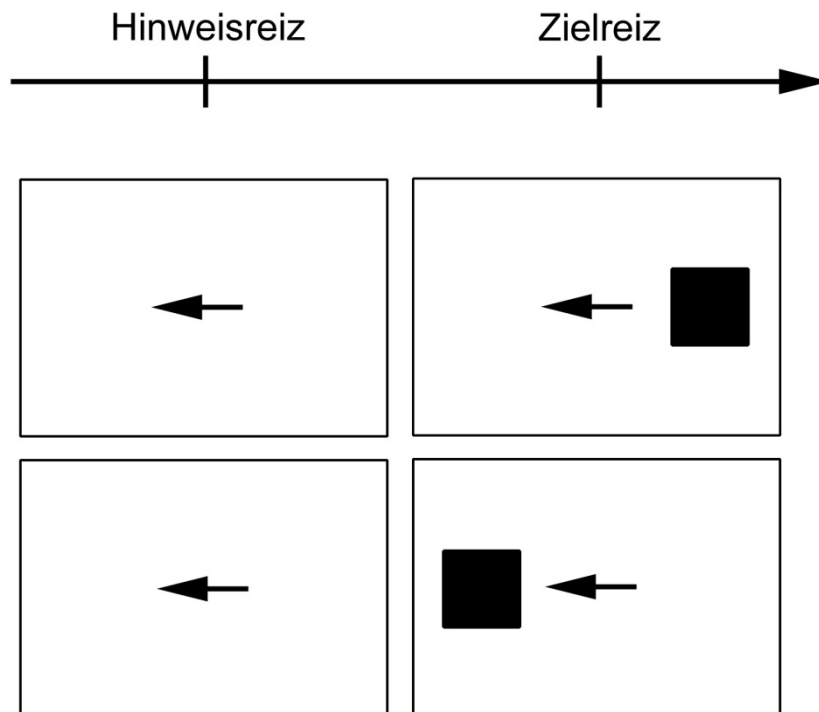


Abbildung 3. Schematische Darstellung des Hinweisreizparadigmas mit zentralen Hinweisreizen (adaptiert nach Posner & Cohen, 1984). Der Hinweisreiz war bei diesem Experiment ein symbolischer Hinweisreiz in Form eines Pfeils. Der Pfeil wurde stets in der Mitte des Bildschirms präsentiert und konnte nach links oder rechts deuten. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin den symbolischen Wert des Pfeils zu interpretieren und in weiterer Folge ihre Aufmerksamkeit auf die angezeigte Position zu verlagern. Der Zielreiz war ein schwarzes Kästchen, das entweder auf der linken oder auf der rechten Seite des Pfeils erschien. Der oben dargestellte Durchgang ist nicht-valide, da der Pfeil auf die linke Position deutet, das Kästchen aber rechts erscheint. Der unten dargestellte Durchgang ist valide, da der Pfeil auf die linke Position deutet und auch das Kästchen an dieser Position erscheint.

Erneut mussten die Hinweisreize von den Versuchspersonen auf ihren symbolischen Wert hin gedeutet werden. Erst dann war es den Versuchspersonen möglich im endogenen Kontrollmodus ihre Aufmerksamkeit auf eines der Kästchen zu verlagern. Posner und Cohen (1984) konnten bei Verwendung der zentralen, symbolischen Hinweisreize keine Rückkehrhemmung feststellen.

Für Mulckhuyse und Theeuwes (2010a; vgl. Mulckhuyse, Talsma & Theeuwes, 2007; Theeuwes & Godijn, 2002, 2004) ist die Rückkehrhemmung ein Effekt, der entweder nur bei exogenen, Bottom-up-Aufmerksamkeitsverlagerungen auftritt, oder wenn sich die Versuchsperson explizit endogen bereits auf eine Augenbewegung vorbereitet hat (Rafal, Calabresi, Brennan & Scioloto, 1989).

Die Rückkehrhemmung ist aber kein nachteiliger Effekt. Sie kann sogar Vorteile mit sich bringen, denn sie drängt den Menschen dazu neue Orte und räumliche Positionen zu entdecken, die er vorher noch nicht in Erwägung gezogen hat (Godijn & Theeuwes, 2004; Posner & Cohen, 1984). Klein (2000) unterstützt diese Aussage mit einem Beispiel aus der Evolution: Wenn der Mensch während seiner Nahrungssuche auf eine unerschöpfliche Nahrungsquelle gestoßen wäre, dann wäre es unabdingbar sich diese Position sehr gut einzuprägen, damit sie in Zukunft erneut besucht werden könnte. Wäre der Mensch allerdings auf einen Ort gestoßen, der bereits aller Ressourcen beraubt worden wäre und somit auch zukünftig nichts mehr zu geben hätte, sollte dieser Ort selbstverständlich gemieden werden und er müsste die Suche fortsetzen.

2.3.4 Top-down-Verarbeitung

Eines der Ziele der vorliegenden Diplomarbeit ist es, einen Beitrag zur Klärung der Debatte zwischen den Vertretern der Top-down- und der Bottom-up-Verarbeitung von visuellen Reizen zu leisten. Um ein besseres Verständnis für die Thematik zu gewährleisten, möchte ich in diesem und dem darauffolgenden Abschnitt die grundlegenden Merkmale des ziel- und des reizgesteuerten Ansatzes vorstellen und zusammenfassen.

Stellen Sie sich vor, Sie möchten auf einem weitläufigen, gut gefüllten Parkplatz Ihr grünes Auto finden. Rote Autos mögen objektiv vielleicht auch aus der ansonsten eher trist eingefärbten Masse an Autos herausstechen, doch diese beachten Sie nicht, denn mit dem Finden eines roten Autos wäre Ihre Aufgabe nicht getan. Grüne Autos werden Sie aber interessiert mustern, denn diese entsprechen eher Ihrem Suchset.

Die Vertreter des Top-down-Verarbeitungsansatzes gehen davon aus, dass die Aufmerksamkeit nur auf solche Reize verlagert wird, die informativ sind und zur Lösung einer Aufgabe beitragen können. Diese Reize entsprechen dem Suchset des Betrachters, denn sie sind abgestimmt mit den Zielen, Motivationen und Intentionen.

Es existieren eine Vielzahl an Begriffen in der Literatur, wobei Top-down-Verarbeitung (engl. *top-down*), zielgesteuerte Aufmerksamkeit (engl. *goal-driven*) und endogene Aufmerksamkeit (engl. *endogenous*) am häufigsten und synonym verwendet werden.

Die Vorreiter dieses Ansatzes waren Folk et al. (1992). Ihre Hypothese besagt unfreiwillige und unbewusste visuelle Aufmerksamkeitsverlagerungen durch Kontingenz (engl. *contingent involuntary orienting hypothesis*; später abgekürzt durch engl. *contingent capture*).

Ansorge, Horstmann und Scharlau (2011) fassen drei Bedingungen zusammen, die Experimente erfüllen müssen um *contingent capture* überprüfen zu können.

1. Die Versuchspersonen müssen über die Charakteristiken des Zielreizes informiert werden, um ein darauf abgestimmtes Suchset ausbilden zu können. Dies geschieht meist mit der passenden Instruktion und einleitenden Übungsaufgaben.
2. Es sollte zwei Arten von Hinweisreizen geben. Einerseits Hinweisreize, die dem Suchset entsprechen, andererseits Hinweisreize, die dem Suchset in keiner Weise entsprechen.
3. Die Hinweisreize sollten keine Auskunft über die kommende Position des Zielreizes geben. Ansonsten könnten die Versuchspersonen dazu verleitet werden, nach den Hinweisreizen, statt den Zielreizen zu suchen. Es gilt darauf zu achten, dass die Positionen der Hinweisreize und die Positionen der Zielreize über die Durchgänge hinweg nicht miteinander korrelieren.

2.3.5 Bottom-up-Verarbeitung

Stellen Sie sich vor, Sie sind Gast bei einem Vortrag. Das Publikum und Sie lauschen andächtig dem Vortragenden und folgen interessiert der Präsentation. Doch dann löst sich eine Person aus der ansonsten statischen Menge und steht auf. Nun konnte ein, im wahrsten Sinne des Wortes, hervorstechender, salienter Reiz Ihre Aufmerksamkeit auf sich verlagern.

Die Vertreter des Bottom-up-Verarbeitungsansatzes sind der Meinung, dass die visuelle Aufmerksamkeit auf saliente Reize verlagert wird, die am stärksten aus der Masse an visuellen Reizen hervorstechen. Auch für diesen Ansatz wurden schon verschiedenste Begriffe in der Literatur verwendet: Bottom-up-Verarbeitung (engl. *bottom-up*), reizgesteuerte Aufmerksamkeit (engl. *stimulus-driven*) und exogene Aufmerksamkeit (engl. *exogenous*) werden am häufigsten und synonym benutzt.

Theeuwes ist einer der wichtigsten Vertreter des Bottom-up-Verarbeitungsansatzes und hat zu diesem Thema auch eine Vielzahl an Forschungsarbeiten veröffentlicht (vgl.

Belopolsky, Schreij & Theeuwes, 2010; Theeuwes, 1992, 2004, 2010; Theeuwes & Godijn, 2002). Nach Theeuwes (2010) wird die vorbewusste Aufmerksamkeit zunächst auf das gesamte visuelle Feld verteilt. Die darauffolgenden visuellen verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen geschehen nur auf reizgesteuerter Basis. Die Aufmerksamkeit wird auf die Positionen verlagert, die besonders saliente und hervorstechende Reize zu bieten haben (engl. *attentional capture*). Dieser Prozess geschieht nicht freiwillig und somit unabhängig von der, in der Versuchsperson verorteten, endogenen Kontrolle. Die Ziele, Intentionen und Motivationen der Versuchsperson haben keinen Einfluss auf die Verlagerung der Aufmerksamkeit.

Zusammenfassend grenzen Mulckhuyse und Theeuwes (2010a) Bottom-up- und Top-down-Prozesse mit Hilfe folgender drei Merkmale voneinander ab:

1. Bottom-up-Aufmerksamkeitsverlagerungen laufen schneller ab als Top-down-Aufmerksamkeitsverlagerungen. Erstere geschehen innerhalb der ersten 100 ms nach dem Erscheinen des Reizes. Itti und Koch (2001) gehen bei dieser auf Salienz basierten Aufmerksamkeitsverlagerung sogar nur von 25 bis 50 ms pro Reiz aus (vgl. Egeth & Yantis, 1997; Lamme, 2003). Endogene Top-down-Aufmerksamkeitsverlagerungen sind hingegen sehr viel zeitintensiver und werden erst ab 200 ms durchgeführt.
2. Wenn die Aufmerksamkeit mit Hilfe von Top-down-Prozessen verlagert wird, werden die anvisierten Reize für eine längere Zeitspanne betrachtet und analysiert. Im Gegensatz dazu ist die Verlagerung der Aufmerksamkeit mit Bottom-up-Prozessen sprunghaft. Zumeist haben die Hinweisreize bei Experimenten zur exogenen Aufmerksamkeitsverlagerung keinerlei Vorhersagekraft in Bezug auf die Position des Zielreizes. Somit profitiert die Versuchsperson in keinsten Weise davon, wenn sie einem nicht informativen Reiz ihre Aufmerksamkeit schenkt.
3. Zu guter Letzt sind Mulckhuyse und Theeuwes (2010a) der Meinung, dass sich der klassische biphasische Effekt nur bei exogenen, reflexiven Bottom-up-Aufmerksamkeitsverlagerungen feststellen lässt. Der biphasische Effekt ist gekennzeichnet durch einen Erleichterungseffekt und eine darauffolgende Rückkehrhemmung, wenn sich der Hinweis- und der Zielreiz dieselbe Position teilen (vgl. Mulckhuyse et al., 2007; Posner & Cohen, 1984; Theeuwes & Godijn, 2004).

2.3.6 Selektions- und Belohnungsvorgeschichte

In einer aktuellen Forschungsarbeit präsentieren Awh, Belopolsky und Theeuwes (2012) ein neuartiges Forschungskonzept und eine weitere Quelle, die Einfluss auf visuelle Aufmerksamkeitsverlagerungen haben könnte: die Selektions- und Belohnungsvorgeschichte (engl. *selection and reward history*). Mit diesem Ansatz bezweifeln sie die seit Jahrzehnten andauernde Dichotomie der Top-down- und Bottom-up-Verarbeitung. Sie zitieren eine Studie von Wolfe, Butcher, Lee und Hyle (2003, zitiert nach Awh et al., 2012), bei der Versuchspersonen Aufgabenblöcke bearbeiteten, bei denen der Zielreiz entweder konstant derselbe blieb oder bei denen sich der Zielreiz jeden Durchgang änderte. Wolfe et al. (2003, zitiert nach Awh et al., 2012) kamen zu dem Schluss, dass die Versuchspersonen bei der konstanten Bedingung aufgrund der Ausbildung eines Top-down-Suchsets signifikant schneller auf Zielreize antworten konnten.

Awh et al. (2012) sehen eine andere Ursache für dieses Ergebnis. An den signifikant schnelleren Reaktionszeiten in der konstanten Zielreiz-Bedingung könnte auch der vorangehende Durchgang beteiligt gewesen sein. Wenn der Zielreiz innerhalb des gesamten Aufgabenblocks derselbe ist, ist es nur naheliegend, dass die Versuchspersonen durch diesen Umstand sehr gut auf den Zielreiz vorbereitet sind (engl. *inter-trial priming*) und diesen schneller wahrnehmen und verarbeiten können. Bei einigen Studien, die in Abschnitt 2.4 *Aktuelle Forschungsergebnisse* angeführt werden, wäre es durchaus denkbar, dass diese Vorbereitung bzw. *Bahnung* durch den vorangehenden Durchgang zu den nachgewiesenen Effekten beigetragen hat.

Die Forschungsarbeit von Maljkovic und Nakayama (1994) unterstützt die Sichtweise von Awh et al. (2012). In ihrem Experiment konnten sie zeigen, dass, wenn der Zielreiz derselbe war, wie der des vorangehenden Durchgangs, er schneller von den Versuchspersonen wahrgenommen wurde. Dieser Effekt blieb bestehen und konnte auch dann noch reproduziert werden, wenn die Versuchspersonen selbst bereits einen anderen Zielreiz präferierten.

Auch Belohnung kann Einfluss auf visuelle Aufmerksamkeitsverlagerungen nehmen, denn sie wirkt stark motivierend auf Versuchspersonen und erhöht generell die Bereitschaft sich einer Aufgabe zu widmen und diese zu lösen. Hickey, Chelazzi und

Theeuwes (2010) stellten fest, dass, je nachdem wie hoch eine monetäre Belohnung ausfiel, sich die Tendenzen der Versuchspersonen zu den Zielreizen änderten. Die Aufgabe der Versuchspersonen war es, den diamantförmigen Zielreiz zu finden und den farbigen Störreiz bestmöglich zu ignorieren. Wenn der Zielreiz stets in derselben Farbe auftrat, kam es zu schnelleren Reaktionszeiten nach einer hohen Belohnung. Wenn aber der Störreiz die Farbe des vorangehenden Zielreizes annahm, kam es zu langsameren Reaktionszeiten und die Suchaufgabe verzögerte sich. Hickey et al. (2010) kamen zu dem Schluss, dass die im vorangehenden Durchgang belohnte Farbe die Aufmerksamkeit automatisch anzog, unabhängig davon, ob die Farbe für den diamantförmigen Zielreiz oder den eingefärbten Störreiz verwendet wurde.

2.3.7 Maskieren von Hinweisreizen

Verschiedene Methoden sind bekannt, um einen Hinweisreiz zu maskieren. Einerseits kann eine Metakontrast-Maskierung (engl. *metaccontrast masking*) eingebaut werden. Dafür muss kurz auf den Hinweisreiz ein zweiter Reiz folgen, mit einem SOA zwischen 30 bis 100 ms. Dieser zweite Reiz muss den Hinweisreiz mit seinen Konturen eng umschließen und selbst über einige Charakteristiken des Hinweisreizes verfügen (Bruchmann, Breitmeyer & Pantev, 2010; vgl. Ansorge, Horstmann & Worschech, 2010; Ansorge, Kiss & Eimer, 2009; Ansorge & Neumann, 2005). Wenn alle Kriterien erfüllt sind, wird der Hinweisreiz nicht mehr bewusst von den Versuchspersonen wahrgenommen.

Eine weitere Möglichkeit Hinweisreize nicht bewusst sichtbar zu präsentieren, gelingt mit dem nachträglichen Maskieren (engl. *backward masking*; Lamme, 2000, 2003). Um einen Hinweisreiz nachträglich zu maskieren, macht sich die Forschung den bereits beschriebenen Feedforward Sweep (s. Abschnitt 2.1.2 *Neurobiologischer Ansatz*) zu Nutze (Lamme, 2000, 2003; vgl. Mulckhuyse et al., 2007). Wenn kurz nach dem ersten Reiz, innerhalb von 40 ms, ein zweiter Reiz präsentiert wird, wird der erste Reiz kaum oder überhaupt nicht mehr bewusst wahrgenommen. Das plötzliche Auftreten des zweiten Reizes hemmt die weiterführende Verarbeitung des ersten Reizes. Ohne die wiederholte und vertiefende Verarbeitung gelangt der erste Reiz nicht in das Bewusstsein der Versuchspersonen (Enns & Di Lollo, 2000; Lamme, 2003). Aber auch wenn der Reiz für die Versuchspersonen nicht mehr bewusst wahrgenommen werden kann, so aktiviert er dennoch sowohl visuelle, als auch nicht visuelle Areale im Gehirn, etwa den inferioren

temporalen Kortex, das frontale Augenfeld, den Motorkortex und den primären visuellen Kortex (Lamme & Roelfsema, 2000).

Fuchs und Ansorge (2012a, 2012b; Fuchs, Theeuwes & Ansorge, 2012) adaptierten für ihre Forschungsarbeit das Paradigma von Mulckhuyse et al. (2007; s. Abschnitt 2.4.4 *Bottom-up-Verarbeitung von subliminalen Hinweisreizen*). Die Ursache für die Subliminalität ihrer Hinweisreize sehen sie allerdings bei der zeitlich sehr kurzen Darbietungsdauer (16 ms) und den schnell aufeinanderfolgenden Reizen mit nur minimalen Zeitintervallen dazwischen. Dieses Versuchsdesign führt bei den Versuchspersonen zu einer Verschmelzung der einzelnen Reizwahrnehmungen (engl. *flicker fusion*). Den Versuchspersonen gelingt es nun nicht mehr den Hinweisreiz von dem darauffolgenden Reiz abzugrenzen und somit wird der Hinweisreiz nicht mehr bewusst wahrgenommen.

2.4 Aktuelle Forschungsergebnisse

2.4.1 Top-down-Verarbeitung von supraliminalen Hinweisreizen

Folk et al. (1992) gelang es mit ihrer Kontingenzhypothese die Debatte über Top-down- und Bottom-up-Verarbeitungsprozesse neu zu entfachen. Sie postulierten einen neuartigen Verarbeitungsansatz und konnten interessante Ergebnisse erzielen. Im Laufe der Jahre konnten auch andere Autoren die Sichtweise von Folk et al. (1992) bestätigen (vgl. Ansorge & Heumann, 2003, 2004; Ansorge & Horstmann, 2007; Ansorge, Kiss, Worschech & Eimer, 2011; Burnham, 2007).

Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin entweder einen farbdefinierten Zielreiz (engl. *colour-target*) zu finden oder einen Zielreiz, der durch sein alleiniges, plötzliches Auftreten hervorsteht (engl. *abrupt-onset target*). Die Versuchspersonen betrachteten einen Bildschirm mit fünf Quadraten. Ein Quadrat war in der Mitte positioniert und jeweils eines war an jeder Seite ausgerichtet. In einem dieser Quadrate erschien dann ein Hinweisreiz. Es gab verschiedene Arten von Hinweisreizen: Entweder war der Hinweisreiz dem Zielreiz ähnlich, etwa ein weißer Hinweisreiz vor einem weißen Zielreiz oder ein roter Onset-Singleton-Hinweisreiz vor einem roten Onset-Singleton-Zielreiz oder die beiden waren komplett verschieden, etwa ein weißer Hinweisreiz vor einem roten Zielreiz oder ein weißer Onset-Singleton-Hinweisreiz vor einem roten Onset-Singleton-Zielreiz. Nachdem die Versuchspersonen den Zielreiz wahrgenommen hatten, sollten sie

schnellstmöglich eine Taste drücken. Für „X“-Zielreize war die rechte Taste vorgesehen und für „=“-Zielreize war die linke Taste bestimmt. (Folk et al., 1992)

Die Ergebnisse von Folk et al. (1992) bestätigten ihre Kontingenzhypothese. Nur ein Hinweisreiz, der dem Zielreiz ähnlich war und an derselben Position erschien, verbesserte die Reaktionszeiten der Versuchspersonen. Ein Hinweisreiz, der ähnlich war, aber an einer unterschiedlichen Position erschien, lenkte die Versuchspersonen ab und verlangsamte die Reaktionszeiten. Im Gegensatz dazu hatte die Position der Hinweisreize, die gänzlich verschiedene Merkmale als die Zielreize aufwiesen, keinerlei Einfluss auf die Reaktionszeit. Die Reaktionszeiten der Versuchspersonen waren sowohl in derselben als auch in der unterschiedlichen Position gleich.

2.4.2 Top-down-Verarbeitung von subliminalen Hinweisreizen

Dass die Top-down-Verarbeitung von Hinweisreizen nicht nur bei bewusst wahrgenommenen Reizen funktioniert, sondern durchaus mit subliminalen Reizen möglich ist, konnte eine Reihe an interessanten Forschungsarbeiten in den letzten Jahren bestätigen (vgl. Ansorge et al., 2010; Ansorge & Neumann, 2005; Scharlau & Ansorge, 2003).

Auch Ansorge et al. (2009) überprüften in ihrer Arbeit die endogene Orientierung auf subliminale Hinweisreize. Vor dem Experiment wurde den Versuchspersonen je eine Zielreiz-Farbe zugewiesen, mit Hilfe derer sie im gesamten Verlauf des Experiments die Zielreize identifizieren sollten. Das Experiment wurde gestartet und den Versuchspersonen wurde ein Hinweisreiz-Bildschirm präsentiert, auf dem vier kleine Ringe in vier verschiedenen Farben, einer davon in der Zielreiz-Farbe, für 17 ms gezeigt wurden. Dann erschien ein Bildschirm mit einem Fixationspunkt für 34 ms. Daraufhin folgte dann der Zielreiz-Bildschirm, auf dem vier größere eckige Figuren eingeblendet wurden. Diese Figuren umschlossen mit ihren inneren Konturen die äußeren Konturen der kleinen Hinweisreiz-Ringe. Mit Hilfe dieser Metakontrast-Maskierung gelang es den Versuchspersonen nun nicht mehr die Hinweisreize bewusst wahrzunehmen. Generell bearbeiteten die Versuchspersonen zwei große Aufgabenblöcke. Im ersten Aufgabenblock sollten die Versuchspersonen die Zielreize finden, die ihrer zugewiesenen Farbe entsprachen und dann antworten, ob diese Zielreize über eine quadratische oder diamantförmige Form verfügten. Im zweiten Aufgabenblock wurden dieselben Durchgänge wie im ersten Aufgabenblock verwendet, allerdings war die Aufgabe eine

andere. Die Versuchspersonen mussten nun angeben, an welcher Position der passende Hinweisreiz erschienen war.

Ansorge et al. (2009) kamen zu dem Schluss, dass nur Hinweisreize, die dem Top-down-Suchset der Versuchspersonen entsprachen, Erleichterungseffekte hervorrufen konnten. Den Versuchspersonen gelang es somit erneut nur schneller auf Zielreize zu antworten, deren vorangegangener Hinweisreiz in derselben Farbe und an derselben Position erschienen war.

2.4.3 Bottom-up-Verarbeitung von supraliminalen Hinweisreizen

Eine Vielzahl von Autoren ist der Meinung, dass es hauptsächlich salienten Reizen gelingt, die visuelle Aufmerksamkeit auf sich zu verlagern, unabhängig ob der Mensch das möchte oder nicht (vgl. Belopolsky et al., 2010; Itti & Koch, 2001; Jonides, 1981; Müller & Rabbitt, 1989; Schreij, Owens & Theeuwes, 2008; Theeuwes, 1991, 1992, 1994).

Insbesondere Theeuwes (1991, 1992, 1994) beschäftigte sich ausführlich mit diesem Ansatz. 1992 präsentierte er seinen Versuchspersonen folgendes Experiment: Die Versuchspersonen betrachteten einen Bildschirm mit entweder fünf, sieben oder neun Reizen. Einer dieser Reize war der Zielreiz. Der Zielreiz war über alle Versuchsbedingungen hinweg stets eine vertikal oder horizontal orientierte weiße Linie in einem grünen Kreis. Die Neigung der Linie gab an, mit welcher Taste die Versuchspersonen zu antworten hatten. Eine vertikale Linie musste mit der linken Taste bestätigt werden, eine horizontale Linie mit der rechten Taste. Es gab zwei Versuchsbedingungen: einerseits eine Farb-Bedingung und andererseits eine Form-Bedingung. In der Farb-Bedingung war der grüne Kreis einzigartig, da die anderen Kreise rot waren. Der Störreiz war ein rotes Quadrat. In der Form-Bedingung war der grüne Kreis hervorstechend, da die anderen Reize nun grüne Quadrate waren. Auch in dieser Bedingung war der Störreiz das rote Quadrat.

Theeuwes (1992) kam zu dem Ergebnis, dass, wenn die Versuchspersonen nach einem Zielreiz suchten, der sich anhand seiner Farbe von den anderen Reizen abhob, ein Störreiz in einer einzigartigen Form keinen Einfluss auf die Reaktionszeiten hatte. Wenn allerdings ein Zielreiz mit einer einzigartigen Form gesucht werden musste, hatte ein andersfarbiger Störreiz Einfluss auf die Reaktionszeiten. Die Versuchspersonen waren in

der Form-Bedingung beim Erscheinen des roten Quadrats abgelenkt und antworteten langsamer auf den Zielreiz. Deshalb kam Theeuwes (1992) zu dem Schluss, dass eine vollkommene Top-down-Verarbeitung von Reizen nicht möglich ist, obwohl die Versuchspersonen genauestens über den Zielreiz informiert wurden, stets denselben Zielreiz suchen mussten und deshalb im Laufe der Testung eigentlich auch sehr geübt im Lösen der Aufgabe hätten sein sollen. Die fokale Aufmerksamkeit ist offensichtlich stets der Position zugewandt, die heraussticht (engl. *pop-out*), egal ob diese nun dem Zielreiz oder dem Störreiz entspricht. Dies spricht für eine Bottom-up-Verarbeitung von Reizen.

2.4.4 Bottom-up-Verarbeitung von subliminalen Hinweisreizen

Eine Vielzahl an Autoren beschreibt die exogene Orientierung zu subliminalen Hinweisreizen (vgl. Ivanoff & Klein, 2003; McCormick, 1997; Mulckhuyse et al., 2007; Mulckhuyse & Theeuwes, 2010a, 2010b).

Eines der prominentesten Beispiele ist die Forschungsarbeit von Mulckhuyse et al. (2007). Für ihre Studie entwickelten sie ein neuartiges Paradigma, dessen Neuerungen die Gestaltung des Hinweisreizes grundlegend veränderte.

- Der Hinweisreiz ähnelt dem Zielreiz äußerlich nicht.
- Der Hinweisreiz ist keine Hilfestellung und gibt keine Hinweise in Bezug auf die korrekte Lösung der Aufgabe.
- Der Hinweisreiz ist nicht informativ über die Position des Zielreizes.
- Es ist nicht Teil der Aufgabe, dass die Versuchsperson über die Position des Hinweisreizes Bericht erstatten muss.

Das Reizmaterial wurde durchgängig auf einem hellgrauen Hintergrund präsentiert. Jeder Durchgang begann mit der Präsentation eines Fixationskreuzes in der Mitte des Bildschirms für 1000 ms. Nach 200 ms verschwand das Fixationskreuz und der Hinweisreiz, eine dunkelgraue Scheibe, wurde entweder rechts oder links von der Mitte für 16 ms eingeblendet (s. *Abbildung 4*). Nach der ersten Scheibe wurden zwei idente Scheiben in der Mitte und auf der gegenüberliegenden Seite positioniert. Der Zielreiz, ein kleiner schwarzer Punkt, der jeweils in der Mitte einer der zwei äußeren Scheiben eingeblendet wurde, wurde entweder zeitgleich mit den zwei verbliebenen Scheiben (kurzes SOA = 16 ms) oder erst nach 1 s (langes SOA = 1000 ms) präsentiert. Der

Zielreiz verschwand nach 80 ms, die dunkelgrauen Scheiben verschwanden nach 200 ms. Bis ein neuer Durchgang begann, blieb der hellgraue Hintergrund für 1000 ms bestehen.

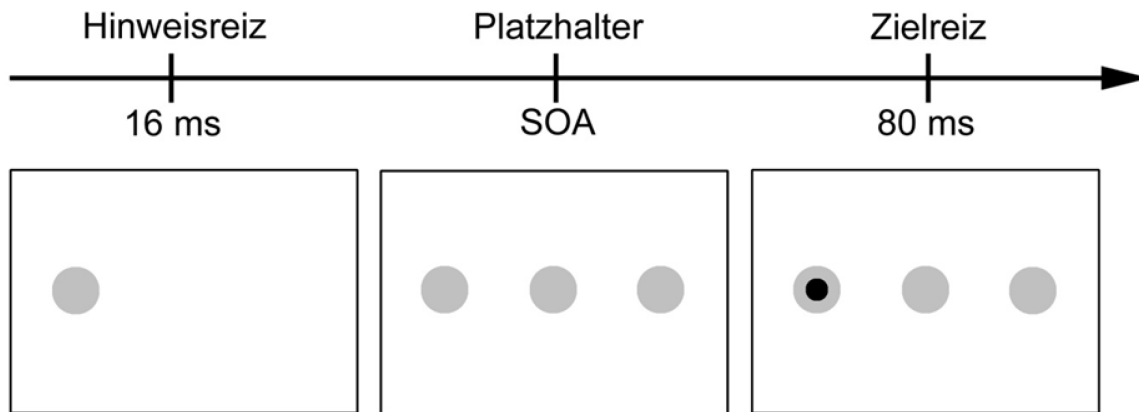


Abbildung 4. Schematische Darstellung eines Durchganges bei Mulckhuyse und Kollegen (adaptiert nach Mulckhuyse et al., 2007). SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Der Hinweisreiz war eine dunkelgraue Scheibe, diese wurde entweder auf der linken oder rechten Position neben dem Fixationskreuz für 16 ms eingeblendet. Der Zielreiz, ein kleiner schwarzer Punkt, wurde entweder gleichzeitig mit den zwei verbliebenen Platzhaltern 16 ms nach Auftreten des Hinweisreizes eingeblendet oder erst nach 1016 ms. Diese Darstellung zeigt einen validen Durchgang, da sich Hinweis- und Zielreiz auf derselben Position befinden.

Die Versuchspersonen bearbeiteten zwei verschiedene Aufgabenstellungen: Im ersten Abschnitt (engl. *subliminal cueing task*; 200 Durchgänge) bestand die Aufgabe darin bei Wahrnehmung der dunkelgrauen Scheibe rechts oder links von der Mitte eine Taste zu drücken. Im zweiten Abschnitt (engl. *cue report task*; 40 Durchgänge) wurden erneut Durchgänge aus dem ersten Abschnitt präsentiert, doch nun wurde explizit auf die Anwesenheit des Hinweisreizes hingewiesen und die Versuchspersonen sollten entscheiden auf welcher der zwei möglichen Position dieser erschien. (Mulckhuyse et al., 2007)

Mulckhuyse et al. (2007) gelang es, den biphasischen Effekt, ein Erleichterungseffekt bei Durchgängen mit einem kurzen SOA und eine Rückkehrhemmung bei Durchgängen mit einem langen SOA, zu erzielen. Da die Rückkehrhemmung nach Meinung von Mulckhuyse et al. (2007) sowie anderen Autoren (vgl. Klein, 2000; Theeuwes & Godijn, 2002) nur dann auftritt, wenn die Aufmerksamkeit exogen und reflexiv verlagert wird, sahen die Autoren dies als Bestätigung ihrer Theorie zur Bottom-up-Verarbeitung ihrer subliminalen Hinweisreize.

2.5 Biologische Grundlagen

Nachdem nun die bekanntesten Paradigmen und eine Auswahl an interessanten Forschungsergebnissen vorgestellt wurden, möchte ich noch kurz auf die biologischen Grundlagen des Themas zurückkommen. Dieser Abschnitt ist der Frage gewidmet, welche Areale des Gehirns für Wahrnehmung sowie Verarbeitung von bewussten und unbewussten Reizen und für die Verlagerung der Aufmerksamkeit verantwortlich sind.

Gemeinhin ist bekannt, dass viele Bahnen an der Übertragung von visuellen Informationen im Gehirn zuständig sind. Die größte visuelle Bahn ist die retino-geniculostriäre Sehbahn. Diese Bahn leitet visuelle Signale von der Retina über den Corpus geniculatum laterale zum primären visuellen Kortex. Durch das Corpus geniculatum laterale verlaufen zwei unabhängige Kommunikationskanäle: Die M-Kanäle (*magnozellulär*), die aus schneller leitenden Neuronen mit großen Zellkörpern bestehen und ihren Hauptinput aus Stäbchen ziehen und in den Parietalkortex reichen; sowie die P-Kanäle (*parvozellulär*), die mit langsamer leitenden Neuronen mit kleinen Zellkörpern besetzt sind und zu den temporalen Arealen des Gehirns verlaufen. Den Hauptinput für die P-Kanäle liefern die Zapfen. Nach der Duplizitätstheorie des Sehens vermitteln Zapfen und Stäbchen unterschiedliche Arten des Sehens und teilen sich somit die visuelle Analyse. Die Aktivität der Zapfen dominiert bei guter Beleuchtung; sie liefern den Menschen hochauflösende, farbige und detaillierte, räumliche Wahrnehmungen (*photopisches Sehen*). Das stäbchenvermittelte Sehen tritt bei schlechten Lichtverhältnissen ein. Stäbchen verfügen über eine hohe Kontrastsensibilität und Empfindlichkeit für sich bewegende visuelle Objekte (*skotopisches Sehen*). (vgl. Ansorge & Leder, 2011; Pinel & Pauli, 2007)

Tapia und Breitmeyer (2011) kamen bei ihrer Forschungsarbeit zu dem Schluss, dass bei bewusster visueller Verarbeitung hauptsächlich die M-Kanäle beteiligt sind und bei unbewusster visueller Verarbeitung zumeist die P-Kanäle verantwortlich sind. Bewusste und unbewusste visuelle Hinweisreize aktivieren zunächst die M-Kanäle, die die Informationen rasch über die dorsale Bahn zum präfrontalen Kortex weiterleiten. Vom präfrontalen Kortex wird die Aktivierung der M-Kanäle top-down zum inferioren temporalen Kortex projiziert und trifft dort auf die Aktivierung der P-Kanäle; in weiterer Folge kommt es zu einer Potenzierung, zur vertiefenden Verarbeitung (engl. *recurrent processing*) und einer damit einhergehenden Bewusstwerdung des Inputs der P-Kanäle,

der über die ventrale Bahn dazu gestoßen ist. Mit welcher Effizienz die Aktivierung weiterverarbeitet wird, ist abhängig von der Top-down-Einwirkung der M-Kanäle durch den präfrontalen Kortex. Tapia und Breitmeyer (2011) gehen davon aus, dass die Stärke des Priming-Effekts von sichtbaren, bewussten Hinweisreizen von der Stärke der Aktivierung der M-Kanäle auf den ausgelösten Kontrastunterschied der Hinweisreize abhängt. Bei nachträglichem Maskieren von visuellen Reizen wird die Informationsübertragung über die ventrale Bahn unterbrochen. Auf die geringe Aktivierung der P-Kanäle durch den Feedforward Sweep (s. Abschnitt 2.1.2 *Neurobiologischer Ansatz*), kann der M-Kanal top-down keinen bzw. nur noch wenig Einfluss nehmen und somit kommt es zu keiner vertiefenden Verarbeitung des Reizmaterials. (Tapia & Breitmeyer, 2011; vgl. Lamme & Roelfsema, 2000)

2.5.1 Colliculi-superiores-Hypothese

Mulckhuyse et al. (2007) sind im Gegensatz zu Tapia und Breitmeyer (2011) der Meinung, dass für die unbewusste visuelle Wahrnehmung hauptsächlich magnozelluläre Neuronen in den Colliculi superiores verantwortlich sind, die besonders bei Kontrastveränderungen und Bewegungen aktiviert werden, aber nicht sensitiv für die Farbwahrnehmung sind (vgl. Merigan & Maunsell, 1993; Mulckhuyse & Theeuwes, 2010a).

Die Colliculi superiores bilden zusammen mit den Colliculi inferiores die Vierhügelplatte. Die Vierhügelplatte ist Teil des Tectums und bedeckt das Mittelhirn. Die Colliculi inferiores sind Teil der Hörbahn, in ihnen befinden sich somit neuronale Verschaltungen für die meisten akustischen Informationen. Die Colliculi superiores sind hingegen eine der wichtigsten Schaltstellen innerhalb des optischen Systems. Bei Bewegungen am Rande des Gesichtsfeldes leiten die Colliculi superiores Sakkaden (sprunghafte Augenbewegungen) ein, um das Objektabbild im Bereich der Fovea centralis, der Netzhautgrube im Gesichtsfeld und Ort des schärfsten Sehens, zu zentrieren und zu halten. Dieser Mechanismus wird visueller Greifreflex genannt. (Schandry, 2006)

Fuchs und Ansorge (2012b) überprüften mit einer Reihe an Experimenten, ob tatsächlich die Colliculi superiores bei Bottom-up-Aufmerksamkeitsverlagerungen mit unbewussten, plötzlich auftretenden Reizen beteiligt sind. Für ihre Versuchsreihe adaptierten Fuchs und Ansorge (2012b) weitgehend das Versuchsdesign von Mulckhuyse et al. (2007). Ihre Ergebnisse sprechen grundsätzlich für die Colliculi-superiores-Hypothese. In Experiment

1 (s. *Abbildung 5*) konnten Fuchs und Ansorge (2012b) zeigen, dass Onset-Hinweisreize, egal welcher Farbgebung, stets zu Erleichterungseffekten führen, wenn die Versuchspersonen nach Onset-Zielreizen suchen.

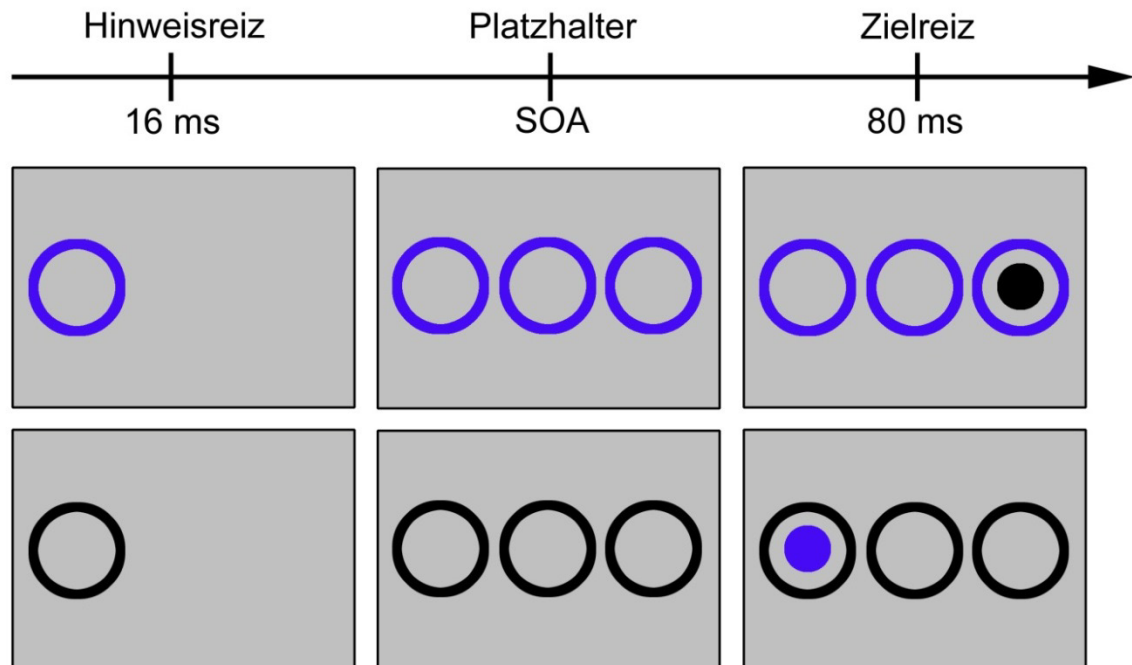


Abbildung 5. Schematische Darstellung von Durchgängen aus Experiment 1 von Fuchs und Ansorge (adaptiert nach Fuchs & Ansorge, 2012b). SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Der Hinweisreiz war ein Ring in der zugewiesenen Farbe (Rot, Grün oder Blau) oder ein schwarzer Ring und wurde für 16 ms eingeblendet. Der Zielreiz war eine schwarze Scheibe oder eine Scheibe in der zugewiesenen Farbe und wurde entweder mit den verbliebenen Platzhaltern 16 ms nach Auftreten des Hinweisreizes eingeblendet oder erst nach 1016 ms. Der oben dargestellte Durchgang ist nicht-valide, da sich Hinweis- und Zielreiz an unterschiedlichen Positionen befinden. Der unten dargestellte Durchgang ist valide. Darüber hinaus unterscheiden sich bei beiden hier abgebildeten Durchgängen Hinweis- und Zielreiz in ihrer Farbgebung.

Des Weiteren wurde in Experiment 2 veranschaulicht, dass die Erleichterungseffekte stärker ausfielen, wenn die Onset-Hinweisreize über einen höheren Kontrastunterschied zum Bildschirmhintergrund verfügten. Wenn allerdings nach einem Onset-Hinweisreiz der Zielreiz nur durch eine Farbsuche zu identifizieren war (Experiment 4; s. *Abbildung 6*), konnten keine Erleichterungseffekte festgestellt werden.

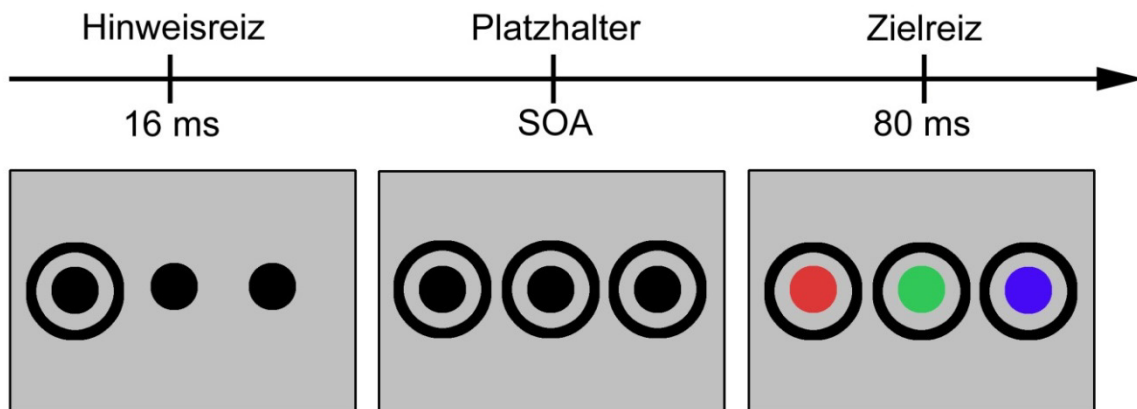


Abbildung 6. Schematische Darstellung von einem Durchgang aus Experiment 4 von Fuchs und Ansorge (adaptiert nach Fuchs & Ansorge, 2012b). SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Während des gesamten Durchgangs wurden entweder drei schwarze oder drei weiße Scheiben auf den Positionen der nachfolgenden Distraktoren und des Zielreizes präsentiert. Der Hinweisreiz war ein schwarzer Ring, der 16 ms lang eingeblendet wurde. Nach dem Auftreten des Hinweisreizes nach entweder 16 ms oder 1016 ms änderten die schwarzen Scheiben ihre Farben. Der Zielreiz war eine Scheibe in einer zugewiesenen Farbe, in diesem Fall Rot. Die anderen beiden Scheiben nahmen die verbliebenen Farben an und fungierten als Distraktoren. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin bei Einblendung des roten Zielreizes eine Taste zu betätigen. Der dargestellte Durchgang ist valide, da Hinweis- und Zielreiz auf derselben Position erscheinen.

Die Erleichterungseffekte blieben ebenso aus, wenn nach einem Onset-Hinweisreiz der Zielreiz nur durch seine spezielle Farbgebung (engl. *colour-singleton*) zu finden war (Experiment 5; s. Abbildung 7).

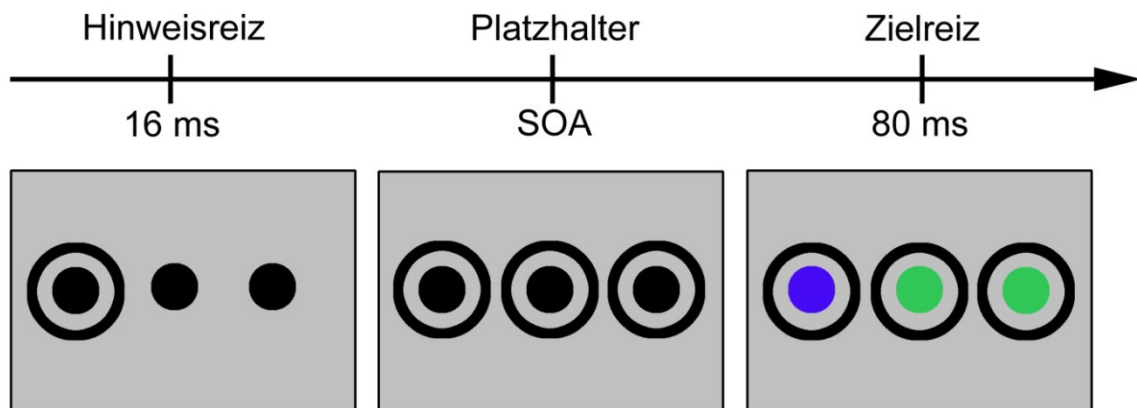


Abbildung 7. Schematische Darstellung von einem Durchgang aus Experiment 5 von Fuchs und Ansorge (adaptiert nach Fuchs & Ansorge, 2012b). SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Während des gesamten Durchgangs wurden entweder drei schwarze oder drei weiße Scheiben auf den Positionen der nachfolgenden Distraktoren und des Zielreizes präsentiert. Der Hinweisreiz war ein schwarzer Ring, der 16 ms lang eingeblendet wurde. Nach dem Auftreten des Hinweisreizes nach entweder 16 ms oder 1016 ms, änderten die schwarzen Scheiben ihre Farben. Der Zielreiz war eine Scheibe in einer zugewiesenen Farbe, in diesem Fall Blau. Die anderen beiden Scheiben nahmen eine verbliebene Farbe an und fungierten als Distraktoren. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin bei Einblendung des blauen Zielreizes eine Taste zu betätigen. Der dargestellte Durchgang ist valide, da Hinweis- und Zielreiz auf derselben Position erscheinen.

Die Ergebnisse von Experiment 4 und 5 unterstützen die Hypothese, dass über den magnozellulären Pfad und die Colliculi superiores keine Farbreize verarbeitet werden können.

Das Ergebnis von Experiment 1 (Fuchs & Ansorge, 2012b) wirft einige Fragen auf, da eigentlich anzunehmen wäre, dass die nicht farbsensitiven Colliculi superiores auf die Onset-Farbhinweisreize nicht reagieren können. Da allerdings die Farben des Reizmaterials nur objektiv an die Luminanz des Hintergrundes angepasst wurden, könnten noch genügend subjektive Kontrastinformationen vorhanden sein, die zur Aktivierung der Colliculi superiores führen.

Einige Forschungsarbeiten der letzten Jahre widmen sich der Thematik, ob Menschen sich in Bezug auf ihre Hell-Empfindlichkeit unterscheiden. Die Ergebnisse sprechen für eine subjektive Hell-Empfindlichkeit und individuelle Differenzen bei der Kontrastwahrnehmung. Lennie und D'Zmura (1988) beschreiben in ihrer Forschungsarbeit die zwei Bahnen, die für die Farbwahrnehmung zuständig sind. Einerseits existiert die "Rot-Grün"-Bahn, in der L- und M-Zapfen (lange und mittlere Wellenlängen) angesiedelt sind und die sich in ihren Signalen entgegenwirken. Andererseits gibt es noch die "Blau-Gelb"-Bahn, in der das S-Zapfen-Signal (kurze Wellenlänge) einem kombinierten Signal der L- und M-Zapfen entgegenwirkt.

Roorda und Williams (1999) gelang es erstmals Fotos der lebenden Retina zweier Probanden aufzunehmen. Zusammen bilden die L- und M-Zapfen die Mehrheit der Zapfen (etwa 90 %) und diese sind zufällig verteilt. Sie konnten nachweisen, dass der Mensch offensichtlich nicht von Natur aus über eine einheitliche Verteilung der L-, M- und S-Zapfen verfügt, sondern dass diese Verteilung von Mensch zu Mensch unterschiedlich ausfällt.

Auch Gunther und Dobkins (2002) konnten diese Resultate bestätigen. Je nachdem wie ausgeglichen das Verhältnis zwischen L- und M-Zapfen ausfällt, desto schwächer oder stärker werden Rot-Grün-Kontraste individuell wahrgenommen, wobei bei einem 1:1 Verhältnis der Kontrast am stärksten wahrgenommen wird.

In Bezug auf die Colliculi superiores wäre noch zu erwähnen, dass nur die L- und M-Zapfen direkt zu ihnen projizieren, aber nicht die S-Zapfen (Sumner, Adamjee & Mollon, 2002).

2.6 Physikalische Grundlagen

Nachdem die wichtigsten biologischen Details im vorangehenden Abschnitt beleuchtet wurden, möchte ich nun noch einige physikalische Grundlagen, die für das Experiment der vorliegenden Diplomarbeit wichtig sind, erläutern.

Um Farbe darstellen zu können, benötigt man zwei Komponenten: einerseits eine Farbkomponente, etwa Rot, Grün, Blau und andererseits eine Helligkeitskomponente. Ein helles Blau und ein helles Rot unterscheiden sich natürlich bezüglich ihrer Farbkomponente, können aber über dieselbe Helligkeitskomponente verfügen. Diese Helligkeit wird Luminanz genannt und entspricht der Leuchtdichte mit der physikalischen Einheit Candela/Fläche (cd/m^2). (Ansorge & Leder, 2011)

Eingeführt wurde das Konzept der Luminanz als fotometrisches Analogon zur Strahlendichte.

Mit Hilfe der heterochromatischen Flicker-Fotometrie (s. Abschnitt 2.5.1 *Heterochromatische Flicker-Fotometrie*) gelang es der Internationalen Beleuchtungskommission (frz. *Commission Internationale de L'Eclairage* [C.I.E]) die menschliche Helligkeitsempfindlichkeitskurve (engl. *human photopic luminous efficiency function*), V_λ , zu definieren. Diese bildet sogar noch heute die Basis für die photopische Fotometrie (Wyzecki & Stiles, 1982; zitiert nach Lee, Martin & Valberg, 1988; Lennie, Pokorny & Smith, 1993) und wird herangezogen, um die spektrale Hell-Empfindlichkeit des menschlichen Auges bei Tageslicht zu beschreiben.

2.6.1 Heterochromatische Flicker-Fotometrie

Die Verwendung der heterochromatischen Flicker-Fotometrie reicht bis ins 19. Jahrhundert zurück, da für die Darstellung eines Flickers auch schon sehr simples Equipment ausreichte (Kelly, 1972, zitiert nach Lee et al., 1988). Die Präsentation und Gestaltung eines heterochromatischen Flickers hat sich in seinen Grundzügen nicht sonderlich verändert. Ein zirkuläres Feld wird abwechselnd von zwei Lichtquellen mit unterschiedlichen Farben (Wellenlängen) beleuchtet. Die Aufgabe der Versuchsperson ist es nun die Intensität der einen Lichtquelle an die andere anzupassen, bis die Wahrnehmung des Flickers nachlässt und es zu einer additiven Vermischung der Farben beider Quellen kommt. Die Frequenz des Flickers, d.h. wie schnell die Lichtquellen

abwechseln, ist für ein Gelingen des Experiments essentiell. Ist die Frequenz zu langsam, wird der Flicker konstant wahrgenommen; ist die Frequenz zu schnell, wird nie ein Flicker gesehen (Walsh, 1953, zitiert nach Bone & Landrum, 2004). Lee et al. (1988) schlagen eine Frequenz von 10 bis 20 Hz vor.

Für das Experiment zu vorliegender Diplomarbeit wurden zwei grundlegend verschiedene Arten von Zielreizen eingesetzt. Einerseits wurden den Versuchspersonen objektiv luminanzegalisierte Zielreize in den Farben Rot, Grün und Blau präsentiert. Bei diesen Zielreizen wurde die Luminanz objektiv mit Hilfe eines Fotometers an den dunkelgrauen Bildschirmhintergrund angeglichen. Andererseits wurden subjektiv luminanzegalisierte Zielreize verwendet, bei denen die Luminanz des Zielreizes subjektiv von jeder Versuchsperson individuell an den dunkelgrauen Bildschirmhintergrund angepasst wurde.

Die subjektive Anpassung an den Bildschirmhintergrund wurde anhand der Ergebnisse eines heterochromatischen Flickers vorgenommen (s. Abschnitt *4.3.1 Reizmaterial des heterochromatischen Flickers* und *4.3.2 Durchführung des heterochromatischen Flickers*).

3. Forschungsfragen und Hypothesen

Für das Experiment der vorliegenden Diplomarbeit wurden erneut die Versuchsbedingungen von Mulckhuyse et al. (2007) adaptiert (vgl. Fuchs & Ansorge, 2012a, 2012b; Fuchs et al., 2012). Sowohl während des heterochromatischen Flickers als auch während des gesamten Experiments wurden die Augenbewegungen der Versuchspersonen mit Hilfe eines Eyetrackers aufgezeichnet.

3.1 Präzisierung der Fragestellung

Das in Abschnitt 2.4.4 *Bottom-up-Verarbeitung von subliminalen Hinweisreizen* vorgestellte Paradigma von Mulckhuyse et al. (2007), das sich auf die Gestaltung von Hinweisreizen bezieht, hat auch seine Schwächen. Mulckhuyse et al. (2007) konnten selbst nicht komplett ausschließen, dass auch Top-down-Verarbeitungsprozesse bei den gefundenen Erleichterungseffekten eine Rolle gespielt haben könnten. Sie argumentierten selbst, dass die Versuchspersonen ein Suchset ausbilden hätten können, in das die Hinweisreize aufgenommen werden hätten können. Dieser Fall wäre möglich, da die Hinweisreize an Positionen erscheinen, an denen auch Zielreize auftreten. Des Weiteren teilen sich Hinweisreiz und Zielreiz ein wichtiges Merkmal, denn sie treten beide plötzlich und unerwartet auf. Dennoch beharrten Mulckhuyse et al. (2007) auf ihrer Schlussfolgerung Bottom-up-Verarbeitungsprozesse mit unbewussten Hinweisreizen gefunden zu haben, da der biphasische Effekt nachgewiesen werden konnte und der Hinweisreiz dennoch nicht informativ war.

Fuchs et al. (2012) stützten ihre Untersuchung ebenso auf das Paradigma von Mulckhuyse et al. (2007) und adaptierten es weitgehend. Für ihre Serie von Experimenten verwendeten sie Hinweis- und Zielreize mit unterschiedlichen Kontrastpolaritäten. Die Ergebnisse bestätigen die Bottom-up-Sichtweise von Mulckhuyse et al. (2007). Erleichterungseffekte traten auf, egal ob Hinweis- und Zielreiz über unterschiedliche oder dieselben Kontrastpolaritäten verfügten. Erstaunlich war, dass sich trotz allem ein Erleichterungseffekt ergab, obwohl die Versuchspersonen sogar angeleitet wurden, die Hinweisreize, die über die gegensätzliche Kontrastpolarität verfügten, aktiv zu ignorieren. (vgl. Jonides, 1981).

Mulckhuyse et al. (2007) und Fuchs et al. (2012) sprechen sich somit für eine hauptsächlich exogene Aufmerksamkeitsverlagerung durch Onset-Hinweisreize aus, die unabhängig von der endogenen Top-down-Kontrolle geschieht.

In Anlehnung an die vorangehenden Experimente von Mulckhuyse et al. (2007) sowie Fuchs et al. (2012) wird sich die vorliegende Diplomarbeit ebenfalls mit der Debatte über Top-down- und Bottom-up-Aufmerksamkeitsprozesse befassen. Den Versuchspersonen werden subliminale schwarze Kontrast-Hinweisreize, die plötzlich auftreten, präsentiert. Darauf folgen dann einerseits objektiv luminanzegalisierte Zielreize, die mit Hilfe eines Fotometers an den Bildschirmhintergrund angepasst wurden, und subjektiv luminanzegalisierte Zielreize, deren Luminanz von den Versuchspersonen individuell mit einem heterochromatischen Flicker angepasst wurden.

Top-down-Hypothese

Die objektiv luminanzegalisierten Zielreize könnten noch über genügend subjektive Kontrastinformationen verfügen, um mit Hilfe der Kontrast-Hinweisreize gefunden und in ein Kontrast-Suchset der Versuchspersonen aufgenommen zu werden. Somit sind die Ergebnisse des Experiments dann entsprechend der Top-down-Sichtweise zu interpretieren, wenn Erleichterungseffekte nur bei Verwendung von objektiv luminanzegalisierten Zielreizen auftreten.

Es werden keine Erleichterungseffekte und keine Rückkehrhemmung erwartet, wenn subjektiv luminanzegalisierte Zielreize verwendet werden. Bei den subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen wurde jegliche subjektive Kontrastinformation mit Hilfe der heterochromatischen Flicker-Fotometrie (s. Abschnitt 2.6.1 *Heterochromatische Flicker-Fotometrie*) gelöscht, somit können diese Zielreize nur noch aufgrund ihrer Farbgebung gefunden werden. Die Versuchspersonen werden ein Top-down-Suchset für die zugewiesene Farbe ausbilden und ignorieren dahingehend alle Kontrast-Hinweisreize, da diese nicht mit dem Farb-Suchset übereinstimmen.

Bottom-up-Hypothese

Eine Bestätigung für die Bottom-up-Sichtweise wird erzielt, wenn sich der biphasische Effekt – ein Erleichterungseffekt mit darauffolgender Rückkehrhemmung – sowohl bei objektiv als auch bei subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen nachweisen lässt. Die Kontrast-Onset-Hinweisreize lösen stets durch ihre salienten Charakteristiken Bottom-up-

Aufmerksamkeitseffekte aus und können von den Versuchspersonen nicht ignoriert werden.

Des Weiteren wird die Colliculi-superiores-Hypothese erneut überprüft (vgl. Fuchs & Ansorge, 2012b; Mulckhuyse et al., 2007). Die Details zum Experiment von Fuchs und Ansorge (2012b) wurden bereits in Abschnitt 2.5.1 *Colliculi-superiores-Hypothese* erläutert.

Colliculi-superiores-Hypothese

Wie in Abschnitt 2.5.1 *Colliculi-superiores-Hypothese* bereits dargelegt wurde, sind die Colliculi superiores farbenblind und stützen ihre Verarbeitung von Reizen hauptsächlich auf deren Kontrastinformationen. Die Colliculi-superiores-Hypothese gilt dann als bestätigt, wenn Erleichterungseffekte und schnellere Reaktionszeiten bei den objektiv luminanzegalisierten Zielreizen auftreten. Die objektiv luminanzegalisierten Zielreize verfügen noch über subjektiv wahrnehmbare Kontrastinformationen, da sich Menschen in Bezug auf ihre Hell- und Farbempfindlichkeit unterscheiden, deshalb können sie noch über die Colliculi superiores und den magnozellulären, schneller leitenden Kontrastkanal verarbeitet werden.

Bei den subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen wurden jegliche Kontrastinformationen eliminiert, es werden keine Erleichterungseffekte und langsamere Reaktionszeiten erwartet, da sie über den langsamer leitenden parvozellulären Farbkanal verarbeitet werden.

4. Methoden

Zu Gunsten der besseren Lesbarkeit wird sowohl für die männliche als auch für die weibliche Form die männliche Form verwendet.

4.1 Versuchspersonen

Die Versuchspersonen wurden über das „Recruiting System Allgemeine Psychologie“ des Instituts für Psychologische Grundlagenforschung und Forschungsmethoden der Universität Wien zufällig diesem Experiment zugewiesen. Vor Beginn des Experiments wurden die Versuchspersonen über alle relevanten Informationen hinsichtlich des Ablaufs und der rechtlichen Aspekte ihrer Teilnahme aufgeklärt. Daraufhin unterzeichneten alle Versuchspersonen die standardisierte Einverständniserklärung.

Es nahmen insgesamt 24 Personen, davon fünf Männer, im Altersbereich von 19 bis 29 Jahren teil. Das mittlere Alter der Versuchspersonen lag bei 21,96 Jahren mit einer Standardabweichung von 2,58. Alle Versuchspersonen waren Studierende im Bachelor-Studium der Psychologie an der Universität Wien. Ihre Teilnahme wurde mit 1,5 Versuchspersonen-Stunden vergütet. Diese Versuchspersonen-Stunden können einerseits als Prüfungsboni bei Klausuren eingelöst werden, andererseits muss eine gewisse Anzahl dieser Stunden für Pflichtlehrveranstaltungen erbracht werden, um diese positiv abschließen zu können.

Die Voruntersuchungen durch die Versuchsleiterin bestanden aus der Nahleseprobe von Niden sowie ausgewählten Beispielen der Ishihara-Farbtafeln. Alle Versuchspersonen verfügten über eine normale oder, in fünf Fällen, einer mit Brille korrigierte Sehschärfe sowie einer normal ausgeprägten Farbwahrnehmung. Zusätzlich wurde mit Hilfe eines simplen Tests das dominante Auge der Versuchsperson bestimmt. Die Versuchspersonen wurden instruiert mit geöffneten Augen ihren ausgestreckten Daumen an einer Wandkante ihrer Wahl parallel auszurichten. Daraufhin sollten sie zuerst das eine, dann das andere Auge kurz schließen und wieder öffnen. Das Auge, bei dem der Daumen näher bzw. genau an der Kante lag, wurde als dominant angesehen. Bei 13 Versuchspersonen war das rechte Auge dominant, bei 11 Versuchspersonen das linke Auge. Das nicht-dominante Auge wurde in weiterer Folge während der gesamten Dauer des heterochromatischen Flickers und des Experiments mit einer Augenklappe abgedeckt.

4.2 Apparatur

Für die Testung wurde ein Testraum am Institut für Psychologische Grundlagenforschung und Forschungsmethoden der Universität Wien reserviert. Die Versuchspersonen wurden einzeln in einem fensterlosen Raum getestet, der nur indirekt und sehr schwach beleuchtet wurde, damit keine irritierenden Lichtreflexionen auf dem Glas des Computermonitors die Durchführung der Untersuchung behindern konnten. Die Versuchspersonen saßen in einer Distanz von 64 cm vom Computermonitor entfernt. Der Kopf wurde mit Hilfe einer Kinnstütze in Position gehalten, damit es zu keinen Veränderungen der Blickrichtung kommen konnte.

Die visuellen Reize wurden auf einem 19 Zoll CRT-Farbmonitor (Sony Multiscan E400) mit einer Bildwiederholungsrate von 60 Hz und einer Auflösung von 1024 x 768 (72 dpi) wiedergegeben. Die Bewegungen der Pupille des dominanten Auges wurden unter Verwendung eines Eyetrackers (EyeLink 1000 Desktop Mount von SR Research) mit einer 25 mm Linse und einer monokularen Abtastrate von 1000 Hz aufgezeichnet. Die Reize wurden mit Hilfe des Experiment Builders präsentiert und unter Verwendung des Data Viewers (beide Produkte von SR Research) ausgewertet.

Während der Untersuchung wurden die manuellen Antworten und die dazugehörenden Reaktionszeiten der Versuchspersonen über eine Standardcomputertastatur, positioniert zwischen Kinnstütze und Computermonitor, erfasst. Um das Experiment zu starten, fortzufahren und im ersten Aufgabenblock, der Zielreizdetektionsaufgabe, zu antworten, musste die Leertaste betätigt werden. Um Antworten im zweiten Aufgabenblock, der Sichtbarkeitsüberprüfung der subliminalen Hinweisreize, zu geben, wurden die links gelegene „X“- sowie die rechts gelegene „Komma“-Taste benötigt. Diese wurden im vornherein farblich markiert, um Unklarheiten zu beseitigen. Während der Zielreizdetektionsaufgabe verwendeten die Versuchspersonen den Zeigefinger der dominanten Hand um zu antworten, während der Sichtbarkeitsüberprüfung wurde dann für jede Taste ein Zeigefinger verwendet.

Die Versuchsleiterin war während der gesamten Durchführung der Untersuchung präsent, um gegebenenfalls Fragen zu beantworten oder, falls gewünscht, nochmals die Instruktionen zu erläutern.

4.3 Durchführung der Untersuchung

Die gesamte Untersuchung nahm je nach Schnelligkeit der Personen beim Anpassen des heterochromatischen Flickers sowie der Dauer der nötigen Kalibrationen des Eyetrackers zwischen 45 bis 75 Minuten in Anspruch. Vor jedem Abschnitt der Untersuchung erschien eine Instruktion am Computermonitor mit einer ausführlichen Erklärung, welche Art Aufgabe als nächstes zu bearbeiten war. Zusätzlich wurden die Personen verbal von der Versuchsleiterin instruiert, um Missverständnissen vorzubeugen.

4.3.1 Reizmaterial des heterochromatischen Flickers

Die Reize wurden vor einem weißen Hintergrund präsentiert. Im Zentrum des Bildschirms erschien eine graue Scheibe (Größe: $3,1^\circ \times 3,1^\circ$; CLab Farbkoordinaten: 36,0/6,2/21,0). Durch abwechselnde Präsentation der Scheibe in Grau und in der zugewiesenen Farb-Bedingung, d.h. entweder Rot, Grün oder Blau, entstand ein deutlicher Flickereindruck. Die Flickerscheibe wechselte die Farbe alle 45 ms mit einer Frequenz von 22 Hz.

4.3.2 Durchführung des heterochromatischen Flickers

Der heterochromatische Flicker wurde vor und nach dem eigentlichen Experiment durchgeführt. Die Instruktion für die Versuchspersonen lautet wie folgt:

Sie können die Helligkeit der Farbe angleichen: Mit der „Komma“-Taste können Sie die Helligkeit erhöhen. Mit der „X“-Taste können Sie die Helligkeit erniedrigen.

Passen Sie bitte die Helligkeit solange an, bis Sie das Flickern nicht mehr / nur noch minimal wahrnehmen.

Durch Betätigung der links gelegenen „X“- und der rechts gelegenen „Komma“-Taste konnten die Versuchspersonen die Luminanz, d.h. die Helligkeitskomponente, der kolorierten Scheibe verringern bzw. vergrößern. Um eine hohe Antwortgenauigkeit zu erwirken, wurde die Anpassung des Flickers von jeweils drei unterschiedlichen Startpunkten pro Farbe begonnen.

In jedem Flicker-Programm konnten die Versuchspersonen aus 14 Abstufungen wählen:

Bei Grün lagen die Startpunkte bei:

- RGB Farbkoordinaten: 0,120,0; die Luminanz konnte pro Tastendruck um 5 Einheiten verringert bzw. vergrößert werden
- RGB Farbkoordinaten: 0,118,0; pro Tastendruck / 2 Einheiten
- RGB Farbkoordinaten: 0,118,0; pro Tastendruck / 1 Einheit

Bei Rot lagen die Startpunkte bei:

- RGB Farbkoordinaten: 140,0,0; pro Tastendruck / 5 Einheiten
- RGB Farbkoordinaten: 160,0,0; pro Tastendruck / 5 Einheiten
- RGB Farbkoordinaten: 180,0,0; pro Tastendruck / 5 Einheiten

Bei Blau lagen die Startpunkte bei:

- RGB Farbkoordinaten: 0,0,180; pro Tastendruck / 5 Einheiten
- RGB Farbkoordinaten: 0,0,200; pro Tastendruck / 5 Einheiten
- RGB Farbkoordinaten: 0,0,220; pro Tastendruck / 5 Einheiten

Selbstverständlich mussten die Versuchspersonen nur jeweils die Farbe bearbeiten, die ihnen zu Beginn der Untersuchung randomisiert zugewiesen und später als Zielreiz im eigentlichen Experiment vorgegeben wurde. Jede Versuchsperson arbeitete mindestens einmal alle drei möglichen Startpunkte ihrer Farb-Bedingung durch. Um sich zunächst mit der Aufgabe vertraut zu machen, und in weiterer Folge mindestens dreimal dieselbe Lösung zu erzielen, benötigten die Versuchspersonen meistens sechs bis acht Wiederholungen der Flicker-Simulation. Bei dieser Aufgabe war keine Zeitbegrenzung vorgesehen.

Nach Absolvieren des eigentlichen Experiments bearbeiteten die Versuchspersonen erneut die Flicker-Simulation. Fünf Personen wiesen sowohl beim Flickern vor als auch nach der Untersuchung sehr heterogene Ergebnisse auf und konnten kein eindeutiges Ergebnis erzielen. Die anderen 19 Personen wählten konstant denselben subjektiv abgestimmten Flicker.

4.3.3 Reizmaterial des Experiments

Für das vorliegende Experiment wurden die Versuchsbedingungen von Mulckhuyse et al. (2007) weitgehend adaptiert (vgl. Fuchs & Ansorge, 2012a, 2012b; Fuchs et al., 2012).

Alle Reize wurden vor einem grauen Hintergrund (CLab Farbkoordinaten: 36,0/6,2/21,0) präsentiert. Bereits in der Instruktion des Experiments wie auch während des Kalibrierens des Eyetrackers wurden die Versuchspersonen gebeten ihren Blick stets in die Mitte des Bildschirms zu richten. Zu Beginn jedes Durchgangs wurde ein Fixationskreuz eingeblendet, nur wenn dieses von der Versuchsperson fixiert wurde, startete der Durchgang. Es folgte für 200 ms ein grauer Bildschirm ohne Reiz. Dann erschien für 16 ms der Onset-Hinweisreiz in Form eines schwarzen Ringes (Größe: $3,0^\circ \times 3,0^\circ$; Strichstärke: $0,25^\circ$; 10° links oder rechts von der Mitte). Der Hinweisreiz wurde nach den Vorgaben des Paradigmas von Mulckhuyse et al. (2007; s. Abschnitt 2.4.4 *Bottom-up-Verarbeitung von subliminalen Hinweisreizen*) gestaltet. Der Hinweisreiz sah dem Zielreiz nicht ähnlich, bot keine Hilfestellung zur Lösung der Aufgabe, war nicht informativ über die Position des Zielreizes und sein Erkennen war auch nicht Ziel der Zielreizdetektionsaufgabe (s. *Abbildung 8*).

Nun gab es zwei Möglichkeiten: Entweder folgte auf den Hinweisreiz ohne weitere zeitliche Verzögerung der Zielreiz inklusive der zwei zusätzlichen Platzhalterringe, die identisch aussahen wie der Hinweisreiz und in der Mitte des Bildschirms sowie auf der gegenüberliegenden Seite des Hinweisreizes präsentiert wurden. In diesem Fall lag ein kurzes SOA von 16 ms vor. Oder es erschienen zuerst für 1000 ms die zwei Platzhalterringe und erst darauffolgend der Zielreiz. In diesem Fall beträgt das SOA 1016 ms. In beiden Fällen wurde der Zielreiz 80 ms lang präsentiert. Der Zielreiz, eine kolorierte Scheibe (Größe: $1,9^\circ \times 1,9^\circ$) in den Farben Rot, Grün oder Blau wurde auf derselben oder auf der gegenüberliegenden Seite des Hinweisreizes gezeigt.

Die Zielreizdetektionsaufgabe umfasste insgesamt 240 Durchgänge, bei 120 Durchgängen wurden objektiv luminanzegalisierte grüne (RGB Farbkoordinaten: 0,120,0; CLab Farbkoordinaten: 37,0/-44,7/31,7), rote (RGB Farbkoordinaten: 155,0,0; CLab Farbkoordinaten: 36,9/50,1/39,3) oder blaue (RGB Farbkoordinaten: 0,0,210; CLab Farbkoordinaten: 36,9/63,1/-120,0) Farbscheiben als Zielreize eingeblendet. Die anderen 120 Durchgänge beinhalteten subjektiv luminanzegalisierte Zielreize, deren Luminanz

mit Hilfe der Flicker-Simulation individuell von jeder Versuchsperson selbst festgelegt wurde.

Nach dem Abklingen des Zielreizes blieben die Platzhalterringe noch für 1000 ms sichtbar. Daraufhin folgte erneut für 200 ms ein grauer Bildschirm ohne Reiz.

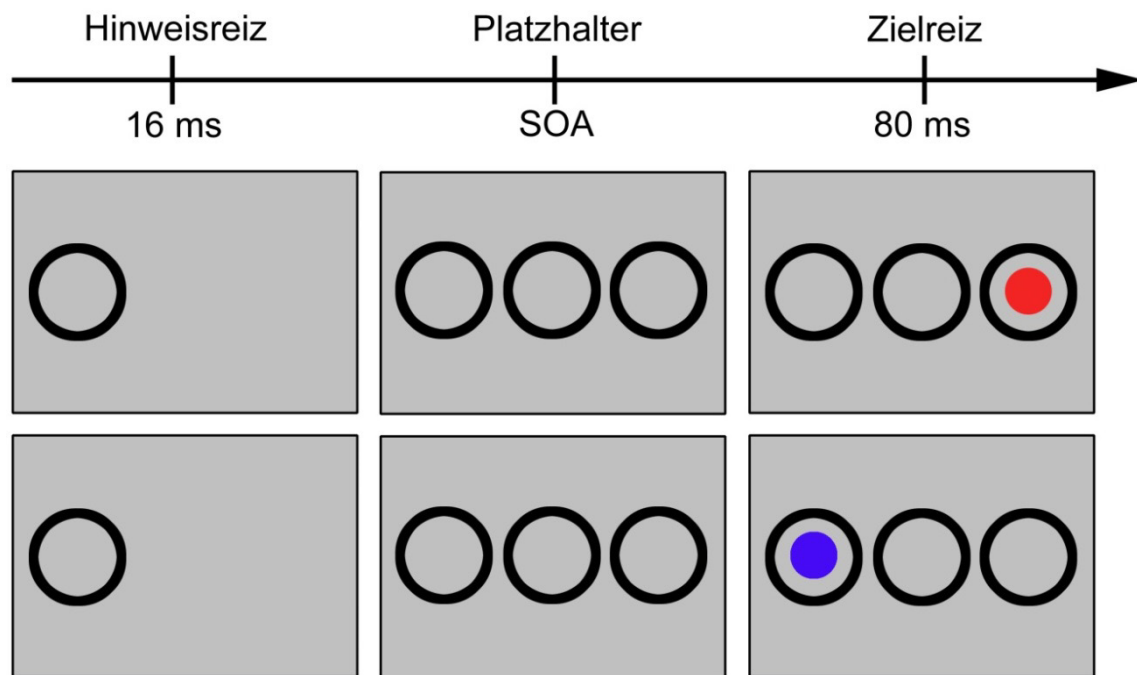


Abbildung 8. Schematische Darstellung von Durchgängen aus dem Experiment zu vorliegender Diplomarbeit. SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Der Hinweisreiz war ein schwarzer Ring, der für 16 ms eingeblendet wurde. Der Zielreiz, eine Scheibe in einer zugewiesenen Farbe (Rot, Grün oder Blau), wurde entweder gleichzeitig mit den zwei verbliebenen Platzhalter-Ringen 16 ms nach Auftreten des Hinweisreizes präsentiert oder erst nach 1016 ms. Der oben dargestellte Durchgang ist ein nicht-valider Durchgang, da Hinweis- und Zielreiz nicht an derselben Position erscheinen. Der unten dargestellte Durchgang ist valide. Die farbigen Zielreize wurden in zwei unterschiedlichen Blöcken entweder objektiv oder subjektiv luminanzegalisiert angeboten.

4.3.4 Durchführung des Experiments

4.3.4.1 Zielreizdetektionsaufgabe

Die Zielreizdetektionsaufgabe umfasste insgesamt 120 Durchgänge. Die Instruktion für die Versuchspersonen lautete wie folgt:

Das eigentliche Experiment beginnt jetzt! Sie werden nun auf dem Bildschirm jeweils drei Ringe sehen. In manchen Durchgängen erscheint danach eine FARBIGE Scheibe in einem der Ringe.

Wenn Sie diese sehen, drücken Sie so schnell wie möglich die LEERTASTE.

Wenn keine FARBIGE Scheibe erscheint, drücken Sie bitte nichts.

Versuchen Sie während des ganzen Experiments Ihre Augen auf die Mitte fixiert zu halten. Drücken Sie die LEERTASTE immer mit einem Zeigefinger. Zunächst folgen einige Übungsdurchgänge. Wenn Sie bereit sind, starten Sie das Experiment mit der LEERTASTE.

Nach der Instruktion der Zielreizdetektionsaufgabe wurde die Aufgabe mit acht Übungsdurchgängen zusätzlich veranschaulicht. Nach jeder Übungsaufgabe erhielt die Versuchsperson entweder ein kurzes positives oder negatives Feedback, dieses wurde für 750 ms eingeblendet.

Das Feedback bei einer falschen Antwort lautete:

Falsch oder zu langsam!

Das Feedback bei einer richtigen Antwort während der Übungsaufgabe lautete:

Richtig!

Nach den Übungsaufgaben wurde noch folgende Instruktion eingeblendet:

*Falls Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin.
Ab sofort bekommen Sie nur noch Rückmeldungen auf falsche oder zu langsame Reaktionen (nicht mehr auf richtige).*

Um eine hohe Antwortgenauigkeit und schnelle Reaktionszeiten zu begünstigen, erhielten die Versuchspersonen im weiteren Verlauf der Zielreizdetektionsaufgabe nur noch bei falschen Antworten oder Reaktionszeiten über 1250 ms ein negatives Feedback.

Der Zielreiz wurde bei 80 % der Durchgänge präsentiert. Bei Erkennen des Zielreizes sollten die Versuchspersonen die Leertaste betätigen. Bei 20 % der Durchgänge erschien kein Zielreiz. In diesen Fällen sollten die Versuchspersonen weder die Leertaste noch eine andere Taste drücken.

Je nachdem welche Bedingung der Person zugewiesen wurde, wurden zuerst 120 Durchgänge mit entweder den objektiv oder den subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen in der jeweils zugewiesenen Farbe, d.h. Rot, Grün oder Blau, präsentiert. Nach jeweils 60 Durchgängen wurden die Versuchspersonen aufgefordert eine kurze Pause einzulegen. Die Versuchspersonen konnten die Dauer der Pausen selbst bestimmen oder

auch gar nicht in Anspruch nehmen, wurden aber instruiert den Kopf möglichst nicht zu bewegen und hauptsächlich die Augen selbst auszuruhen.

4.3.4.2 Sichtbarkeitsüberprüfung der subliminalen Hinweisreize

Die Sichtbarkeitsüberprüfung umfasste insgesamt 80 Durchgänge, die in ihrem Ablauf ident waren zu denen in der Zielreizdetektionsaufgabe. Die Aufgabe an sich war aber nicht dieselbe. Die Versuchspersonen wurden vor Beginn der Durchgänge explizit darauf hingewiesen, dass vor dem Zielreiz ein Hinweisreiz erscheint. Die Versuchspersonen sollten nun angeben, auf welcher Seite dieser Hinweisreiz zu sehen war. Die Instruktion für die Versuchspersonen lautete wie folgt:

Nun folgt der nächste Teil des Experiments. Hier sehen Sie dieselben Durchgänge wie im ersten Block mit jeweils drei Ringen. Einer der beiden äußeren Ringe erscheint jeweils etwas früher als die anderen Ringe. Bitte geben Sie an, welcher RING zuerst sichtbar war.

Falls Sie sich nicht sicher sind, welcher RING früher erschienen ist, entscheiden Sie sich intuitiv für eine Seite!

Antworten Sie erst, wenn die Frage „Links oder Rechts?“ am Bildschirm erscheint! Versuchen Sie wieder, während des gesamten Durchganges die Mitte zu fixieren! Versuchen Sie außerdem die Scheiben zu ignorieren und nur zu beantworten, auf welcher Seite der RING zuerst erschienen ist.

In diesem Block bekommen Sie KEINE Rückmeldung!

Durch Drücken der links gelegenen „X“- bzw. der rechts gelegenen „Komma“-Taste konnten die Versuchspersonen angeben, ob der Hinweisreiz links oder rechts von der Mitte präsentiert wurde. Je nachdem welcher Bedingung die Person zugewiesen wurde, kamen zuerst 40 Durchgänge mit entweder den objektiv oder den subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen. Nach jeweils 20 Durchgängen wurden die Versuchspersonen angewiesen eine kurze Pause einzulegen. Auch hier konnten die Versuchspersonen die Pausendauer individuell wählen.

5. Ergebnisse

Die vorliegenden Daten wurden mit Hilfe von „IBM SPSS Statistics 21“ analysiert.

5.1 Zielreizdetektionsaufgabe

Generell wurden 20 % der Durchgänge, bei denen der Zielreiz nicht präsentiert wurde, nicht in die statistische Analyse miteinbezogen. Des Weiteren wurden 1,34 % der Durchgänge aufgrund falscher Antworten ausgeschlossen. Das war der Fall, wenn die Versuchsperson keine Taste drückte, obwohl der Zielreiz präsent war. Ebenso wurden weitere 3,50 % der Durchgänge nicht miteinberechnet, da sie Ausreißer darstellten; bei diesen Durchgängen lagen die Reaktionszeiten mehr als zwei Standardabweichungen vom jeweiligen Mittelwert entfernt. Eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung wurde durchgeführt, um die durchschnittliche Reaktionszeit (RZ) der Versuchspersonen unter Einbezug der drei Innersubjekt-Faktoren *Position* (selbe Position [SP] gegen unterschiedliche Position [UP]), *SOA* (kurz [16 ms] gegen lang [1016 ms]) und *Luminanz* (subjektiv luminanzegalisierte Zielreize [SUBJ] gegen objektiv luminanzegalisierte Zielreize [OBJ]) zu berechnen.

Zur Vermeidung von Alphafehler-Kumulierungen bei mehreren Paarvergleichen wurden die post-hoc *t*-Tests nach Bonferroni korrigiert. Bei Verletzung der Homogenität der Varianzen bei der Testung der Sphärizität durch den Mauchly-Test wurde durch das Greenhouse-Geisser-Epsilon berichtigt.

In die erste Analyse wurden alle 24 Versuchspersonen in die Auswertung der Daten miteinbezogen.

Tabelle 1.

Varianzanalyse der korrigierten gemittelten Reaktionszeiten aller 24 Versuchspersonen.

Quelle	<i>df</i>	<i>df</i> (Fehler)	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
Position	1	23	6,62	0,02*	0,22
SOA	1	23	21,04	< 0,01*	0,48
Luminanz	1	23	0,33	0,57	0,01
Position × SOA	1	23	26,00	< 0,01*	0,53
Position × Luminanz	1	23	0,22	0,65	0,01
SOA × Luminanz	1	23	0,14	0,72	0,01
Position × SOA × Luminanz	1	23	0,61	0,44	0,03

Die ANOVA für die Reaktionszeiten ergab einen signifikanten Haupteffekt der *Position* $F(1, 23) = 6,62, p = 0,02, \eta_p^2 = 0,22$ mit schnelleren RZ in SP (RZ = 402,63 ms) als in UP (RZ = 409,18 ms).

Ebenso ergab sich ein signifikanter Haupteffekt in Bezug auf das *SOA* $F(1, 23) = 21,04, p < 0,01, \eta_p^2 = 0,48$ mit schnelleren RZ beim langen SOA mit 1016 ms (RZ = 390,72 ms) im Vergleich zu langsameren RZ beim kurzen SOA mit 16 ms (RZ = 421,09 ms).

Es gab keinen signifikanten Haupteffekt beim Faktor *Luminanz* $F(1, 23) = 0,33, p = 0,57, \eta_p^2 = 0,01$ mit schnelleren RZ bei OBJ (RZ = 404,61 ms) wie bei Aufgaben mit SUBJ (RZ = 407,20 ms).

Eine signifikante Interaktion wurde bei den Faktoren *Position* und *SOA* gefunden, $F(1, 23) = 26,00, p < 0,01, \eta_p^2 = 0,53$. Der Post-Hoc durchgeführte *t*-Test korrigiert nach Bonferroni bestätigt einen signifikanten Erleichterungseffekt bei Verwendung des kurzen SOAs (SP: RZ = 412,51 ms; UP: RZ = 429,67 ms; $p < 0,01$). Den Versuchspersonen gelang es, signifikant schneller auf Zielreize, die nach einem kurzen SOA erschienen, zu antworten. Kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten konnte bei den Bedingungen SP/langes SOA und UP/langes SOA (SP: RZ = 392,76 ms; UP: RZ = 388,69 ms; $p = 0,24$) festgestellt werden. Eine Rückkehrhemmung bei Verwendung des langen SOAs konnte nicht festgestellt werden. Der klassische biphasische Effekt konnte somit nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 2.

Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion *Position* $\times$ *SOA*.

SOA	selbe Position	unterschiedliche Position	<i>p</i>
kurz (16 ms)	412,51 ms	429,67 ms	< 0,01*
lang (1016 ms)	392,76 ms	388,69 ms	0,24

Anmerkung. Ein post-hoc *t*-Test korrigiert nach Bonferroni wurde durchgeführt. SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Die Hinweis- und Zielreize konnten entweder an denselben oder an unterschiedlichen Positionen auftreten. Die Reaktionszeiten unterschieden sich bei einem kurzen Zeitintervall signifikant voneinander.

Keine signifikante Interaktion konnte bei den Faktoren *Position* und *Luminanz* nachgewiesen werden, $F(1, 23) = 0,22, p = 0,65, \eta_p^2 = 0,01$.

Tabelle 3.

Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion *Position* × *Luminanz*.

Luminanz	selbe Position	unterschiedliche Position
objektiv luminanzegalisiert	401,83 ms	407,39 ms
subjektiv luminanzegalisiert	403,43 ms	410,98 ms

Anmerkung. Luminanz beschreibt die Art des Zielreizes: Es gab sowohl objektiv als auch subjektiv luminanzegalisierte Zielreize. Diese konnten an denselben Positionen oder unterschiedlichen Positionen wie die Hinweisreize auftreten.

Des Weiteren konnte keine signifikante Interaktion bei den Faktoren *SOA* und *Luminanz* festgestellt werden, $F(1, 23) = 0,14$, $p = 0,72$, $\eta_p^2 = 0,01$.

Tabelle 4.

Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion *SOA* × *Luminanz*.

SOA	objektiv luminanzegalisierte	subjektiv luminanzegalisierte
kurz (16 ms)	388,97 ms	392,48 ms
lang (1016 ms)	420,25 ms	421,93 ms

Anmerkung. SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Die objektiv oder subjektiv luminanzegalisierten Zielreize konnten entweder 16 ms nach Auftreten der Hinweisreize erscheinen oder erst nach 1016 ms.

Keine signifikante Interaktion konnte bei den Faktoren *Position*, *SOA* und *Luminanz* festgestellt werden $F(1, 23) = 0,61$, $p = 0,44$, $\eta_p^2 = 0,03$.

Tabelle 5.

Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion *Position* × *SOA* × *Luminanz*.

SOA	SP/OBJ	UP/OBJ	SOA	SP/SUBJ	UP/SUBJ
kurz (16 ms)	411,43	429,06	kurz (16 ms)	413,59	430,28
lang (1016 ms)	392,23	385,71	Lang (1016 ms)	393,28	391,67

Anmerkung. SOA beschreibt das Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes. Die Zielreize konnten entweder an denselben Positionen (SP) wie die Hinweisreize erscheinen, oder an unterschiedlichen Positionen (UP). Die Zielreize waren entweder objektiv (OBJ) oder subjektiv luminanzegalisiert (SUBJ).

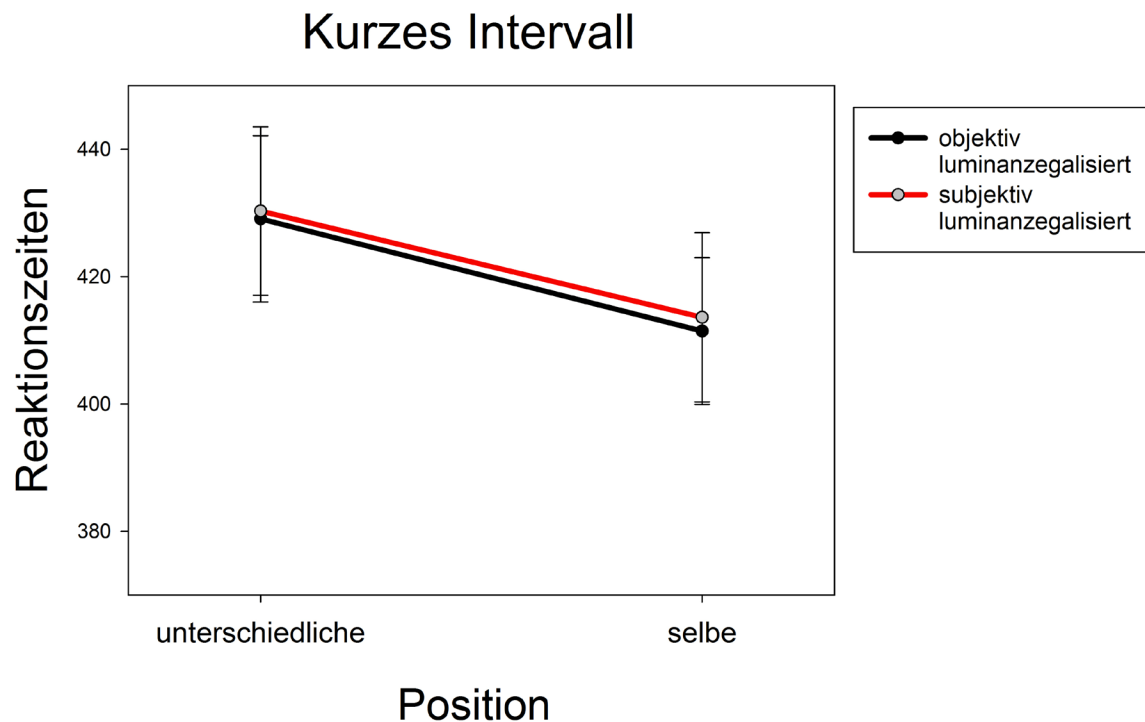


Abbildung 9. Darstellung der mittleren Reaktionszeiten für das kurze Intervall (16 ms). Die Abbildung zeigt die korrigierten gemittelten Reaktionszeiten (y-Achse) mit dem Standardfehler des Mittelwertes (Fehlerbalken), wenn der Hinweisreiz und der Zielreiz an unterschiedlichen Positionen oder an derselben Position (x-Achse) auftreten, in den beiden Zielreiz-Bedingungen (objektiv luminanzegalisierte [schwarz] und subjektiv luminanzegalisierte Zielreize [rot]).

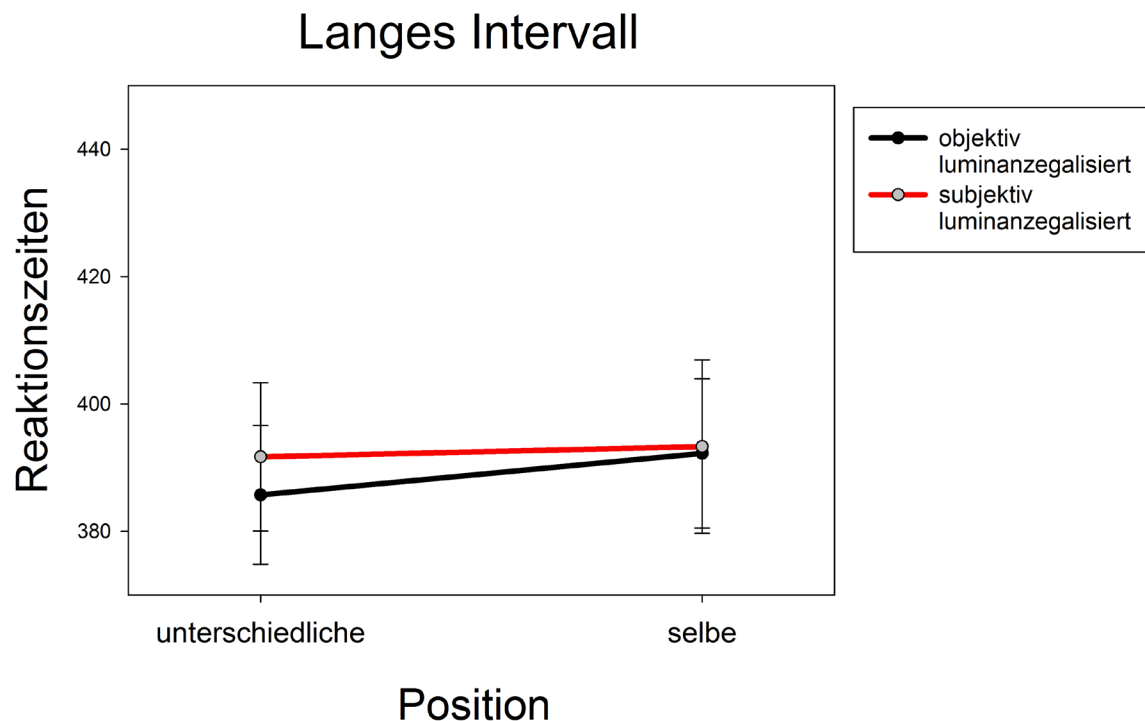


Abbildung 10. Darstellung der mittleren Reaktionszeiten für das lange Intervall (1016 ms). Die Abbildung zeigt die korrigierten gemittelten Reaktionszeiten (y-Achse) mit dem Standardfehler des Mittelwertes (Fehlerbalken), wenn der Hinweisreiz und der Zielreiz an unterschiedlichen Positionen oder an derselben Position (x-Achse) auftreten, in den beiden Zielreiz-Bedingungen (objektiv luminanzegalisierte [schwarz] und subjektiv luminanzegalisierte Zielreize [rot]).

Tabelle 6.

Varianzanalyse der korrigierten gemittelten Reaktionszeiten der 19 Versuchspersonen mit stabilem Flicker-Verhalten.

Quelle	<i>df</i>	<i>df</i> (Fehler)	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
Position	1	18	4,73	0,04*	0,21
SOA	1	18	46,65	< 0,01*	0,72
Luminanz	1	18	0,29	0,60	0,02
Position × SOA	1	18	25,98	< 0,01*	0,59
Position × Luminanz	1	18	0,31	0,58	0,02
SOA × Luminanz	1	18	0,07	0,79	0,01
Position × SOA × Luminanz	1	18	0,52	0,48	0,03

In eine zweite Analyse wurden 19 Versuchspersonen, die über ein stabiles Flicker-Verhalten verfügten, miteinbezogen. Dieses stabile Flicker-Verhalten zeichnet sich dadurch aus, dass jene Versuchspersonen das grundlegende Prinzip und somit das Ziel des Flickers sehr rasch erfasst hatten und dadurch sehr homogene Ergebnisse erzielen konnten. Für diese wiederholte Analyse der Daten wurde genau dasselbe Auswertungsschema verwendet. Es ergaben sich signifikante Haupteffekte in Bezug auf die *Position*, das *SOA* sowie eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren *Position* und *SOA* (alle $ps < 0,05$; s. *Tabelle 6*). Keinen signifikanten Haupteffekt gab es beim Faktor *Luminanz*, keine signifikante Interaktion konnte sowohl bei den Faktoren *Position* und *Luminanz* als auch *SOA* und *Luminanz* nachgewiesen werden und auch die Dreifach-Interaktion mit den Faktoren *Position*, *SOA* und *Luminanz* war nicht signifikant (alle $ps > 0,05$; s. *Tabelle 6*).

5.2 Sichtbarkeitsüberprüfung der subliminalen Hinweisreize

Alle Versuchspersonen gaben an, dass sie die Hinweisreize in der Zielreizdetektionsaufgabe nicht wahrgenommen hatten, somit ist eine subjektive Sichtbarkeit der Hinweisreize auszuschließen. Dennoch wurde diese Aussage in einem zweiten Aufgabenblock überprüft.

Nach der Sichtbarkeitsüberprüfung, bei dem die Versuchspersonen explizit darauf hingewiesen wurden, dass in jedem Durchgang ein Hinweisreiz vor dem Zielreiz erscheinen wird, gaben 21 Versuchspersonen nach dem Experiment an, dass sie die subliminalen Hinweisreize nicht bewusst wahrnehmen konnten und ihr Antwortverhalten rein auf Intuition beruht habe. Drei Versuchspersonen beschrieben, dass es ihnen möglich

war, die Hinweisreize teilweise wahrzunehmen. Sie erklärten, dass sie, je nachdem auf welcher Seite der Hinweisreiz erschien, Bewegungsschlieren wahrnehmen konnten.

Um die objektive Sichtbarkeit der Hinweisreize zu überprüfen, wurden das Sensitivitätsmaß d' (Green & Swets, 1966, zitiert nach Ansorge et al., 2010) für jene Durchgänge, bei denen die Zielreize präsentiert wurde, berechnet. Die korrekte Antwort auf einen Hinweisreiz auf der rechten Seite wurde als Treffer gezählt, eine falsche Antwort auf einen Hinweisreiz auf der rechten Seite als falscher Alarm. Das Sensitivitätsmaß d' wird aus der Differenz zwischen den z -transformierten Wahrscheinlichkeiten der Treffer minus der z -transformierten Wahrscheinlichkeiten der falschen Alarme berechnet.

Es wurde jeweils ein t -Test bei einer Stichprobe gegen null durchgeführt. Je höher der Wert von d' wird, desto eindeutiger gelang es den Versuchspersonen den Hinweisreiz zu entdecken und korrekt auf ihn zu antworten. Wenn d' den Wert null annimmt, ist davon auszugehen, dass die Versuchspersonen die Hinweisreize nicht bewusst wahrnehmen konnten und deshalb ihre Leistung nur dem Zufallsniveau entspricht. Das mittlere d' liegt mit 0,30 (Range von -0,32 bis 1,25) signifikant über dem Zufallslevel ($p < 0,01$). Wenn d' nur für die Sichtbarkeit der Hinweisreize vor objektiv luminanzegalisierten Zielreizen berechnet wird, liegt das mittlere d' mit 0,42 (Range von -0,65 bis 1,89) signifikant über dem Zufallslevel ($p < 0,01$). Wenn d' nur für die Sichtbarkeit der Hinweisreize vor subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen berechnet wird, liegt das mittlere d' mit 0,31 (Range von -1,15 bis 1,82) signifikant über dem Zufallslevel ($p = 0,02$).

6. Diskussion

Die vorliegende Diplomarbeit hat sich in Anlehnung an die Experimente von Fuchs und Ansorge (2012b), Fuchs et al. (2012) und Mulckhuyse et al. (2007) ebenso mit der Debatte über Top-down- und Bottom-up-Aufmerksamkeitsprozesse in der unbewussten, visuellen Verarbeitung befasst. Ein besonderes Anliegen war es, herauszufinden, ob Farbreize und Kontrastreize in unterschiedlicher Weise vom Menschen verarbeitet werden und die Colliculi-superiores-Hypothese (vgl. Mulckhuyse & Theeuwes, 2012a) zu überprüfen. In diesem Abschnitt sollen nun die erzielten Ergebnisse in Hinblick auf aktuelle Forschungsarbeiten dargestellt und diskutiert werden.

In Abschnitt 3.1 *Präzisierung der Fragestellung* wurden drei Hypothesen besprochen: Die Top-down-Hypothese, die Bottom-up-Hypothese und die Colliculi-superiores-Hypothese.

Mit Hilfe des Experiments zu vorliegender Diplomarbeit konnte die Annahme, dass Erleichterungseffekte auch bei Verwendung von subliminal präsentierten Onset-Hinweisreizen eintreten können, bestätigt werden. Die Erleichterungseffekte, die sich einstellen, wenn sich Hinweis- und Zielreiz dieselbe räumliche Position teilen und mit einem kurzen SOA von 16 ms hintereinander auftreten, konnten sowohl bei objektiv luminanzegalisierten Zielreizen als auch bei subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen nachgewiesen werden. Der Erleichterungseffekt äußerte sich darin, dass es den Versuchspersonen schneller gelang Zielreize wahrzunehmen, die an denselben Positionen wie die vorangehenden Hinweisreize erschienen. Eine Rückkehrhemmung, die nach einem langen SOA von 1016 ms auf die Erleichterungseffekte folgen sollte, konnte bei keiner der beiden Zielreiz-Arten festgestellt werden. Generell hatte der Faktor *Luminanz*, d.h. ob die Zielreize objektiv oder subjektiv luminanzegalisiert waren, keine Auswirkung auf die Ergebnisse. In Hinblick auf die Reaktionszeiten ließ sich feststellen, dass die Versuchspersonen schneller auf objektiv luminanzegalisierte Zielreize reagieren konnten (s. *Tabelle 4* in Abschnitt 5.1 *Zielreizdetektionsaufgabe*), wobei der Unterschied in den Reaktionszeiten nicht signifikant war.

Diese Ergebnisse unterstützen die Bottom-up-Hypothese der Verarbeitung des dargebotenen Reizmaterials. Die selektive visuelle Aufmerksamkeit der

Versuchspersonen wurde demnach exogen und automatisch auf die salienten Kontrast-Onset-Hinweisreize verlagert. Diese Ergebnisse stimmen mit den Resultaten von Fuchs und Ansorge (2012b), Fuchs et al. (2012) und Mulckhuyse et al. (2007) überein. Die Ergebnisse entsprechen nicht der Top-down-Hypothese, denn diese wäre nur dann gültig gewesen, wenn die Erleichterungseffekte nur bei den objektiv luminanzegalisierten Zielreizen eingetreten wären. Durch das Vorhandensein von noch subjektiv wahrnehmbaren Kontrastinformationen hätten die objektiv luminanzegalisierten Zielreize zur Ausbildung eines Kontrast-Suchsets beigetragen und nur diese Art von Zielreiz hätte von der Präsentation der Kontrast-Hinweisreize profitieren können. Bei den subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen hingegen, die sich aufgrund ihrer Farbe vom Hintergrund abheben, hätten die Versuchspersonen keinen Vorteil aus den vorangehenden Kontrast-Hinweisreizen ziehen können. Doch die erbrachten Ergebnisse stehen ganz im Gegensatz zu den Annahmen der Vertreter der Top-down-Sichtweise (vgl. Ansorge et al., 2010; Folk et al., 1992).

Eine mögliche Erklärung für die Bottom-up-Verarbeitung der Onset-Hinweisreize könnte ihr plötzliches Auftreten sein. Bereits Jonides und Yantis (1988) stellten in ihrer Forschungsarbeit fest, dass Onset-Reize eine einzigartige Rolle bei der Verlagerung der visuellen Aufmerksamkeit spielen. Onset-Reizen gelingt es, unabhängig von dem gefestigten Top-down-Suchset der Versuchsperson, die Aufmerksamkeit auf sich zu verlagern. Im Gegensatz dazu gelingt es Störreizen, die sich nur über eine spezielle Farbgebung oder eine Luminanzveränderung definieren, nicht ein Top-down-Suchset zu überlagern (Theeuwes, 2010). Schreij et al. (2008) konnten mit ihren Ergebnissen die Annahmen von Jonides und Yantis (1988) bestätigen. Schreij et al. (2008) kamen zu dem Schluss, dass es Onset-Hinweisen gelingt Top-down-Suchsets, etwa für Farbe, zu überschreiben. Das Suchset der Versuchsperson kann eine Aufmerksamkeitsverlagerung durch einen Onset-Hinweisreiz nicht verhindern.

Die Bestätigung der Hypothese zur Bottom-up-Verarbeitung von subliminal präsentierten Hinweisreizen wird nur durch das Nicht-Vorhandensein einer Rückkehrhemmung bei einem langen SOA von 1016 ms getrübt. Für Mulckhuyse und Theeuwes (2010a; vgl. Mulckhuyse et al., 2007; Theeuwes & Godijn, 2002, 2004) ist die Rückkehrhemmung ein essentieller Bestandteil des biphasischen Effekts (s. Abschnitt 2.3.5 *Bottom-up-Verarbeitung*) und ein Kennzeichen der exogenen Bottom-up-Verarbeitung. Bei

Betrachtung der Reaktionszeiten ist lediglich eine Tendenz zur Rückkehrhemmung bei den Reaktionszeiten der objektiv luminanzegalisierten Zielreize bei einem langen SOA von 1016 ms zu erkennen. Doch auch andere Studien zur Bottom-up-Verarbeitung von Reizen konnten den Effekt der Rückkehrhemmung nicht nachweisen (Fuchs & Ansorge, 2012b; Fuchs et al., 2012; McCormick, 1997; Scharlau, Ansorge & Horstmann, 2006). Fuchs und Ansorge (2012a) replizierten sogar das Experiment von Mulckhuyse et al. (2007) und verwendeten für die Hinweis- und Zielreize genau dieselben Luminanzen. Die Rückkehrhemmung blieb aus. In ihrer Forschungsarbeit plädierten Fuchs und Ansorge (2012a) dafür, dass der biphasische Effekt und insbesondere natürlich die Rückkehrhemmung nicht zwangsläufig eine exogene Verarbeitung von Reizen kennzeichnet. Es kamen Zweifel am strengen Konzept von Mulckhuyse et al. (2007; vgl. Mulckhuyse & Theeuwes, 2012a) auf. Auch Prinzmetal, Taylor, Myers und Nguyen-Espino (2011) äußerten in ihrer Forschungsarbeit Bedenken und bezweifelten, dass der Erleichterungseffekt und die Rückkehrhemmung die Gegensätze nur eines zugrundeliegenden neuronalen Mechanismus sind. In ihrem Experiment fanden sie die Erleichterungseffekte nur, wenn zusätzlich zum Zielreiz auch Störreize gezeigt wurden. Die Rückkehrhemmung konnten sie hingegen bloß nachweisen, wenn keine Störreize verwendet wurden.

Ein weiterer Unterschied zum Experiment von Mulckhuyse et al. (2007) ist, dass die verwendeten Hinweisreize offensichtlich nicht gänzlich subliminal waren. Die Hinweisreize wurden laut Sensitivitätsmaß d' überzufällig häufig von den Versuchspersonen wahrgenommen. Für das Experiment zu vorliegender Diplomarbeit wurde das Paradigma von Mulckhuyse et al. (2007) weitgehend adaptiert. Die Hinweisreize glichen in den meisten Charakteristiken den Vorgaben von Mulckhuyse et al. (2007), aber nicht in ihrer äußeren Gestaltung. Mulckhuyse et al. (2007) verwendeten eine durchgehende Scheibe als Hinweisreiz. Bei dem vorliegenden Experiment wurden allerdings ringförmige Hinweisreize eingesetzt. Auch bei Fuchs und Ansorge (2012a; vgl. Fuchs & Ansorge, 2012b) lag die Leistung der Versuchspersonen bei der Sichtbarkeitsüberprüfung der subliminalen Hinweisreize über dem Zufallslevel. Ihr Experiment basierte ebenso auf den Bedingungen von Mulckhuyse et al. (2007) und sie verwendeten gleichermaßen Ringe als Hinweisreize. Fuchs und Ansorge (2012a) mutmaßten, dass die kleinen Differenzen in der Gestaltung möglicherweise für die fehlende Subliminalität verantwortlich sind.

Zu guter Letzt gilt es noch die Colliculi-superiores-Hypothese zu diskutieren. Die Ergebnisse des vorliegenden Experiments entsprechen nicht den Annahmen der Colliculi-superiores-Hypothese. Laut Mulckhuysen und Theeuwes (2010a; Mulckhuysen et al., 2007) sind die Colliculi superiores für die Orientierung zu und Wahrnehmung von subliminalen Reizen zuständig. Die Aufmerksamkeitsverlagerungen werden dabei durch Kontrastunterschiede ausgelöst, da die äußeren Schichten der Colliculi superiores farbenblind sind. Hinsichtlich dieser Farbinsensitivität hätte es zu keinen Erleichterungseffekten bei den subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen kommen sollen. Bei dieser Art von Zielreizen wurden jegliche Kontrastinformationen mit Hilfe des heterochromatischen Flickers (s. Abschnitt 2.6.1 *Heterochromatische Flicker-Fotometrie*) eliminiert. Die Zielreize konnten somit nur noch mit Hilfe ihrer Farbinformation wahrgenommen werden. Für die Verarbeitung dieser Farbinformation ist der parvozelluläre Pfad zuständig und nicht der magnozelluläre Pfad, der durch die Colliculi superiores verläuft (White, Boehnke, Marino, Itti & Munoz, 2009). Der farbsensitive, parvozelluläre Pfad (s. Abschnitt 2.5 *Biologische Grundlagen*) zeichnet sich, im Gegensatz zum magnozellulären Pfad, durch eine langsamere Verarbeitung der Farbreize aus. Da aber bei Berücksichtigung des Faktors *Luminanz* kein signifikanter Unterschied zwischen den Effekten bei objektiv luminanzegalisierten und bei subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen zu erkennen war, wäre es möglich, dass doch beide Arten von Zielreizen über die Colliculi superiores verarbeitet worden sind. Diese Möglichkeit gilt es in einem weiteren Experiment zu überprüfen, ein dafür mögliches Versuchsdesign wird in Abschnitt 7. *Ausblick* noch kurz erläutert.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse des vorliegenden Experiments, dass unbewusste Kontrast-Onset-Hinweisreize die selektive visuelle Aufmerksamkeit der Versuchspersonen exogen und automatisch auf sich ziehen können, ungeachtet dessen, ob bei der Suche nach den Zielreizen auf Kontrast- oder Farbinformationen zurückgegriffen wird. Somit kann die Bottom-up-Hypothese zur Verarbeitung von unbewussten, visuellen Reizen unterstützt werden und auch die Annahme, dass Onset-Reize über eine spezielle Anziehungskraft verfügen, konnte bestätigt werden.

7. Ausblick

In Abschnitt 6. *Diskussion* wurde bereits erörtert, dass die vorliegenden Ergebnisse nicht den Erwartungen der Colliculi-superiores-Hypothese entsprechen (s. Abschnitt 2.5.1 *Colliculi-superiores-Hypothese*), denn es traten Erleichterungseffekte sowohl bei den objektiv als auch bei den subjektiv luminanzegalisierten Zielreizen auf. Die Erleichterungseffekte sollten eigentlich nur bei den objektiv luminanzegalisierten Zielreizen auftreten, da diese noch über genügend subjektiv wahrnehmbare Kontrastinformationen verfügen, um eine Verarbeitung über die Colliculi superiores und den magnozellulären Kontrastpfad zu gewährleisten.

Eine mögliche Weiterentwicklung des Experiments der vorliegenden Diplomarbeit und eine zusätzliche Überprüfung der Colliculi-superiores-Hypothese wäre mit einer Überarbeitung des Reizmaterials, insbesondere der Zielreize, denkbar. Wie schon in Abschnitt 2.5.1 *Colliculi-superiores-Hypothese* erwähnt, projizieren nur die L- (lange Wellenlänge) und M-Zapfen (mittlere Wellenlänge) direkt zu den Colliculi superiores, nicht aber die S-Zapfen (kurze Wellenlänge) (Sumner, Adamjee & Mollon, 2002). Die Erleichterungseffekte des vorangegangenen Experiments könnten darauf zurückzuführen sein, dass die subjektiv luminanzegalisierten Zielreize zwar keine Kontrastinformationen mehr enthalten, aber sie dennoch mit ihrer Farbgebung die L- und M-Zapfen ansprechen. Es bedarf kaum Änderungen des eigentlichen Versuchsdesigns bei Verwendung des Paradigmas von Mulckhuyse et al. (2007), aber die Zielreize sollten derart gestaltet werden, dass sie aufgrund ihrer Farbgebung ausschließlich die S-Zapfen ansprechen und somit auf anderen neuronalen Pfaden verarbeitet werden müssen. Bei Einsatz der subliminalen schwarzen Kontrast-Onset-Hinweisreize, und darauffolgend die neu entwickelten S-Zapfen-Zielreize, wären, entsprechend der Colliculi-superiores-Hypothese, keine Erleichterungseffekte zu erwarten.

8. Literaturverzeichnis

- Allport, D. A. (1971). Parallel encoding within and between elementary stimulus dimensions. *Perceptions & Psychophysics*, *10*, 104-108.
- Ansorge, U. & Heumann, M. (2003). Top-down contingencies in peripheral cuing: The roles of color and location. *Journal of Experimental Psychology - Human Perception and Performance*, *29*, 937-948. doi: 10.1037/0096-1523.29.5.937
- Ansorge, U. & Heumann, M. (2004). Peripheral cuing by abrupt-onset cues: The influence of color in S-R corresponding conditions. *Acta Psychologica*, *116*, 115-143. doi: 10.1016/j.actpsy.2004.01.001
- Ansorge, U. & Horstmann, G. (2007). Preemptive control of attentional capture by color: Evidence from trial-by-trial analysis and ordering of onsets of capture effects in RT distributions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *60*, 952- 975. doi: 10.1080/17470210600822795
- 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. doi: 10.2478/v10053-008-0087-z
- Ansorge, U., Horstmann, G. & Worschech, F. (2010). Attentional capture by masked colour singletons. *Vision Research*, *50*, 2015-2027. doi: 10.1016/j.visres.2010.07.015
- Ansorge, U., Kiss, M. & Eimer, M. (2009). Goal-driven attentional capture by invisible colors: Evidence from event-related potentials. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*, 648-653. doi: 10.3758/PBR.16.4.648
- Ansorge, U., Kiss, M., Worschech, F. & Eimer, M. (2011). The initial stage of visual selection is controlled by top-down task set: New ERP evidence. *Attention, Perception & Psychophysics*, *73*, 113-122. doi: 10.3758/s13414-010-0008-3
- Ansorge, U. & Leder, H. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Ansorge, U. & Neumann, O. (2005). Intentions determine the effect of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cuing task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *31*, 762-777. doi: 10.1037/0096-1523.31.4.762
- Awh, E., Belopolsky, A. V. & Theeuwes, J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: A failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*, 437-443. doi: 10.1016/j.tics.2012.06.010
- Belopolsky, A. V., Schreij, D. & Theeuwes, J. (2010). What is top-down about contingent capture? *Attention, Perception & Psychophysics*, *72*, 326-341. doi: 10.3758/APP.72.2.326
- Bone, R. A. & Landrum, J. T. (2004). Heterochromatic flicker photometry. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *430*, 137-142. doi: 10.1016/j.abb.2004.04.003
- Bruchmann, M., Breitmeyer, B. G. & Pantev, C. (2010). Metacontrast masking within and between visual channels: Effects of orientation and spatial frequency contrasts. *Journal of Vision*, *10*, 1-14. doi: 10.1167/10.6.12
- Burnham, B. R. (2007). Displaywide visual features associated with a search display's appearance can mediate attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*, 392-422. doi: 10.3758/BF03194082
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision Research*, *51*, 1484-1525. doi: 10.1016/j.visres.2011.04.012
- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, *18*, 193-222. doi: 10.1146/annurev.ne.18.030195.001205
- Driver, J. (2001). A selective review of selective attention research from the past century. *British Journal of Psychology*, *92*, 53-78. doi: 10.1348/000712601162103
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*, 501-517. doi: 10.1037//0096-3445.113.4.501

- Egeth, H. E. & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48, 269-297. doi: 10.1146/annurev.psych.48.1.269
- Enns, J. T. & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 345-352. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01520-5
- Eriksen, B. A. & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149. doi: 10.3758/BF03203267
- Eriksen, C. W. & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240. doi: 10.3758/BF03211502
- Folk, C. L., Remington, R. W. & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1030-1044. doi: 10.1037//0096-1523.18.4.1030
- Fries, P., Reynolds, J. H., Rorie, A. E. & Desimone, R. (2001). Modulation of oscillatory neuronal synchronization by selective visual attention. *Science*, 291, 1560-1563. doi: 10.1126/science.1055465
- Fuchs, I. & Ansorge, U. (2012a). Inhibition of return is no hallmark of exogenous capture by unconscious cues. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 30, 1-8. doi: 10.3389/fnhum.2012.00030
- Fuchs, I. & Ansorge, U. (2012b). Unconscious cueing via the superior colliculi: Evidence from searching for onset and color targets. *Brain Sciences*, 2, 33-60. doi: 10.3390/brainsci2010033
- Fuchs, I., Theeuwes, J. & Ansorge, U. (2012). Exogenous attentional capture by subliminal abrupt-onset cues: Evidence from contrast-polarity independent cueing effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. Advance online publication. doi: 10.1037/a0030419

- 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. doi: 10.1037/0096-1523.30.3.538
- 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 eyes. *Vision Research*, 42, 1367-1378. doi: 10.1016/S0042-6989(02)00043-3
- Hickey, C., Chelazzi, L. & Theeuwes, J. (2010). Reward changes salience in human vision via the anterior cingulate. *The Journal of Neuroscience*, 30, 11096-11103. doi: 10.1523/J.NEUROSCI.1026-10.2010
- Itti, L. & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 194-203. doi: 10.1038/35058500
- 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. doi: 10.1167/3.1.4
- 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.
- Jonides, J. & Yantis, S. (1988). Uniqueness of abrupt visual onset in capturing attention. *Perception & Psychophysics*, 43, 346-354. doi:
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Science*, 4, 138-147. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01452-2
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology- Human Perception and Performance*, 9, 371-379. doi: 10.1037/0096-1523.9.3.371
- Lamme, V. A. F. (2000). Neural mechanisms of visual awareness: A linking proposition. *Brain and Mind*, 1, 385-406.
- Lamme, V. A. F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 12-18. doi: 10.1016/S1364-6613(02)00013-X

- Lamme, V. A. F. & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends Neuroscience*, 23, 571-579. doi: 10.1016/S0166-2236(00)01657-X
- Lee, B. B., Martin, P. R. & Valberg, A. (1988). The physiological basis of heterochromatic flicker photometry demonstrated in the ganglion cells of the macaque retina. *Journal of Physiology*, 404, 323-347.
- Lennie, P. & D'Zmura, M. (1988). Mechanisms of color vision. *Critical Reviews in Neurobiology*, 3, 333-400.
- Lennie, P., Pokorny, J. & Smith, V. C. (1993). Luminance. *Journal of the Optical Society of America A-Optics Image Science and Vision*, 10, 1283-1293. doi: 10.1364/JOSAA.10.001283
- Maljkovic, V. & Nakayama, K. (1994). Priming of pop out: I. Role of features. *Memory & Cognition*, 22, 657-672. doi: 10.3758/BF03209251
- McCormick, P. A. (1997). Orienting attention without awareness. *Journal of Experimental Psychology- Human Perception and Performance*, 23, 168-180. doi: 10.1037//0096-1523.23.1.168
- Merigan, W. H. & Maunsell, J. H. R. (1993). How parallel are the primate visual pathways? *Annual Review of Neuroscience*, 16, 369-402. doi: 10.1146/annurev.ne.16.030193.002101
- Müller, H. J., Heller, D. & Ziegler, J. (1995). Visual-search for singleton feature targets within and across feature dimensions. *Perception & Psychophysics*, 57, 1-17. doi: 10.3758/BF03211845
- 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. doi: 10.1037/0096-1523.15.2.315

- Mulckhuyse, M., Talsma, D. & Theeuwes, J. (2007). Grabbing attention without knowing: Automatic capture of attention by subliminal spatial cues. *Visual Cognition*, 15, 779-788. doi: 10.1080/13506280701307001
- Mulckhuyse, M. & Theeuwes, J. (2010a). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: A review of the literature. *Acta Psychologica*, 134, 299-309. doi: 10.1016/j.actpsy.2010.03.002
- Mulckhuyse, M. & Theeuwes, J. (2010b). Unconscious cueing effects in saccadic eye movements – Facilitation and inhibition in temporal and nasal hemifield. *Vision Research*, 50, 606-613. doi: 10.1016/j.visres.2010.01.005
- Pinel, J. P. J. & Pauli, P. (Hrsg.). (2007). *Biopsychologie* (6. aktualisierte Auflage). München: Pearson Studium.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25. doi: 10.1080/00335558008248231
- Posner, M. I. & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D. G. Bouwhuis (Hrsg.), *Attention and Performance X* (S. 531-556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., Petersen, S. E., Fox, P. T. & Raichle, M. E. (1988). Localization of cognitive operations in the human-brain. *Science*, 240, 1627-1631. doi: 10.1126/science.3289116
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R. & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology- General*, 109, 160-174. doi: 10.1037//0096-3445.109.2.160
- Prinzmetal, W., Taylor, J. A., Myers L. B. & Nguyen-Espino, J. (2011). Contingent capture and inhibition of return: A comparison of mechanisms. *Experimental Brain Research*, 214, 47-60. doi: 10.1007/s00221-011-2805-x
- 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. doi: 10.1037/0096-1523.15.4.673
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I. & Umiltá, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians- Evidence in a favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25, 31-40. doi: 10.1016/0028-3932(87)90041-8
- Roorda, A. & Williams, D. R. (1999). The arrangement of the three cone classes in the living human eye. *Nature*, 397, 520-522. doi: 10.1038/17383
- Schandry, R. (2006). *Biologische Psychologie* (2. überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz Verlag.
- Scharlau, I. & Ansorge, U. (2003). Direct parameter specification of an attention shift: Evidence from perceptual latency priming. *Vision Research*, 43, 1351-1363. doi: 10.1016/S0042-6989(03)00141-X
- Scharlau, I., Ansorge, U. & Horstmann, G. (2006). Latency facilitation in temporal-order judgments: Time course of facilitation as a function of judgment type. *Acta Psychologica*, 122, 129-159. doi: 10.1016/j.actpsy.2005.10.006
- Schreij, D., Owens, C. & Theeuwes, J. (2008). Abrupt onsets capture attention independent of top-down control settings. *Perception & Psychophysics*, 70, 208-218. doi: 10.3758/PP.70.2.208
- Simons, D. J. (2000). Attentional capture and inattention blindness. *Trends in Cognitive Science*, 4, 147-155. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01455-8
- Simons, D. J. & Levin, D. T. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Science*, 1, 261-267. doi: 10.1016/S1364-6613(97)01080-2
- Sumner, P., Adamjee, T. & Mollon, J. D. (2002). Signals invisible to the collicular and magnocellular pathways can capture visual attention. *Current Biology*, 12, 1312-1326. doi: 10.1016/S0960-9822(02)01020-5
- Tapia, E. & Breitmeyer, B. G. (2011). Visual consciousness revisited: Magnocellular and parvocellular contributions to conscious and nonconscious vision. *Psychological Science*, 22, 934-942. doi: 10.1177/0956797611413471

- Theeuwes, J. (1991). Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onsets and offsets. *Perception & Psychophysics*, 49, 83-90. doi: 10.3758/BF03211619
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51, 599-606. doi: 10.3758/BF03211656
- Theeuwes, J. (1994). Stimulus-driven capture and attentional set: Selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 799-806. doi: 10.1037//0096-1523.20.4.799
- Theeuwes, J. (2004). Top-down search strategies cannot override attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 65-70. doi: 10.3758/BF03206462
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135, 77-99. doi: 10.1016/j.actpsy.2010.02.006
- Theeuwes, J. & Godijn, R. (2002). Irrelevant singletons capture attention: Evidence from inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, 64, 764-770. doi: 10.3758/BF03194743
- Theeuwes, J. & Godijn, R. (2004). Inhibition-of-return and oculomotor interference. *Vision Research*, 44, 1485-1492. doi: 10.1016/j.visres.2003.09.035
- Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76, 282-299. doi: 10.1037/h0027242
- Treisman, A. M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136. doi: 10.1016/0010-0285(80)90005-5
- White, B. J., Boehnke, S. E., Marino, R. A., Itti, L. & Munoz, D. P. (2009). Color-related signals in the primate superior colliculus. *The Journal of Neuroscience*, 29, 12159–12166. doi:10.1523/JNEUROSCI.1986-09.2009
- Yantis, S. & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 601-621. doi: 10.1037/0096-1523.10.5.601

9. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Schematische Darstellung der vier Konzepte der Bewusstwerdung eines Reizes (adaptiert nach Lamme, 2003).	17
<i>Abbildung 2.</i> Schematische Darstellung des Hinweisreizparadigmas mit peripheren Hinweisreizen (adaptiert nach Posner & Cohen, 1984).....	27
<i>Abbildung 3.</i> Schematische Darstellung des Hinweisreizparadigmas mit zentralen Hinweisreizen (adaptiert nach Posner & Cohen, 1984).....	28
<i>Abbildung 4.</i> Schematische Darstellung eines Durchganges bei Mulckhuyse und Kollegen (adaptiert nach Mulckhuyse et al., 2007).....	38
<i>Abbildung 5.</i> Schematische Darstellung von Durchgängen aus Experiment 1 von Fuchs und Ansorge (adaptiert nach Fuchs & Ansorge, 2012b).....	41
<i>Abbildung 6.</i> Schematische Darstellung von einem Durchgang aus Experiment 4 von Fuchs und Ansorge (adaptiert nach Fuchs & Ansorge, 2012b).....	42
<i>Abbildung 7.</i> Schematische Darstellung von einem Durchgang aus Experiments 5 von Fuchs und Ansorge (adaptiert nach Fuchs & Ansorge, 2012b).....	42
<i>Abbildung 8.</i> Schematische Darstellung von Durchgängen aus dem Experiment zu vorliegender Diplomarbeit.	54
<i>Abbildung 9.</i> Darstellung der mittleren Reaktionszeiten für das kurze Intervall (16 ms).	60
<i>Abbildung 10.</i> Darstellung der mittleren Reaktionszeiten für das lange Intervall (1016 ms).....	60

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. <i>Varianzanalyse der korrigierten gemittelten Reaktionszeiten aller 24 Versuchspersonen.</i>	57
Tabelle 2. <i>Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion Position $\times$ SOA.</i>	58
Tabelle 3. <i>Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion Position $\times$ Luminanz.</i>	59
Tabelle 4. <i>Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion SOA $\times$ Luminanz.</i>	59
Tabelle 5. <i>Korrigierte gemittelte Reaktionszeiten der Interaktion Position $\times$ SOA $\times$ Luminanz.</i>	59
Tabelle 6. <i>Varianzanalyse der korrigierten gemittelten Reaktionszeiten der 19 Versuchspersonen mit stabilem Flicker-Verhalten.</i>	61

11. Abkürzungsverzeichnis

SOA	Zeitintervall zwischen dem Auftreten des Hinweisreizes und dem Auftreten des Zielreizes (engl. <i>stimulus onset asynchrony</i>)
RZ	Reaktionszeit
SP	Hinweisreiz und Zielreiz erscheinen an derselben Position
UP	Hinweisreiz und Zielreiz erscheinen an unterschiedlichen Positionen
SUBJ	subjektiv luminanzegalisierter Zielreiz
OBJ	objektiv luminanzegalisierter Zielreiz

Curriculum Vitae

Angaben zur Person

Name
E-Mail
Staatsangehörigkeit

Andrea Maria Fischer
fischerandrea@outlook.com
Österreich

Arbeitserfahrung

Seit 10/2012
Geringfügig
04/2012 – 07/2012
Praktikum
07/2011 – 08/2011
Vollzeit

07/2008 – 08/2008
07/2007 – 09/2007
Vollzeit

Media Markt Wien Mitte GmbH
• Beratung und Verkauf
Universität Wien – Psychologische Fakultät
• Psychologische Diagnostik und Beratung
Schuhfried GmbH – Forschungs- und Normierungslabor
• Literaturrecherche
• Aufbereitung von Präsentationen
• Korrektur und Lektorat von Test-Manualen
H. Lingenhöle & Co. – Buchhandlung und Papierwaren
• Beratung und Verkauf
• Kassatätigkeit

Schul- und Berufsbildung

10/2007 – 11/2013
voraussichtlich
09/1999 – 06/2007
09/1995 – 07/1999

Diplomstudium der Psychologie an der Universität Wien

Bundesgymnasium Lustenau
Volksschule Höchst Kirchdorf

Persönliche Fähigkeiten

Muttersprache
Sonstige Sprachen

Deutsch
• Englisch (verhandlungssicher)
• Französisch (gut)
• Spanisch (Grundkenntnisse)

Führerschein
Computerkenntnisse

Fahrzeugklasse B
Microsoft Windows XP / 7 / 8
Mac OS X Mountain Lion
Microsoft Office 2007 / 2010
IBM SPSS Statistics 21
R Statistical Computing
Adobe Photoshop Elements 10
GIMP

Datenverarbeitung
Statistik

Bildbearbeitung

Interessen

Fotografie, Musik, Neue Medien, Sportklettern, Yoga

