



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Zeitliche Stabilität der Lenkung und der Bahnung der  
Aufmerksamkeit“

verfasst von / submitted by

Julia Schabel, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Science (MSc)

Wien, 2017 / Vienna 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

A 066 840

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Psychologie

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof., Dr. Ulrich Ansorge

Mitbetreut von / Co-Supervisor:



„Je pense, donc je suis“

René Descartes



### **Zusammenfassung**

Das Ziel der vorliegenden Masterarbeitsstudie ist zu zeigen, dass die Effekte der ziel- und reizgetriebenen Lenkung der Aufmerksamkeit, sowie die Bahnung der Aufmerksamkeit zeitlich stabil sind. Verwirklicht wurde dies durch eine Studie zur visuellen Suche. An dieser Studie nahmen 57 Personen zweimal teil. Die zweite Teilnahme wurde genau eine Woche nach der ersten zur selben Uhrzeit angesetzt. Es wurden Ziel- und Ablenkungsreize präsentiert. Die Ablenkungsreize konnten salient sein, um die reizgetriebene Lenkung zu erheben. Saliente Reize ziehen gemäß der Theorie der automatischen Verlagerung der Aufmerksamkeit die Aufmerksamkeit auf sich. Die Ablenkungsreize konnten aber auch ähnlich dem Zielreiz sein, um die zielgetriebene Lenkung zu erheben. Das entspricht der Theorie der bedingten Verlagerung der Aufmerksamkeit. Die Bahnung der Aufmerksamkeit wurde durch die Farbe eines Zielreizes im Durchgang „n – 1“ auf die ähnliche Farbe des Ablenkungsreizes im Durchgang „n“ hergestellt. Dadurch sollte der ähnliche Ablenkungsreiz noch mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Die Ergebnisse zeigten, dass alle drei Effekte zu beiden Zeitpunkten signifikant vorhanden waren. Um die zeitliche Stabilität festzustellen, wurden die Effekte der beiden Zeitpunkte durch ein lineares, gemischtes Modell miteinander korreliert. Die Korrelationen waren hoch ausgeprägt. Zusätzlich zeigte sich, dass der ähnliche Ablenkungsreiz mehr Aufmerksamkeit auf sich zog. Das entspricht der Theorie, dass ähnliche Ablenkungsreize mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Auf Basis der Ergebnisse wird geschlussfolgert, dass die Effekte der reiz- und zielgetriebenen Lenkung, sowie die Effekte der Bahnung zeitlich stabil sind.

*Schlüsselwörter:* Aufmerksamkeitsverlagerung, zielgetrieben, reizgetrieben, Bahnung der Aufmerksamkeit, visuelle Suche

### **Abstract**

The aim of the master thesis at hand is to analyse the stability of the effects of top-down and bottom-up capture of attention and of priming of attention over the course of time. 57 subjects participated in an experiment concerned with visual search. The subjects attended the same experiment twice. The second attendance was set one week after the first at the exact same time. Participants were presented targets and distractors. The distractors were either salient or similar to the target. Salient distractors capture attention in a bottom-up manner. This is in line with the singleton capture hypothesis. Similar distractors capture attention in a top-down manner. This is in line with the contingent capture hypothesis. Priming was determined by the effect of the colour of the target in trial “n - 1” on the distractor in the trial “n”. The similar distractor was supposed to capture even more attention with the additional effect of priming. The results showed that all three effects were significantly present at both times they were measured. To measure the stability over the time course correlations were calculated using a linear mixed model. The correlations turned out to be high. It was also shown that the similar distractor captured attention to a higher extent. This is in line with the hypothesis that similar distractors capture more attention. On the basis of this findings it is concluded that the effects of top-down and bottom-up capture, as well as the effects of priming are stable over the course of time.

*Keywords:* attentional capture, top-down, bottom-up, priming, visual search

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Einführung</b>                                                    | 9  |
| Grundlagen                                                           | 9  |
| Sakkaden                                                             | 10 |
| Erste Studien zur Aufmerksamkeit                                     | 12 |
| Theorien der Aufmerksamkeit                                          | 12 |
| Zielgetriebene Lenkung der Aufmerksamkeit                            | 14 |
| Contingent Capture Hypothesis                                        | 16 |
| Reizgetriebene Lenkung der Aufmerksamkeit                            | 17 |
| Zwei Arten der Aufmerksamkeitslenkung – zwei Untersuchungsparadigmen | 20 |
| Alternative Mechanismen                                              | 20 |
| Priming                                                              | 22 |
| Aufzeichnung der Augenbewegung                                       | 26 |
| Linear Mixed Models                                                  | 26 |
| Ziel und Fragestellung der aktuellen Studie                          | 27 |
| Hypothesen                                                           | 28 |
| <b>Methode</b>                                                       | 28 |
| Stichprobe                                                           | 28 |
| Apparatur                                                            | 29 |
| Versuchsablauf                                                       | 29 |
| Versuchsdesign                                                       | 30 |
| Datenanalyse                                                         | 34 |
| <b>Ergebnisse</b>                                                    | 35 |
| Reaktionszeit                                                        | 36 |
| Target-Fixations-Latenz                                              | 37 |
| Analyse der Fehlerraten                                              | 38 |
| Targetfixationen                                                     | 39 |
| <b>Diskussion</b>                                                    | 39 |
| <b>Conclusio</b>                                                     | 45 |
| <b>Literaturverzeichnis</b>                                          | 46 |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                         | 52 |
| <b>Anhang</b>                                                        | 53 |



## **Einführung**

Zu Beginn der Arbeit werden die Grundlagen der visuellen Aufmerksamkeit erläutert. Aufgrund der Relevanz für die Studie werden Arten der Augenbewegungen und ihr Zusammenhang mit der visuellen Aufmerksamkeit erläutert werden. Daraufhin werden Studien zur visuellen Aufmerksamkeit aufgeführt. Es wird genauer auf die Arten der Aufmerksamkeitslenkung und den Studien dazu eingegangen. Zusätzlich werden einige alternative Mechanismen zu beiden Arten der Lenkung der Aufmerksamkeit erklärt. Im Anschluss wird der Mechanismus der Bahnung (im Folgenden wird auch der englische Begriff „Priming“ verwendet) der Aufmerksamkeit erklärt und auch hier Studien über die Funktionsweise aufgeführt. Zuletzt wird in der Einführung begründet werden, warum genau jene statistischen Methoden und Aufzeichnungsinstrumente verwendet wurden. Daraufhin werden die Ziele und Hypothesen des Experiments dargelegt. Anschließend folgen ein Methoden- und Ergebnisteil, worin das Experiment und dessen Ablauf erklärt wird. Im Diskussionsteil werden die Ergebnisse interpretiert und mögliche Stör- und Einflussfaktoren aufgeführt. Es werden weitere Studien erläutert, um die Ergebnisse aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Zuletzt wird in der Conclusio eine Schlussfolgerung gezogen und Implikationen angeführt.

## **Grundlagen**

Aufmerksamkeit folgt einer Selektivität, welche nicht nur von den physiologischen Beschränkungen des Wahrnehmungsorgans bedingt ist (vgl. Horstmann, Becker, & Ernst, 2016). Willkürliche Aufmerksamkeitslenkung ist für eine genaue und schnelle Ausführung der momentanen Ziele, mitunter auch die im Task gestellte Aufgabe, zuständig. Unwillkürliche Aufmerksamkeitslenkung folgt Reizen, welche zwar nicht relevant für die momentanen Ziele oder die Aufgabe sind, aber dennoch für das Individuum wichtig sein können. Das kann eine Gefahr aus der Umwelt darstellen, oder sonstige Reize aus der Umwelt, welche eine Relevanz für das Individuum besitzen (vgl. Horstmann et al., 2016).

Visuelle Aufmerksamkeit bedeutet, dass visuelle Information so ausgewählt wird, dass wichtige Information für die Person besser verarbeitet werden kann und bei Bedarf auch ins bewusste Wahrnehmen gerückt werden kann (Paré & Dorris, 2011). Der visuellen Aufmerksamkeit liegt eine dichte Verschaltung von Hirnregionen im visuellen Kortex (für

eine Übersicht siehe z.B. Maunsell & Treue, 2006), im *Frontalen Augenfeld* (engl. „frontal eye fields“), in den *Colliculi Superiores* (engl. „Superior Colliculi“= SC) (für eine Übersicht siehe z.B. Awh, Armstrong, & Moore, 2006) und im *posterioren parietalen Kortex* (für eine Übersicht siehe z.B. Constantinidis, 2006) zugrunde.

Neben dem Begriff der Aufmerksamkeitslenkung (Theeuwes, 1992) gibt es den Begriff der *okulomotorischen Lenkung der Aufmerksamkeit* (engl. „oculomotor capture“; vgl. Theeuwes, 2010). Dabei wird die Lenkung der Aufmerksamkeit durch Bewegungen der Augen zu Reizen hin sichtbar. Diese Bewegungen werden mit einem *Blickverfolger* (engl. „eyetracker“; die Begriffe werden im Folgenden synonym verwendet) aufgezeichnet. Die Aufzeichnung der Augenbewegungen ist ein valides Maß für die frühe Aufmerksamkeitslenkung, da Augenbewegungen nicht zu Orten gelenkt werden können, an welchen keine (verdeckte = covert) Aufmerksamkeit hingelenkt wurde (Deubel & Schneider, 1996; vgl. Becker & Ansorge, 2013).

### **Sakkaden.**

Bewegungen der Augen finden statt, um die *Fovea* (Bereich der Netzhaut, an welcher das schärfste Sehen möglich ist) zu einem Objekt zu bewegen (Wade & Tatler, 2011). *Sakkaden* sind Bewegungen der Augen, welche den Blick zu einem interessierenden Objekt lenken (Land, 2011). Während einer *Fixation* wird Information aufgenommen, bei einer Sakkade hingegen werden keine Informationen verarbeitet. Eine Sakkade kann bis zu vier Mal pro Sekunde geschehen (Land, 2011). Eine Sakkade zu einem Objekt hin dauert zwischen 150 ms und 250 ms (Findlay, 1997; vgl. Becker, Ansorge, & Horstmann, 2009). Wenn das Auge fixiert ist, werden keine Sakkaden ausgeführt, bis die Aufmerksamkeit neu ausgerichtet wird. Mit dem peripheren Sehvermögen werden dabei potentielle neue Objekte für die Fixation wahrgenommen (vgl. Gilchrist, 2011). Sakkaden treffen häufig nicht genau am Zielreiz auf, deshalb werden zusätzliche, korrektive Sakkaden ausgeführt, um die Mitte des Objektes in die Fovea zu bewegen (Carpenter, 1988, zitiert nach Gilchrist, 2011). Sakkaden stellen eine offene (im Gegensatz zur verdeckten) Verlagerung der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit dar (Kristjánsson, 2011).

Neben Sakkaden gibt es noch drei weitere Arten von Augenbewegungen (Gilchrist, 2011). *Folgebewegungen* (engl. „smooth visual pursuits“) werden ausgeführt, um ein bereits fixiertes Objekt zu verfolgen, wenn es sich bewegt und der Hintergrund in Ruhe bleibt.

*Vergenz*-Bewegungen werden ausgeführt, wenn sich die Entfernung eines Objekts ändert. Dabei bewegen sich die Augen aufeinander zu oder voneinander weg, um sich auf die entsprechende Tiefe des Objektes im Raum einzustellen. Während einer Fixation treten *Stabilisierungsbewegungen* auf, damit die Fixation erhalten bleibt. Die Sakkaden werden von beiden Augen gleichzeitig ausgeführt (Gilchrist, 2011). Während einer Fixation treten Mikrosakkaden, Drift und Tremor auf (Carpenter, 1988, zitiert nach Gilchrist, 2011), um das Verblassen eines visuellen Bildes durch die Adaptation der neuronalen Aktivität zu verhindern (Martinez-Conde, Macknik, & Hubel, 2004).

Die SC, eine Region verortet im Mittelhirn, ist maßgeblich an der visuellen Aufmerksamkeit und der Produktion von Sakkaden beteiligt. Sie integrieren sensorische, motorische und kognitive Informationen, mitunter auch von den Augen (White & Munoz, 2011). Neuronen in den SC integrieren sowohl Informationen, die Relevanz aufweisen, als auch Informationen, die Salienz besitzen. Diese Information wird in einer *Karte der Priorität* (engl. „map of priority“) repräsentiert (Fecteau & Munoz, 2006). Nach Fecteau und Munoz (2006) ist die Ausführung einer Sakkade von der Relevanz für die momentanen Ziele (Priorität aus Salienz und Relevanz der Reize) des Betrachters abhängig, weniger von der Salienz der Reize allein. Sakkaden können durch exogene Einflüsse entstehen (*exogene Sakkaden*) oder durch endogene Einflüsse (*endogene Sakkaden*) (Sumner, 2011). Exogenen Sakkaden liegt das Auftauchen eines Reizes an einem Ort im visuellen Feld zugrunde. Durch eine Sakkade wird der Blick in die Richtung des interessierenden Objektes gelenkt. Endogene Sakkaden sind bedingt durch die Absichten der Person, die die Sakkade ausführt, dabei muss nicht unbedingt ein Reiz an der fixierten Stelle vorhanden sein. Visuelle Aufmerksamkeit scheint die Ausführung von Sakkaden zu unterstützen (Pashler & Johnston, 1998) und beruhen auf denselben neuronalen Grundlagen wie Aufmerksamkeit (Rizzolatti, Riggio, Dascola, & Umiltà, 1987). Somit steht die Ausführung einer Sakkade (und der darauffolgenden Fixation) in Verbindung mit der Verlagerung der Aufmerksamkeit. Die *räumliche Aufmerksamkeit* (engl. „spatial attention“, siehe auch Folk, Remington, & Johnston, 1992), wie sie bei der zielgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung durch das innere *Suchset* (z.B. die Instruktion auf bestimmte Reize zu reagieren) auftritt, und das Wissen darüber, wie die Person auf welchen Reiz reagieren muss, verkürzt die Latenz einer Sakkade (Sumner, 2011). Bezogen auf motorische Reaktionen, wie etwa bei einem Tastendruck, wird eine Aktivität initiiert. Damit eine Sakkade initiiert wird, muss eine bestimmte Schwelle der Aktivierung erreicht werden. Diese Schwelle kann im experimentellen Setting herabgesetzt werden und

Sakkaden werden schneller ausgeführt. Dadurch kann es aber auch zu häufigeren Fehlern kommen. Dies wird in der englischen Literatur als „*speed-accuracy trade-off*“ bezeichnet (vgl. Sumner, 2011).

### **Erste Studien zur Aufmerksamkeit.**

Einer der ersten Forscher, der sich mit der Erforschung der Aufmerksamkeit befasste, war Hermann von Helmholtz (vgl. Sumner, 2011). Er verwendete eine Box, in welcher er eine Anordnung von Buchstaben mit einem kurzzeitigen Lichtstrahl beleuchtete. Er bemerkte, dass er berichten konnte, welche Buchstaben in einer Region zu sehen waren, zu welcher er die Aufmerksamkeit, nicht aber den Blick, hinwandte. Diese Ergebnisse spiegeln die Funktion der selektiven Aufmerksamkeit wider und leiteten die ersten Forschungen zur selektiven und fokalen Aufmerksamkeit ein (Posner, 1980). In den Ergebnissen wurde auch die Unterscheidung zwischen offener und verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerung sichtbar gemacht (Kristjánsson, 2011), dies besitzt aber keine Relevanz für die vorliegende Arbeit und deshalb wird hier nicht weiter darauf eingegangen.

William James (1890, zitiert nach Egeth & Yantis, 1997) war einer der ersten, der die Aufmerksamkeit in zwei Arten unterteilte. Diese wurden von ihm als aktiv und passiv bezeichnet. In der englischsprachigen Literatur sind auch die Begriffe „*bottom-up*“ und „*top-down*“ geläufig. In der vorliegenden Arbeit werden vorwiegend die Begriffe *zielgetrieben* (engl. „goal-driven“) für „top-down“ und *reizgetrieben* (engl. „stimulus-driven“) für „bottom-up“ verwendet. Im Ergebnis- und Methodenteil dieser Arbeit werden auch die englischsprachigen Begriffe verwendet, da die berechneten Effekte auch so in der Auswertungssoftware genannt wurden.

### **Theorien der Aufmerksamkeit.**

Posner, Snyder und Davidson (1980) beschrieben die visuell-räumliche Aufmerksamkeit durch die *Lichtkegel-Metapher* (engl. „spotlight metaphor“). Die Aufmerksamkeit wurde in dieser Theorie als ein Scheinwerfer beschrieben, der die Umwelt an einem räumlich begrenzten Ort wahrnimmt. Dabei gibt es einen zentralen Punkt der Aufmerksamkeit, bei dem die Wahrnehmung am schärfsten ist. Je weiter weg die Aufmerksamkeit vom Zentrum ist, desto ungenauer wird die Wahrnehmung und die

Entdeckung von Reizen. Die Aufmerksamkeit ist allerdings nicht immer mit dem fokalen Punkt der visuellen Wahrnehmung gleichzusetzen, da die Aufmerksamkeit auch ohne Bewegung der Augen verlagert werden kann (verdeckte Verlagerung der Aufmerksamkeit; siehe auch Posner, 1980) (Posner, Snyder, & Davidson, 1980). In ihrem Experiment verwendeten Posner et al. Hinweisreize, welche der Orientierung der Aufmerksamkeit diene. Wenn die Orientierung zu den Hinweisreizen hin geschah, wurden auch die Zielreize schneller entdeckt (Posner et al., 1980).

Die *Merkmalsintegrationstheorie* (engl. „feature integration theory“; Treisman & Gelade, 1980) nimmt an, dass die Aufmerksamkeit seriell zu Stimuli gelenkt werden muss, wenn die Zielreize aus mehreren verknüpften Eigenschaften bestehen. In einer ersten Phase der Aufmerksamkeitslenkung werden Eigenschaften im visuellen Feld parallel und automatisch analysiert. Die Eigenschaften werden anhand von Dimensionen (z.B. Farbe, Orientierung, räumliche Frequenz, Helligkeit, Richtung der Bewegung) in mehreren räumlichen Karten pro Dimension erhoben. Die räumlichen Karten enthalten allerdings keinerlei Information über das gemeinsame Auftreten von Eigenschaften pro Objekt. In der zweiten Phase werden die einzelnen Eigenschaften wieder zu Objekten verbunden und fortan als *verbundene Objekte* (engl. „conjunctions“) gespeichert. Die Aufmerksamkeit wird auf einen Ort im Raum fokussiert und dadurch können die Eigenschaften dort verbunden werden. Die Aufmerksamkeit kann die einzelnen Orte nur nacheinander verarbeiten (Treisman & Gelade, 1980).

Cave und Wolfe (1990) entwarfen eine erweiterte Version der Merkmalsintegrationstheorie (Treisman & Gelade, 1980). Diese nannten sie *geführte Suche* (engl. „guided search“) und sie zeichnet sich dadurch aus, dass in der parallelen Phase die Aufmerksamkeit auf bestimmte Orte gelenkt wird, welche in der seriellen Phase genauer untersucht werden. Die erste Phase geschieht schnell und identifiziert die grundlegenden visuellen Eigenschaften. Die langsamere, serielle Phase kombiniert diese Eigenschaften und erzeugt komplexe Repräsentationen der visuellen Objekte in einem begrenzten Teil des visuellen Feldes. Die Merkmalsintegrationstheorie postulierte keine Interaktion zwischen den beiden Phasen (Treisman & Gelade, 1980). Cave und Wolfe (1990) gingen allerdings von einer Interaktion der beiden Phasen aus. Die parallele Phase analysiert die einzelnen Eigenschaftsdimensionen der Reize und erhebt, wie wahrscheinlich es ist, dass die einzelnen Reize Zielreize sind, indem es die Ähnlichkeit der Reize analysiert. Die parallele Phase erstellt eine *Karte der Aktivierung* (engl. „map of activation“), mit den Wahrscheinlichkeiten, dass

sich an einem bestimmten Ort der Zielreiz befindet. Die serielle Phase analysiert jene Reize zuerst, welche eine hohe Aktivierung aufweisen. In der Karte der Aktivierung gibt es potentielle Aktivierungen für die Stimulusdimensionen. Die Aktivierungen nehmen reizgetriebene und zielgetriebene Informationen gleichermaßen als Quelle. Die serielle Phase nutzt nun die ausgesuchten, räumlich begrenzten, Orte im visuellen Feld, um zu entscheiden, ob sich an den Orten der Zielreiz befindet. Dabei werden nicht zwingend alle Reize analysiert; wenn kein Zielreiz vorhanden ist, und eine bestimmte niedrige Schwelle der Aktivierung erreicht wurde, wird die Suche beendet (Cave & Wolfe, 1990).

Das Modell von Itti, Koch und Niebur (1998) ist ebenfalls angelehnt an die Merkmalsintegrationstheorie. Es handelt sich um ein auf Salienz basiertes, computerisiertes Modell der visuellen Aufmerksamkeit. Die Salienz wird in den Dimensionen Farbe, Intensität und Orientierung erhoben und für die weitere Verarbeitung, ihrem Grad der Salienz entsprechend, in einer *Karte der Salienz* (engl. „saliency map“) repräsentiert (Itti, Koch, & Niebur, 1998) (Für eine überarbeitete Version des Modells mit Einflüssen der zielgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung siehe Itti & Koch, 2001).

In Bundesens (1990) Theorie der visuellen Aufmerksamkeit entsteht die Auswahl und das Erkennen eines Objekts durch die Kategorisierung dessen. Sobald ein Objekt ausgewählt und gleichzeitig erkannt wurde, wird es auch kategorisiert. Die Kategorisierung findet statt, um mit den beschränkten Kapazitäten des Langzeitgedächtnisses umzugehen. Neben der Kategorisierung findet noch eine Filterung statt, um zwischen Ziel- und Ablenkungsreizen zu differenzieren. In der „*neural theory of visual attention*“ (Bundesen, Habekost, & Kyllingsbæk, 2005) wurde die Aufmerksamkeit als ein erster unselektiver Prozess beschrieben, in welchem den Objekten im visuellen Feld Gewichtungen, abhängig von der Salienz, zugewiesen wird.

### **Zielgetriebene Lenkung der Aufmerksamkeit**

Folk, Remington und Johnston (1992) gehen davon aus, dass frühe Informationsverarbeitung aus zwei Prozessen besteht. Die erste Phase ist *präattentiv* (vorbewusst), in der werden mehrere Reize *parallel* (gleichzeitig) verarbeitet. Es werden basale Analysen automatisch, ohne bewusste Aufmerksamkeit, vollzogen. In der zweiten Phase werden Orte oder Objekte im visuellen Feld ausgesucht, welche dann verarbeitet werden. Das passiert auf eine komplexere Weise, als in der ersten Phase und mit der

Zuhilfenahme von inneren Ressourcen. In der zweiten Phase wird die Aufmerksamkeit zu den Reizen mit relevanten Eigenschaften gelenkt, um diese einer genaueren Analyse zu unterziehen (vgl. Treisman & Gelade, 1980). Die Hypothese von Folk und Kollegen besagte, dass die Aufmerksamkeitslenkung von den Eigenschaften eines Reizes abhängig ist, welche ähnlich den Eigenschaften des Zielreizes sind. Die Aufmerksamkeit wird willkürlich auf bestimmte Eigenschaften gelenkt (Folk et al., 1992).

Die Zuwendung der Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Reize im visuellen Feld kann entweder *willkürlich* oder *unwillkürlich* geschehen (Posner & Cohen, 1984). Willkürlich bedeutet, dass die Hinwendung der Aufmerksamkeit zielgetrieben, also abhängig von den Zielen oder Absichten des Beobachters, auch *endogen* genannt, geschieht (Posner & Cohen, 1984). Das können zum Beispiel Eigenschaften sein, nach denen im Experiment angeleitet wurde, zu suchen. Im Kontext der Umwelt könnte dies zum Beispiel die Farbe einer Jacke eines Freundes sein, auf den man wartet. Diese Theorie wird auch als *bedingte Verlagerung der Aufmerksamkeit* (engl. „contingent capture hypothesis“; Folk et al., 1992) bezeichnet. Diese Theorie zieht weitere Belege daraus, dass der Effekt der Lenkung der Aufmerksamkeit eines Ablenkungsreizes größer ist, wenn dieser ähnlicher dem Zielreiz ist („*similarity effect*“ vgl. Becker et al., 2009). Die unwillkürliche Hinwendung der Aufmerksamkeit passiert durch Reize, die *saliente* Eigenschaften besitzen und geschieht reizgetrieben. Diese Art der Aufmerksamkeitslenkung wird auch *exogen* bezeichnet (Posner & Cohen, 1984). Die Theorie dazu wird als *automatische Verlagerung der Aufmerksamkeit* (engl. „singleton capture hypothesis“; Theeuwes, 1992) bezeichnet. Irrelevante, saliente Ablenkungsreize ziehen die Aufmerksamkeit auf sich, auch wenn sie dem Zielreiz sehr unähnlich sind (vgl. Becker et al., 2009). Im Gegensatz zu dieser Ansicht deuteten Folk und Remington (1998) diese Lenkung der Aufmerksamkeit als Filterkosten, um die irrelevanten, salienten Eigenschaften des Ablenkungsreizes zu filtern.

Besonders viel Aufmerksamkeit sollen Reize mit einem *plötzlichen Beginn* (engl. „abrupt onset“) auf sich ziehen (Yantis & Jonides, 1984). Yantis und Jonides beobachteten, dass sich die Reaktionszeit verkürzte, wenn Hinweisreize an Orten des Zielreizes erschienen und sie verlängerte sich, wenn die Hinweisreize an irrelevanten Orten erschienen. Dieser Effekt trat in den Studien nur bei Hinweisreizen mit plötzlichem Beginn auf, nicht etwa bei Reizen, die eine abweichende Farbe oder Intensität besaßen (Yantis & Jonides, 1984). Die meisten Theorien (z.B. Folk et al., 1992; Maunsell & Treue, 2006; Treisman & Gelade, 1980) gehen davon aus, dass der zielgetriebenen Wahrnehmung eine Aktivierung oder Inhibierung

von bestimmten Eigenschaften oder eine Regulierung der Reaktionen von Neuronen auf bestimmte Eigenschaften zugrunde liegen.

### **Contingent Capture Hypothesis.**

Folk et al. (1992) vermuteten, dass die Reize mit plötzlichem Beginn keine einzigartige Rolle bei der exogenen Aufmerksamkeitslenkung spielen. Sie betonten, dass die Studien (z.B. Yantis & Jonides, 1984), die von einer besonderen Rolle der Reize mit plötzlichem Beginn ausgingen, nicht die Zusammenhänge zwischen den Hinweisreizen und den Prozessen und Eigenschaften, die es benötigt, um den Zielreiz zu lokalisieren, untersuchten. Die Zielreize und die Hinweisreize hatten dieselbe ausschlaggebende Eigenschaft, nämlich den abrupten Beginn. Folk und Kollegen vermuteten, dass die Aufmerksamkeitslenkung in diesen Studien durch die Verwendung des plötzlichen Beginns als Lokalisations-Hilfe des Zielreizes erklärt werden könnte. Die Testpersonen waren darauf eingestellt, einen Zielreiz mit plötzlichem Beginn zu suchen, und deshalb wurde die Aufmerksamkeit auf die Ablenkungsreize gelenkt (Folk et al., 1992). In den besagten Studien wurden jeweils der Zielreiz und der Hinweisreiz durch den plötzlichen Beginn angezeigt (vgl. Yantis & Jonides, 1984).

Folk et al. (1992) deuteten die Aufmerksamkeitslenkung so, dass Reize mit abruptem Beginn, genauso wie etwa Reize mit einer auffälligen Farbe oder Form, unwillkürliche Aufmerksamkeitslenkung hervorrufen, sofern diese auffälligen Eigenschaften eine Rolle bei der Lokalisation des Zielreizes spielen und zusätzlich nicht bekannt ist, wo der Zielreiz auftreten wird. Diese Theorie wurde als „*contingent capture hypothesis*“ bezeichnet und entspricht der im vorherigen Kapitel erwähnten bedingten Verlagerung der Aufmerksamkeit (Folk et al., 1992). In ihrer Studie verwendeten Folk und Kollegen eine Variante des *Hinweisreizparadigmas* (engl. „*spatial cuing paradigm*“), orientiert am Hinweisreizparadigma von Posner (1980). Es wurde ein peripherer Hinweisreiz an einer von vier möglichen Zielreizpositionen gezeigt. Um eine zuverlässige Aussage zur unwillkürlichen Aufmerksamkeitslenkung treffen zu können, wurde die Hinweisreizvalidität blockweise variiert. Validität meinte in diesem Kontext, dass die Voraussagekraft des Hinweisreizes zu 100% zutraf (valide) oder zu 100% nicht zutraf (nicht valide). In der Bedingung, in welcher der Hinweisreiz nie die Hinweisreizposition voraussagte, gab es keinen Grund dafür, eine Aufmerksamkeitslenkung hin zum Hinweisreiz zu vollziehen. Deshalb wurde hier eine geringere Leistung als Unfähigkeit, die Aufmerksamkeit zum invaliden Hinweisreiz hin zu

lenken, betrachtet. Folk und Kollegen gingen davon aus, dass die Aufmerksamkeit auf Reize gelenkt wird, welche für die Aufgabe relevant sind. Falls in der Aufgabe keine relevanten Eigenschaften vorgegeben sind, wird die Aufmerksamkeit dorthin gelenkt, wo schon einmal die Aufmerksamkeit hingelenkt wurde. Die Lenkung ist von längerfristigen, gelernten Lenkungen, oder *Verzerrungen* (engl. „bias“) abhängig (Folk et al., 1992).

Theeuwes (1992) war der Ansicht, dass die Kosten in der Reaktionszeit, welche bei der Präsentation eines irrelevanten Reizes auftraten, auf die Unterdrückung der Aufmerksamkeitslenkung zum Ort des Reizes hin zurückzuführen waren. Diese Unterdrückung der Aufmerksamkeitslenkung trat auf, wenn der Ablenkungsreiz bereits wahrgenommen wurde (vgl. Folk & Remington, 2010). Folk und Remington (2010) entgegneten mit der Beobachtung, dass die Entkoppelung der Aufmerksamkeit gleichzeitig mit dem Erscheinen des Hinweisreizes begann, unabhängig davon, ob der Hinweisreiz valide oder invalide war. Beim Erscheinen des Hinweisreizes war noch nicht klar, ob dieser valide oder invalide ist, die Aufmerksamkeit wurde dennoch darauf gelenkt (Folk & Remington, 2010).

Folk und Remington (2010) postulierten, dass alle Reize, unabhängig von ihrer Relevanz, die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Von irrelevanten Reizen, auf welche die Aufmerksamkeit gelenkt wurde, wird die Aufmerksamkeit schnell wieder losgelöst. Folk und Remington bezeichneten dies als die „*disengagement theory*“ (Folk & Remington, 2010).

### **Reizgetriebene Lenkung der Aufmerksamkeit**

Theeuwes (1992) befasste sich in seiner Studie mit der präattentiven Phase der Aufmerksamkeitslenkung. Es wurde getestet, ob in dieser Stufe der Aufmerksamkeitslenkung die Aufmerksamkeit zu einer Eigenschaft eines Reizes gelenkt werden konnte, von der bekannt war, dass sie eine relevante Eigenschaft ist. Diese Art der Aufmerksamkeitslenkung wird als eine selektive Lenkung für die darauffolgende Phase der Aufmerksamkeit verstanden. Das Modell ist angelehnt an die Modelle von Broadbent (1958), Neisser (1967) und Treisman & Gelade (1980), in welchen zuerst eine parallele, präattentive Phase stattfindet. Diese erste Phase der Aufmerksamkeitslenkung geschieht ohne Kapazitätseinschränkungen und parallel im visuellen Feld. Die zweite Phase ist kapazitätseingeschränkt und kann daher nur ein oder maximal wenige Items zu einem Zeitpunkt analysieren (vgl. Theeuwes, 1992).

Theeuwes (1991) zeigte, dass es nicht möglich war, die Aufmerksamkeit in der parallelen Phase selektiv auf die relevanten Stimulusdimensionen (in diesem Fall war das die Farbe) zu lenken. Die Selektivität war abhängig von der Unterscheidbarkeit der Stimulusdimensionen. Wenn nach einem grünen Zielreiz zwischen roten Ablenkungsreizen gesucht werden musste, und eine einzigartige Form als Ablenkungsreiz auftauchte, hatte dies keinen Einfluss. Wenn aber die Unterscheidbarkeit der farbigen Zielreize (z.B. gelb/rot) und der farbigen Ablenkungsreize (z.B. gelb/grün) nicht so offensichtlich war, hatte die einzigartige Form eines Ablenkungsreizes einen Einfluss. Diese Ergebnisse führten Theeuwes zur Annahme einer Karte der Aktivierung, in welcher die Stärke der Unterscheidbarkeit der einzelnen Dimensionen (z.B. Farbe oder Form) der Reize repräsentiert werden (Theeuwes, 1991). Das Modell ist ähnlich dem Modell von Cave und Wolfe (1990) zur geführten Suche. Auf die parallele Phase der Aufmerksamkeitslenkung folgt eine Phase der seriellen Aufmerksamkeitslenkung. In dieser unwillkürlichen Phase der Aufmerksamkeitslenkung wird die Aufmerksamkeit zuerst zu den Orten, welche die größte Aktivierung aufweisen, gelenkt. Beide Phasen geschehen ohne strategische Kontrolle und werden daher nur von reizgetriebenen Prozessen, also den Unterschieden in den Stimulusdimensionen, beeinflusst (vgl. Cave & Wolfe, 1990).

Im „*feature singleton search task*“ (z.B. Theeuwes, 1991) gab es einen Zielreiz, welcher eine einzigartige Farbe hatte (zum Beispiel ein rotes Objekt unter grünen Objekten). Durch die einzigartige Farbe stach es unter den anderen Objekten hervor (engl. „*pop out*“; vgl. Theeuwes, 1991). Im „*additional singleton search task*“ von Theeuwes (1992) wurden die Probanden dazu angeleitet, nach einem spezifischen, salienten Singleton zu suchen. Ein „*Singleton*“ definiert sich dadurch, dass es sich von den anderen Stimuli aufgrund einer Eigenschaft abhebt. Theeuwes (1991) bezeichnete dies auch als ein „*pop out*“, also einen herausspringenden Reiz. Zusätzlich war in der Aufgabe ein weiteres, irrelevantes Singleton präsent. In Theeuwes Version von 1992 suchten die Teilnehmer immer nach einem grünen diamantförmigen Singleton unter grünen Kreisen. In der Bedingung mit einem Ablenkungsreiz war einer der grünen Kreise rot. Die Reaktionszeit war höher in der Bedingung mit Ablenkungsreiz. Die Kosten in der Reaktionszeit traten nur auf, wenn der Ablenkungsreiz salienter als der Zielreiz war. War der Ablenkungsreiz weniger salient als der Zielreiz, traten die Effekte in den Reaktionszeiten nicht mehr auf (Theeuwes 1991, 1992). Daraus schloss Theeuwes, dass die Salienz der Reize die Reihenfolge der Verarbeitung der Reize und der Lenkung der Aufmerksamkeit bestimmt. Wenn der Ablenkungsreiz aufgrund

seiner Salienz zuerst die Aufmerksamkeit auf sich zog, dauerte es länger, bis die Aufmerksamkeit auf den Zielreiz gelenkt wurde. Durch die hier beobachtete Abhängigkeit der Selektivität von der Salienz des Ablenkungsreizes und des Zielreizes schloss Theeuwes auf eine reizgetriebene Lenkung in frühen Aufmerksamkeitsprozessen. Besonders geeignet scheint dieser Task aufgrund der Tatsache, dass der Ablenkungsreiz nie dem Zielreiz ähnlich war (Theeuwes, 1991). Das bedeutet, dass er sich in einer visuellen Eigenschaft oder in einer Eigenschaftsdimension oder einer Verbindung von Dimensionen signifikant von den umliegenden Reizen unterschied (Theeuwes, 2010). Ziel des Experiments war es, herauszufinden, ob die parallele, präattentive Phase der Aufmerksamkeit in der Lage ist, die Aufmerksamkeit selektiv zu lenken. Theeuwes (1991) hatte schon gezeigt, dass es nicht möglich war, die Aufmerksamkeit auf eine gewisse Stimulusdimension (Form, Farbe) zu lenken, im Experiment von Theeuwes (1992) wurde gezeigt, dass dies auch nicht mit einer bestimmten Stimulus-Eigenschaft möglich war (z.B. Viereck/Kreis, rot/grün). Das war auch nicht nach vielen Übungsdurchgängen möglich. In der präattentiven Phase werden Unterschiede in den einzelnen Eigenschaften innerhalb der Dimensionen betrachtet und eine Karte der Aktivierung erstellt. In der seriellen Phase wird die Aufmerksamkeit auf die Eigenschaften gelenkt, welche als erstes herauspringen. Es ist dabei unerheblich, ob die auffällige Eigenschaft die des Zielreizes, oder die des Ablenkungsreizes ist. Wenn die Aufmerksamkeit nun auf den Ablenkungsreiz gelenkt wird, wird die Aufmerksamkeit, nach Erkennen des Reizes als Ablenkungsreiz auf den Reiz mit der nächsthöheren Aktivierung gelenkt. Im Gegensatz zu Cave und Wolfe (1990) ist in diesem Modell in der präattentiven Phase keine bewusste Selektion auf die relevanten Eigenschaften hin möglich. Das Wissen um die genaue Eigenschaft des Zielreizes hat keinerlei Effekte auf die hier stattfindenden Prozesse. In der seriellen Phase finden dann zielgetriebene Effekte statt, aber nur auf die Reize, welche bereits in der parallelen Phase ausgewählt wurden. Studien, welche damals der zielgetriebenen Lenkung der Aufmerksamkeit eine wichtige Rolle zuwiesen (z.B. Bundesen, 1990, Cave & Wolfe, 1990, Treisman & Gelade) hielt Theeuwes (1992) entgegen, dass diese immer Reize mit *verknüpften Eigenschaften* verwendeten (engl. „conjunctions“) und es dort zu anderen Mechanismen als zielgetriebenen kam (Theeuwes, 1992).

Einige Experimente lieferten Hinweise darauf, dass der saliente Reiz erst bei der zweiten Fixation die Aufmerksamkeit auf sich zog, dennoch wurde die Aufmerksamkeit zu den salienten Reizen überzufällig oft gelenkt (Horstmann et al., 2016). Mit einer starken Absicht und viel Training könnte es möglich sein, saliente Reize zu ignorieren (Töllner,

Müller, & Zehetleitner, 2012; aber siehe Theeuwes, 1992). Theeuwes (2010) weichte seine strenge Annahme der puren reizgetriebenen Aufmerksamkeitslenkung auf und zeigte, dass die erste Phase der Aufmerksamkeitslenkung komplett reizgetrieben passiert, ohne einen Einfluss von absichtsgetriebenen Lenkungen. Erst in einer späteren Phase nach einem sich wiederholenden Feedback-Prozess ist willkürliche Kontrolle möglich (Theeuwes, 2010).

### **Zwei Arten der Aufmerksamkeitslenkung – zwei Untersuchungsparadigmen**

Folk und Remington (1998) untersuchten die zielgetriebene Lenkung der Aufmerksamkeit durch ablenkende Singletons bei der Suche nach Singleton-Zielreizen. Ihre Experimente zeigten, dass ein farbiger Ablenkungsreiz nicht die Aufmerksamkeit auf sich zog, wenn der Zielreiz durch eine andere Farbe definiert wurde. Durch Maskierungen mit unterschiedlicher Dauer wurde zusätzlich gezeigt, dass diese Lenkung der Aufmerksamkeit nicht auf eine schnelle Rückkoppelung der räumlichen Aufmerksamkeitslenkung zurückzuführen war, wie Theeuwes (1992) vorschlug. In dieser Studie wurde geschlussfolgert, dass die Debatte um die reizgetriebene versus zielgetriebene Aufmerksamkeitslenkung womöglich an den zwei verwendeten Paradigmen liegt und jeweils die andere Art der Aufmerksamkeitslenkung bestätigen (Folk & Remington, 1998).

Beim Hinweisreizparadigma (z.B. Folk et al., 1992) wird zuerst ein Hinweisreiz und danach ein Zielreiz mit irrelevanten Reizen gezeigt. Bei der visuellen Suche (z.B. Theeuwes, 1992) werden die Zielreize und Ablenkungsreize, ohne vorhergehenden Hinweisreiz, gleichzeitig präsentiert. Die visuelle Suche, so nahmen Folk und Remington (1998) an, welche sich durch die sich unterscheidenden Ablenkungsreize und Zielreize auszeichnet, scheint die Aufmerksamkeit reizgetrieben zu verlagern. Im Hinweisreizparadigma ist die Lenkung der Aufmerksamkeit durch die örtliche Übereinstimmung von Hinweisreiz und Zielreiz abhängig (räumliche Aufmerksamkeitslenkung) und weist vorwiegend eine absichtsgetriebene Lenkung der Aufmerksamkeit auf. In der Studie zur Masterarbeit wird das Paradigma der visuellen Suche verwendet und beide Arten der Aufmerksamkeitslenkung dabei gemessen.

### **Alternative Mechanismen**

Häufig wird die Aufmerksamkeitslenkung durch das zusätzliche Auftreten eines Ablenkungsreizes untersucht (vgl. Becker, 2007). Durch das Hinzufügen dessen könnte es

schwierig sein, die Art der Aufmerksamkeitslenkung zu unterscheiden. Die zielgetriebene Lenkung ändert sich dadurch dahingehend, dass sich der Kontrast der Eigenschaften zwischen Ziel- und Ablenkungsreiz ändert. Die zielgetriebene Lenkung wird durch die Unterdrückung der Eigenschaft des Ablenkungsreizes beeinflusst (Becker, 2007).

Die Farbe des Zielreizes und des Ablenkungsreizes werden jeweils in einer *Karte der Eigenschaften* (engl. „feature map“) gespeichert (vgl. Becker, Ansorge, & Valuch, 2014). Unterschiedliche Populationen von sensorischen Neuronen enkodieren diese Information. Wenn die Farbe des Zielreizes auftritt, wird die Aufmerksamkeit verstärkt. Eine Verringerung der Aufmerksamkeit tritt bei der Farbe des Ablenkungsreizes auf (z.B. Kristjánsson & Driver, 2008; Maljkovic & Nakayama, 1994). Neuere Studien (z.B. Becker, 2010; Becker et al., 2014) lieferten Hinweise dafür, dass die Farbe des Ablenkungsreizes nicht unabhängig von der Farbe des Zielreizes verarbeitet wird. Die Verarbeitung erfolgt laut diesen Studien aufgrund der Relation der Farben zueinander. Das betraf Attribute wie etwa roter, grüner aber auch größer oder kleiner (Becker, 2010). Dieser „*relational account*“ wurde bis jetzt in den Dimensionen Farbe, Luminanz, Größe und Form nachgewiesen (Becker, 2010, 2013).

Becker, Folk und Remington (2013) erörterten diesen Zugang zur absichtsgetriebenen Aufmerksamkeitslenkung. In ihrer Theorie spielen die relationalen und kontextuellen Beziehungen von Ziel-, Ablenkungs- und Hinweisreiz eine ausschlaggebende Rolle. In der Studie von Becker et al. wurde die Aufmerksamkeit von denjenigen irrelevanten Reizen angezogen, welche dasselbe Verhältnis zu den irrelevanten Stimuli hatten, wie der Zielreiz zu den irrelevanten Reizen hatte (z.B. größer, roter, dunkler). Wenn der Zielreiz roter als die irrelevanten Reize war, wurde die Aufmerksamkeit vom rotesten Ablenkungsreiz zuerst angezogen. Wenn der Zielreiz die Farbe Orange hatte und die irrelevanten Reize gelb waren, wurde die Aufmerksamkeit von einem roteren Ablenkungsreiz angezogen, wenn die irrelevanten Reize rot waren, wurde die Aufmerksamkeit von allen gelberen Reizen angezogen. Aus dieser Beobachtung wurde geschlussfolgert, dass Ablenkungsreize nicht unbedingt ähnlich dem Zielreiz sein müssen, um die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Auch dem Zielreiz unähnliche Ablenkungsreize können die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, sofern sich diese Ablenkungsreize von den anderen Reizen am Display in einer Weise unterscheiden, wie sich der Zielreiz von den irrelevanten Reizen unterscheidet (Becker, Folk, & Remington, 2013).

Awh, Belopolsky und Theeuwes (2012) schlugen ein alternatives Modell zu der strengen Differenzierung zwischen reizgetriebener und zielgetriebener Lenkung der

Aufmerksamkeit vor. Sie wiesen dem Selektionsverlauf (welche Zielreize in den vorhergehenden Durchgängen gewählt wurden und mit einer Belohnung assoziiert wurden) neben der reiz- und zielgetriebenen Lenkung eine genau so wichtige Rolle in der Lenkung der Aufmerksamkeit zu. Die drei Faktoren werden in einer Karte der Prioritäten gesammelt und zur Verarbeitung verwertet, ähnlich dem Modell der geführten Suche (Cave & Wolfe, 1990) oder Bundesens Theorie zur visuellen Aufmerksamkeit (1990) (vgl. Awh, Belopolsky, & Theeuwes, 2012).

## Priming

Ansorge und Becker (2012) zogen eine andere Ansicht über die Gründe der Aufmerksamkeitslenkung in Betracht. Sie vermuteten, dass zielgetriebene Aufmerksamkeitslenkung nicht durch die Ziele des Betrachters zu erklären sind. Die Lenkung entsteht ihrer Annahme nach durch die sich wiederholenden Eigenschaften eines Zielreizes über die Durchgänge hinweg. Die Zielreizfarbe wird von Durchgang zu Durchgang wiederholt und dadurch ihre Wahrnehmung erleichtert. So wie dies auch in den Experimenten zu Priming von Maljkovic und Nakayama (1994) zu beobachten war. Allerdings gibt es einige Studien, die zum Schluss kamen, dass zielgetriebene Aufmerksamkeitslenkung nicht mit Priming gleichzusetzen ist (für eine Übersicht siehe z.B. Lamy & Kristjánsson, 2013). Lamy und Kristjánsson (2013) betrachteten die Ergebnisse von Folk et al. (1992) und Folk und Remington (1998) mit der Möglichkeit, dass die Lenkung der Aufmerksamkeit des Ablenkungsreizes nicht daher rührte, dass dieser die Farbe des Zielreizes hatte, sondern dass diese Farbe bereits in den vorhergehenden Durchgängen vorkam und somit die Aufmerksamkeit deshalb auf sich lenken könnte. Allerdings kamen Lamy und Kristjánsson (2013) in ihrem Review zu dem Schluss, dass Priming nicht für zielgetriebene Aufmerksamkeitslenkung allein verantwortlich gemacht werden kann und als eigenständiger Mechanismus fungiert (Lamy & Kristjánsson, 2013).

Es gibt verschiedene Ansichten darüber, welche Stellung Priming bei der Aufmerksamkeit und der Lenkung derer einnimmt. Awh et al. (2012) gingen davon aus, dass „*intertrial*“ (über die Durchgänge hinweg) Priming, genauso wie zielgetriebene und reizgetriebene Einflüsse eine wichtige Rolle bei der Lenkung der Aufmerksamkeit spielen. „*Intertrial*“ Priming wird von Awh und Kollegen als eine Gedächtnisspur betrachtet, welche Informationen von den Zielreizen in den früheren Durchgängen enthalten.

Folk und Remington (2008) gingen davon aus, dass die visuelle Suche effektiver funktioniert, wenn visuelle *Bahnung* (engl. „priming“; die Begriffe werden im Folgenden synonym verwendet) der Aufmerksamkeit durch eine Wiederholung der Eigenschaften über die Durchgänge hinweg (engl. „intertrial“) geschieht. In der Studie von Folk und Remington mussten die Versuchspersonen (VPN) auf rote oder grüne Zielreize reagieren. Die Farben der Zielreize waren nicht vorhersehbar. Bevor die Zielreize gezeigt wurden, wurden rote oder grüne Hinweisreize eingeblendet. Die beiden Farben der Hinweisreize wechselten zufällig. Die Hinweisreize hatten einen Effekt auf die Aufmerksamkeitslenkung unabhängig von der Farbe. Wenn die Farbe des Hinweisreizes und die des Zielreizes des vorhergehenden Durchgangs (n-1) dieselbe war, gab es allerdings größere Effekte des Hinweisreizes. In einem weiteren Design wurden nur Effekte von jenen Hinweisreizen beobachtet, welche die Farbe des Zielreizes hatten. Daraus zogen Folk und Remington den Schluss, dass Hinweisreize, egal welcher Farbe, eine Bahnung der Aufmerksamkeit hervorrufen. Allerdings nur, wenn nicht klar ist, welche Eigenschaften gebahnt werden (Folk & Remington, 2008).

Der *Kontextuelle Hinweisreizeffekt* (engl. „contextual cueing effect“), besagt, dass Orte, an denen Zielreize schon einmal auftauchten, auch in Zukunft häufiger die Aufmerksamkeit auf sich ziehen (Chun & Jiang, 1998). Dieser Effekt scheint durch implizites Lernen von einer *zielgetriebenen Verzerrung* (engl. „top-down-bias“) zu entstehen und ist sehr ähnlich dem Mechanismus des Primings (Chun & Jiang, 1998). Maljkovic und Nakayama (1994) beobachteten, dass das Wiederholen der Farbe des Zielreizes zu kürzeren Reaktionszeiten führte. In ihrem Experiment musste entweder ein roter Zielreiz unter grünen irrelevanten Reizen, oder ein grüner Zielreiz unter roten irrelevanten Reizen berichtet werden. Wenn nun die Anordnung der Farbe des Zielreizes und die Farbe der irrelevanten Reize wiederholt wurde, bewirkte das eine Verbesserung der Suchleistung der VPN. Diese Beobachtung wird auch als *Bahnung des herausspringenden Reizes* (engl. „priming of pop-out“) bezeichnet (Maljkovic & Nakayama, 1994). Nach Folk und Remington (2008) kann die Bahnung der Aufmerksamkeit als eine Gewichtung der Eigenschaften in Karten der visuellen Salienz (z. B. Cave & Wolfe, 1990) entstehend über die Durchgänge hinweg gedeutet werden. „*Intertrial Priming*“ ist somit eine Art reizgetriebene Lenkung von zielgetriebenen Informationen durch implizites Lernen (Maljkovic & Nakayama, 1994). Ähnlich beschrieben Wolfe, Butcher, Lee und Hyle (2003) beschrieben Priming: als implizite zielgetriebene Lenkung von Aufmerksamkeit.

Bahnung der Aufmerksamkeit tritt bei simplen Reizen, wie etwa herausspringenden Reizen (Maljkovic & Nakayama, 1994), aber auch bei Suchaufgaben, bei welchen der Zielreiz nicht so einfach gefunden werden kann, auf (Wang, Kristjánsson, & Nakayama, 2005). Priming des herausspringenden Reizes besagt, dass die Auswahl in einem Durchgang in Zukunft die Aufmerksamkeit auf die zielreizrelevanten Eigenschaften in allen weiteren Durchgängen lenkt (Maljkovic & Nakayama, 1994). Ebenso kann die Wiederholung der Position von Ablenkungsreizen zu einer Bahnung führen (Kristjánsson & Driver, 2005). In bereits gesehenen Anordnungen der relevanten und irrelevanten Reize ist die Leistung der VPN besser. Kristjánsson und Driver (2005) bezeichneten dies als „*priming of search context*“. Bei einem unbekannten Zielreiz ist die Stärke des Primings sehr ausgeprägt (Olivers & Meeter, 2008). Priming kann sowohl für einzelne Eigenschaften geschehen als auch für ganze Objekte (Kristjánsson, 2006). Maljkovic und Nakayama (1994; 1996) zeigten Priming-Effekte für Farbe und Orientierung auf. Priming funktioniert aber nicht nur aufgrund der Wiederholung des Zielreizes, sondern auch aufgrund der Wiederholungen von Positionen (Maljkovic & Nakayama, 1996). Priming tritt bis zu 30 Sekunden nach dem Auftreten des Reizes auf. Im Gegensatz dazu überdauert der Mechanismus des „Inhibition of Return“ nur wenige hundert Millisekunden (vgl. Maljkovic & Nakayama, 2000). Nicht nur die Wiederholung von Zielreizen, sondern auch die Wiederholung von irrelevanten Reizen kann zu Priming-Effekten führen (Driver & Kristjánsson, 2008). Es müssen also nicht unbedingt relevante Eigenschaften oder Reize sein, die zu einer Erleichterung der Wahrnehmung führen können. Kristjánsson, Saevarsson und Driver (2013) zeigten, dass eine aktive Suche nach einem bestimmten Zielreiz nötig ist, damit Priming auftritt. Bei der passiven Betrachtung von Reizen kam es trotz der Wiederholung von Reizen zu keinen Effekten von Priming. Zusätzlich zeigten Kristjánsson und Kollegen, dass die Aktivierung des Arbeitsgedächtnisses ausschlaggebend ist, damit Priming stattfinden kann. Brascamp, Blake und Kristjánsson (2011) zeigten, dass Priming-Effekte auch dann auftreten, wenn die VPN selber festlegen konnten, welcher Reiz als Zielreiz definiert wird. Olivers (2009) fand Beweise dafür, dass Priming im Arbeitsgedächtnis unabhängig von der Relevanz der Eigenschaft, die gebahnt wird, geschieht. Huang, Holcombe und Pashler (2004) zeigten, dass auch Eigenschaften, welche irrelevant für die Aufgabe waren, gebahnt werden können, sofern neben den irrelevanten Eigenschaften auch die relevanten Eigenschaften wiederholt werden. Wenn die irrelevanten Eigenschaften wiederholt wurden und die relevanten Eigenschaften wechselten, führte dies zu einer verlangsamten Wahrnehmung (Huang, Holcombe, & Pashler, 2004).

Kristjánsson (2006) zeigte auf, dass Farbe keine Relevanz für die Aufgabe besitzen muss, um Priming zu unterliegen. Für die Eigenschaften Orientierung und Frequenz wurde dies nicht beobachtet, wenn diese als irrelevant definiert wurden. Kristjánsson führte dies auf die Möglichkeit einer unterschiedlichen Verarbeitung im Gehirn der Dimensionen von Eigenschaften zurück. Eine andere Erklärung, die Kristjánsson in Betracht zog, ist, dass der Mechanismus des Primings ab einer gewissen Schwelle gesättigt ist. Allerdings zeigte Priming der Farbe keine Interaktion mit dem Priming der anderen beiden Eigenschaftsdimensionen. Durch diese Beobachtung wurde dem Priming einer Farbe eine besondere Rolle zugewiesen. Ob, und in welchem Ausmaß, Priming für mehrere Eigenschaftsdimensionen geschieht, hängt von der Relevanz für die Aufgabe ab (Kristjánsson, 2006).

Maljkovic und Nakayama (2000) zeigten, dass die Bahnung des herausspringenden Reizes durch das implizite Kurzzeitgedächtnis geschieht. Es kann 5 bis 8 Durchgänge überdauern und verfällt danach wieder. Das entsprach im Experiment von Maljkovic und Nakayama (1994) 30 Sekunden (vgl. Maljkovic & Nakayama, 2000). Uneindeutig war, ob das Nachlassen des Primings auf den Verlauf der Zeit oder die Anzahl der durchlaufenen Durchgänge zurückzuführen ist. Maljkovic und Nakayama beschrieben das visuelle Priming als impliziten Gedächtnisvorgang, welcher Vorteile für die Verarbeitung der Umwelt bietet. Vorteile dahingehend, dass Reize, die bereits einmal wichtig waren, wieder wichtig sein könnten, somit werden Wahrnehmungsressourcen eingespart. Sowohl Zielreize, als auch Ablenkungsreize und ihre Eigenschaften können Priming verursachen (Maljkovic & Nakayama, 1994). Priming kann nicht bewusst ausgeblendet werden. Das bedeutet, dass es passiv und autonom geschieht. Es geschieht eine Erleichterung der Wahrnehmung der Orte, an denen zuvor ein Zielreiz zu finden war und eine Erschwerung der Wahrnehmung eines Ortes, an dem zuvor ein Ablenkungsreiz zu sehen war. Zusätzlich stellten Maljkovic und Nakayama fest, dass eine einmalige Präsentation eines Reizes schon ausreicht, damit Priming stattfindet. Je öfter ein Zielreiz an einer Stelle präsentiert wurde, desto eher wird in zukünftigen Durchgängen die Aufmerksamkeit an diese Stelle gelenkt. Priming der Farbe und der Position wiesen dieselben Mechanismen auf. Sie überdauerten 5 bis 8 Durchgänge, waren kumulativ, konnten entweder begünstigend oder inhibierend wirken (abhängig davon, ob ein Reiz Ziel- oder Ablenkungsreiz war) und sie verbesserten die Reaktionszeit um 20 bis 50 Millisekunden. Maljkovic und Nakayama zeigten, dass das Priming der herausspringenden Reize zwischen den Durchgängen geschieht. Das passierte automatisch und reizgetrieben und

sollte folglich auch bei einer passiven Beobachtung geschehen (Maljkovic & Nakayama, 1994).

Neben der Debatte, ob die Lenkung der Aufmerksamkeit reizgetrieben oder zielgetrieben geschieht, gibt es noch die Debatte darüber, ob Priming einem reizgetriebenen oder einem zielgetriebenen Mechanismus unterliegt (vgl. Becker et al., 2009). Maljkovic und Nakayama (1994) gingen davon aus, dass Priming-Effekte stimulusgetrieben sind. Becker (2007) zeigte, dass Priming-Effekte nur bei der zielreizrelevanten Eigenschaft auftreten, das spricht für einen zielgetriebenen beeinflussten Mechanismus beim Priming.

Im Experiment zur Masterarbeit wird das Priming zwischen den Durchgängen auf den zielgetriebenen Effekt gemessen.

### **Aufzeichnung der Augenbewegungen**

Da verschiedene Prozesse einen Einfluss auf die Lenkung der Aufmerksamkeit haben können und diese auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten messbar sein können, ist es wichtig, Methoden zu verwenden, die ortsbasierte Reaktionen aufzeichnen (vgl. Kristjánsson, 2011). Deshalb werden zusätzlich zu den manuellen Reaktionen via Tastendruck Augenbewegungen aufgezeichnet. Das geschieht durch die Verwendung eines Eyetrackers. Augenbewegungen werden im vorliegenden Experiment nicht instruiert, da das Instruieren derer zu Verzerrungen führen könnte (Becker et al., 2009). Augenbewegungen zu den Reizen hin geschehen ca. 500 ms bevor ein Tastendruck geschieht, dadurch sind Aufzeichnungen der Augenbewegungen auch weniger anfällig für Prozesse, welche nicht mit der Lenkung der Aufmerksamkeit in Verbindung stehen (Töllner et al., 2012; vgl. Becker et al., 2014). Priming wird als ein früher Prozess der Beeinflussung der Aufmerksamkeit verstanden (z.B. Folk & Remington, 1998) deshalb ist auch hier die Aufzeichnung von Augenbewegungen indiziert. Da Priming nicht bewusst (Maljkovic & Nakayama, 1994) geschieht, ist es wahrscheinlich, dass die Effekte davon durch die verdeckte Verlagerung der Aufmerksamkeit sichtbar werden, wie das beim Aufzeichnen von Augenbewegungen der Fall ist.

### **Linear Mixed Models**

Zur statistischen Analyse des Modells werden lineare, gemischte Modelle (engl. „Linear Mixed Models“ = LMM) verwendet. Der Grund hierfür besteht darin, dass die

Korrelation von Differenzwerten zu einer hohen Fehlervarianz führt, wie dies bei der Verwendung einer Varianzanalyse der Fall wäre (siehe z.B. Dresler et al., 2012; Versace, Mazzetti, & Codispoti, 2008). Allgemeiner betrachtet bietet die Verwendung von LMMs viele Vorteile. Sie stellen eine gute Möglichkeit dar, individuelle Differenzen zu betrachten. Im Gegensatz zur Mittelung der Werte bei Varianzanalysen (Kliegl et al., 2011). Kliegl et al. (2011) beschrieben dies als eine mögliche Annäherung der zwei Strömungen der psychologischen Wissenschaften. Die erste Strömung ist die differentielle psychologische Forschung, in der das Individuum betrachtet wird. Die zweite Richtung ist die experimentelle psychologische Forschung, in welcher nicht auf individuelle Differenzen eingegangen wird, sondern das Ergebnis aus einer Stichprobe der Population gemittelt wird.

Im vorliegenden Experiment geht es um den Zusammenhang der Effekte (reizgetriebener Effekt = Bottom-Up-Effekt = BUE oder BU; zielgetriebener Effekt = Top-Down-Effekt = TD oder TDE (primed und unprimed)) zu zwei Zeitpunkten (T1 und T2). Diese werden miteinander korreliert. Es wird angenommen, dass alle drei Effekte jeweils zu T1 und zu T2 hoch miteinander korrelieren. LMM resultieren in *Fixed Effects* und *Random Effects*. Die Fixed Effects geben an, ob TD und BU getrennt zu T1 und zu T2 signifikant sind. Als Random Effects werden im vorliegenden Experiment die VPN definiert. Dadurch wird berücksichtigt, dass die Ergebnisse zwischen den VPN unterschiedlich sein können. Die Random Effects geben an, wie groß die Korrelationen der Effekte zwischen den zwei Zeitpunkten sind. Im Gegensatz zur Verwendung von LMM kann die Varianzanalyse nicht zwischen den einzelnen Ergebnissen der VPN differenzieren und es wird über die VPN hinweg gemittelt. Durch die Berechnung von Konfidenzintervallen kann die Signifikanz der Korrelationen festgestellt werden.

## **Ziel und Fragestellung der aktuellen Studie**

Ziel der vorliegenden Studie ist es zu zeigen, dass reiz- und zielgetriebene Effekte der Aufmerksamkeitslenkung, sowie Priming-Effekte eine zeitliche Stabilität aufweisen. Die zeitliche Stabilität der angeführten Effekte wurde so noch nie gemessen, daraus ergibt sich die Relevanz der Studie. Die zeitliche Stabilität wird im Experiment durch Testen derselben Effekte zu zwei Zeitpunkten mit Abstand von einer Woche hergestellt. Die Aufmerksamkeitslenkung und das Priming werden durch ein Design zur visuellen Suche, angelehnt an das Design von Becker et al. (2009), hergestellt.

## **Hypothesen.**

Die Effekte der reiz- und zielgetriebenen Aufmerksamkeitslenkung, sowie das Priming der Aufmerksamkeit sollten zu beiden Zeitpunkten beobachtbar sein.

Die Effekte werden sichtbar an den Kosten in der Reaktionszeit (engl. „response time“ = RT; Zeit zwischen dem Erscheinen des Reizes und dem Tastendruck) und in der Target-Fixations-Latenz (TFL; die Zeit zwischen dem Erscheinen des Reizes und der Fixation auf den Zielreiz). Die TFL und die RT sollten größer sein, wenn ein Ablenkungsreiz vorhanden ist. Die Kosten in der RT und der TFL sollten auch bei der Bahnung der Aufmerksamkeit beim zielgetriebenen Reiz sichtbar sein. Die Werte der drei Effekte beider Zeitpunkte sollten einer hohen Korrelation unterliegen, damit auf eine zeitliche Stabilität geschlossen werden kann.

Demnach wird erwartet, dass die Effekte (BU, TD und TD primed) des T1 und des T2 hoch miteinander korrelieren.

Zusätzlich wird eine größere Lenkung der Aufmerksamkeit angenommen, wenn der Ablenkungsreiz dem Zielreiz ähnlich ist. Es sollte zu größeren Kosten in der RT und der TFL kommen, wenn der ähnliche Ablenkungsreiz vorhanden ist, als Kosten entstehen sollten, wenn der unähnliche Ablenkungsreiz vorhanden ist.

## **Methode**

### **Stichprobe**

57 VPN nahmen am Experiment teil. 45 VPN waren weiblich. Die Größe der Stichprobe wurde anhand eines vorhergehenden Experiments festgelegt, in welchem eine G\*Power-Analyse durchgeführt wurde. Die Altersspanne reichte von 19-31 Jahren, das durchschnittliche Alter betrug 21.6 Jahre. Die VPN wurden über das System „LABS“ der psychologischen Fakultät Wien rekrutiert. Die VPN erhielten im Gegenzug zur Teilnahme Bonuspunkte für Prüfungen und Seminare gutgeschrieben. Alle VPN hatten eine normale oder korrigierte, normale Sehstärke und keine Rot-Grün-Sehschwäche. Vor der Teilnahme mussten die VPN eine Einverständniserklärung unterschreiben und nahmen dann anonymisiert am Experiment teil.

## **Apparatur**

Die Stimuli wurden auf einem 19“ CRT (Sony Trinitron) Monitor mit einer Auflösung von 1,024 x 768 Pixel und einer Bildwiederholrate von 100 Hz präsentiert. Die VPN saß mit einem Abstand von zirka 64 cm, mit dem Kinn und der Stirn in einer Stütze fixiert, vor dem Monitor. Während des Experiments wurde der Raum verdunkelt, nur eine kleine Lampe hinter dem Monitor fungierte als indirekte Lichtquelle. Die Augenbewegungen des dominanten Auges der VPN wurden mittels einem vor dem Monitor positionierten Eyetracker „EyeLink 1000 Desktop Mount“ (SR Research Ltd., Kanada), mit einer Abtastungsfrequenz von 1000 Hz und einer Blickpositions-Akkuratheit von  $< 0.5^\circ$  und einer räumlichen Auflösung von  $< 0.01^\circ$ , aufgezeichnet. Für die manuellen Reaktionen wurden eine Computer-Maus und eine Tastatur verwendet. Das Experiment wurde durch die Software Experiment Builder (SR Research Ltd., Kanada) programmiert und ausgeführt.

## **Versuchsablauf**

Die VPN kamen in den Testraum TRK-7 im Keller der psychologischen Fakultät Wien. Als erstes wurden die VPN darum gebeten, eine Einverständniserklärung durchzulesen und zu unterschreiben. Anschließend wurde die Sehkraft mit einem Sehtest gemessen, eine rot-grün-Sehchwäche ausgeschlossen und das dominante Auge ermittelt. Ebenso wurde das Alter, die Händigkeit, die Uhrzeit, das Geschlecht, der Name und die Nummer der VPN notiert. Falls es Probleme beim Aufzeichnen gab oder etwas vorgefallen war, das Einfluss auf die Experimentauswertung hätte, wurde dies im Laufe des Experiments ebenfalls bei der betreffenden VPN notiert.

Vor dem Experiment wurde den VPN erklärt, dass sie die Computermouse zum Antworten auf die Fragen am Bildschirm verwenden soll. Dabei sollte sie ihre rechten und linken Zeigefinger jeweils auf die rechten und linken Maustasten legen und diese dann, wie am Bildschirm instruiert, verwendet. Zusätzlich wurde der VPN gesagt, dass sie sich während des Experiments möglichst wenig bewegen sollte, damit der Eyetracker problemlos funktionieren kann. Beim Start des Experiments bekamen die VPN eine Instruktion, auf welche Reize sie wie reagieren mussten. Der Eyetracker wurde auf jede VPN und ihr dominantes Auge neu eingestellt und bei Bedarf während des Experiments noch einmal nachjustiert. Das Experiment dauerte zirka 45 bis 60 Minuten.

Eine Woche später, zur exakt selben Uhrzeit, kamen die VPN noch einmal, um das Experiment erneut durchzuführen. Die VPN bekamen dieselbe Version des Experiments wie beim ersten Durchlauf. Es wurden die Durchgänge, die Positionen der Scheiben und die Positionen der „x“ und „+“ in den Scheiben neu randomisiert. Vor dem Experiment zum zweiten Termin musste erneut eine Einverständniserklärung unterschrieben werden. Falls die VPN nach dem genauen Zweck des Experiments fragte, wurde ihr dieser nach dem zweiten Termin erklärt.

## Versuchsdesign

Das Experiment bestand aus insgesamt 756 Durchgängen, aufgeteilt auf 9 Blöcke zu je 84 Durchgängen. Es gab 6 verschiedene Bedingungen zu je 126 Durchgängen. Zwischen den Blöcken gab es Pausen, die von der VPN individuell lang durch Drücken der Leertaste gestaltet werden konnten. Bevor die Aufzeichnung des Eyetrackers starten konnte, musste dieser kalibriert und validiert werden. Wenn dies erfolgreich war, wurde der VPN angeordnet, auf zwei Scheiben mit zwei möglichen bestimmten Farben (von vier möglichen Farben) mit Tastendruck reagieren soll. In der Zielreiz-Scheibe waren die Zeichen „+“ oder „x“ ( $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ , Arial, 10 pt) zu erkennen, in den restlichen Scheiben waren genau drei „+“ und drei „x“ zu sehen. Die verschiedenen Zeichen in der Zielreiz-Scheibe mussten durch Drücken der linken Maustaste für ein Zeichen (z. B. „+“) und durch Drücken der rechten Maustaste für das andere Zeichen (z. B. das „x“) voneinander unterschieden werden. Die zu drückenden Maustasten wurden über die VPN hinweg ausbalanciert.

Die Zeichen in den Scheiben dienten der Sicherstellung der Augenbewegung zu den Reizen hin. Diese waren so klein entworfen, dass es notwendig war, die Augen dorthin zu bewegen, um sie zu erkennen. Es gab keinerlei Instruktion für eine Augenbewegung, da eine solche die Augenbewegung künstlich hervorrufen könnte (Becker et al., 2009).

Als erstes war ein Bildschirm mit einem Fixationskreuz zu sehen, auf welches die VPN ihre Augen fixieren mussten. Das diente dem Fixations-Check des Eyetrackers, bei dem überprüft wurde, ob die Fixation innerhalb eines imaginären Quadrates mit der Seitenlänge von  $1.3^\circ$  für mindestens 100 ms blieb. Falls dies nicht der Fall war, musste der Eyetracker erneut kalibriert werden. Sobald der Fixations-Check in Ordnung war, erschien das Display, auf welchem sieben Scheiben zu sehen waren. Die Scheiben hatten einen Durchmesser von  $1.7^\circ$  und waren auf einem imaginären Kreis, mit einem Durchmesser von  $7.1^\circ$ , mit einem

Abstand von  $3.1^\circ$  von der Mitte einer Scheibe zur nächsten, startend an der 12-Uhr-Position, angeordnet. Die Reize wurden auf einem hellgrauen Hintergrund präsentiert (RGB: 204/204/204). Das Target-Display war bis zum Tastendruck der VPN zu sehen. Danach erschien ein Bildschirm mit der Rückmeldung „richtig“ oder „falsch“ für die Dauer von 500 ms.

Es gab insgesamt 16 Versionen (Tabelle A1). Version 1 – 8 sahen wie folgt aus: In einem Drittel der Durchgänge war ein Zielreiz und sechs graue (LAB: 62,0/12,7/-35,8) Scheiben zu sehen, davon enthält eine Hälfte einen roten Zielreiz (LAB: 62,7/79,0/65,7) und die andere Hälfte einen grünen Zielreiz (LAB: 62,5/-69,4/52,5). In einem weiteren Drittel hatte eine der grauen Scheiben die Farbe Pink (LAB: 62,0/76,2/21,1). In einem letzten Drittel hatte eine der grauen Scheiben die Farbe Blau (LAB: 62,2/52,1/-116,8). Die Farbe des Hintergrunds war ein helles Grau (LAB: 88,7/11,9/-44,5). Die Farben der Scheiben besaßen alle dieselbe Luminanz (circa 62, im LAB-Wert ersichtlich).

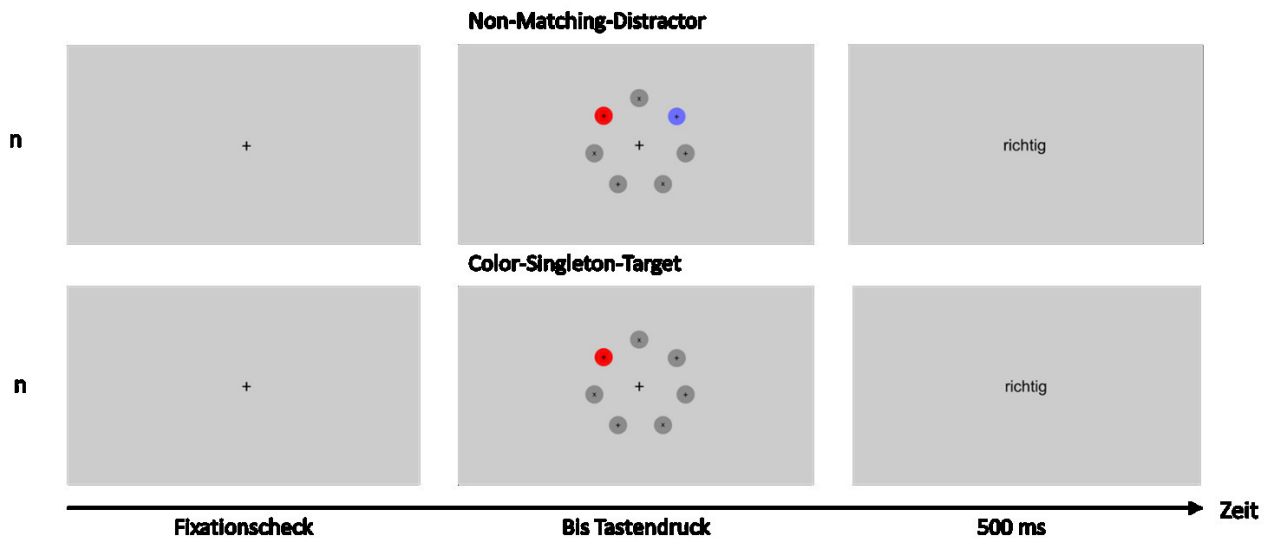
Pink und Blau konnten in diesen Versionen unter anderem die Ablenkungsreize sein. Pink war der passende Ablenkungsreiz (Matching-Distractor), da er dem Rot des Zielreizes sehr ähnlich war ( $\Delta E = 44,7$ ). Die Ähnlichkeit wurde anhand des Maßes für den empfundenen Farbabstand  $\Delta E$  sichergestellt. Passend war der pinke Ablenkungsreiz auch zu Grün, da er dem Suchset, etwas Grünes oder Rotes zu finden, entsprach. Blau war in diesem Fall der nicht-passende, saliente Ablenkungsreiz (Non-Matching-Distractor), weil er keiner gesuchten Farbe ähnlich war. Die verwendeten Farben für die Ziel- und Ablenkungsreize wurden über die VPN hinweg ausbalanciert, also konnten Pink und Blau auch Zielreize sein.

In den Versionen 9-16 wurde statt des pinken Reizes ein gelber (RGB: 133/153/5) Reiz verwendet, der dem grünen Reiz ähnlich war. Dadurch sollte ein unbekannter Einfluss einer bestimmten Farbkombination herausgemittelt werden. Dieser gelbe Reiz konnte wiederum als Ziel- und Ablenkungsreiz fungieren. Aus diesen Farben als Zielreize oder Ablenkungsreize und der Verwendung der linken oder der rechten Maustaste als zu drückende Taste für „x“ bzw. „+“ entstanden 16 verschiedene Versionen.

Aus den vier Farben und der Verwendung derer als Ablenkungs- oder Zielreize, entstanden 6 verschiedene Durchgänge (Color-Singleton-Target Target-Farbe 1, Color-Singleton-Target Target-Farbe 2, Matching-Distractor Target-Farbe 1, Matching-Distractor Target-Farbe 2, Non-Matching-Distractor Target-Farbe 1, Non-Matching-Distractor Target-Farbe 2). Wurden diese Durchgänge in Verbindung mit dem vorhergehenden Durchgang betrachtet, konnte der Effekt von Priming (TD primed), TD und BU untersucht werden. Die

genauen Kombinationen und Interpretationen sind in der Tabelle A2 zu finden. In Abbildung 1 ist ein Beispiel für die Berechnung des BUE, in Abbildung 2 ein Beispiel für die Berechnung des TDE und in Abbildung 3 ein Beispiel für den gebahnten TDE dargestellt.

Zur Operationalisierung des Primings und der Lenkung der Aufmerksamkeit wurden die RT und die TFL herangezogen. Damit die zeitliche Stabilität der Effekte untersucht werden konnte, wurden die Ergebnisse beider Zeitpunkte des Experiments herangezogen.



*Abbildung 1.* Schematische Darstellung zweier Durchgänge. In der oberen Reihe ist ein nicht-passender Ablenkungsreiz (Non-Matching-Distractor) dargestellt. In der unteren Reihe ein roter Zielreiz (Color-Singleton-Target). Die Differenzen der RT und der TFL der beiden Durchgänge ergibt den Effekt der reizgetriebenen Lenkung der Aufmerksamkeit (BUE).

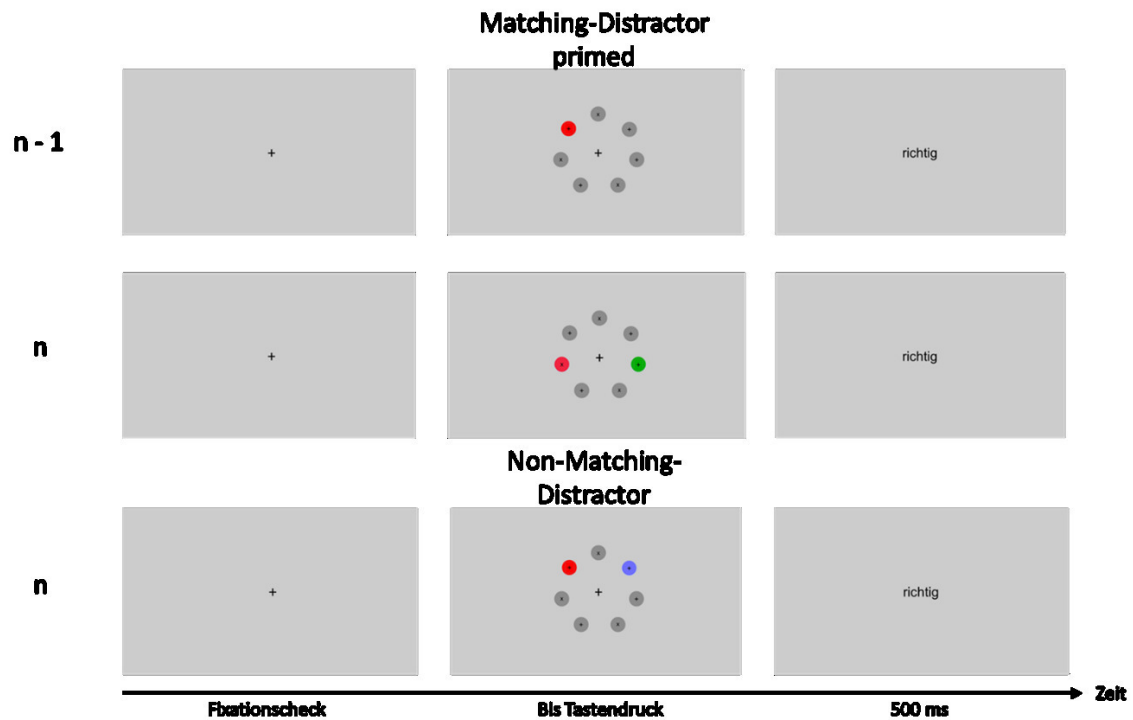
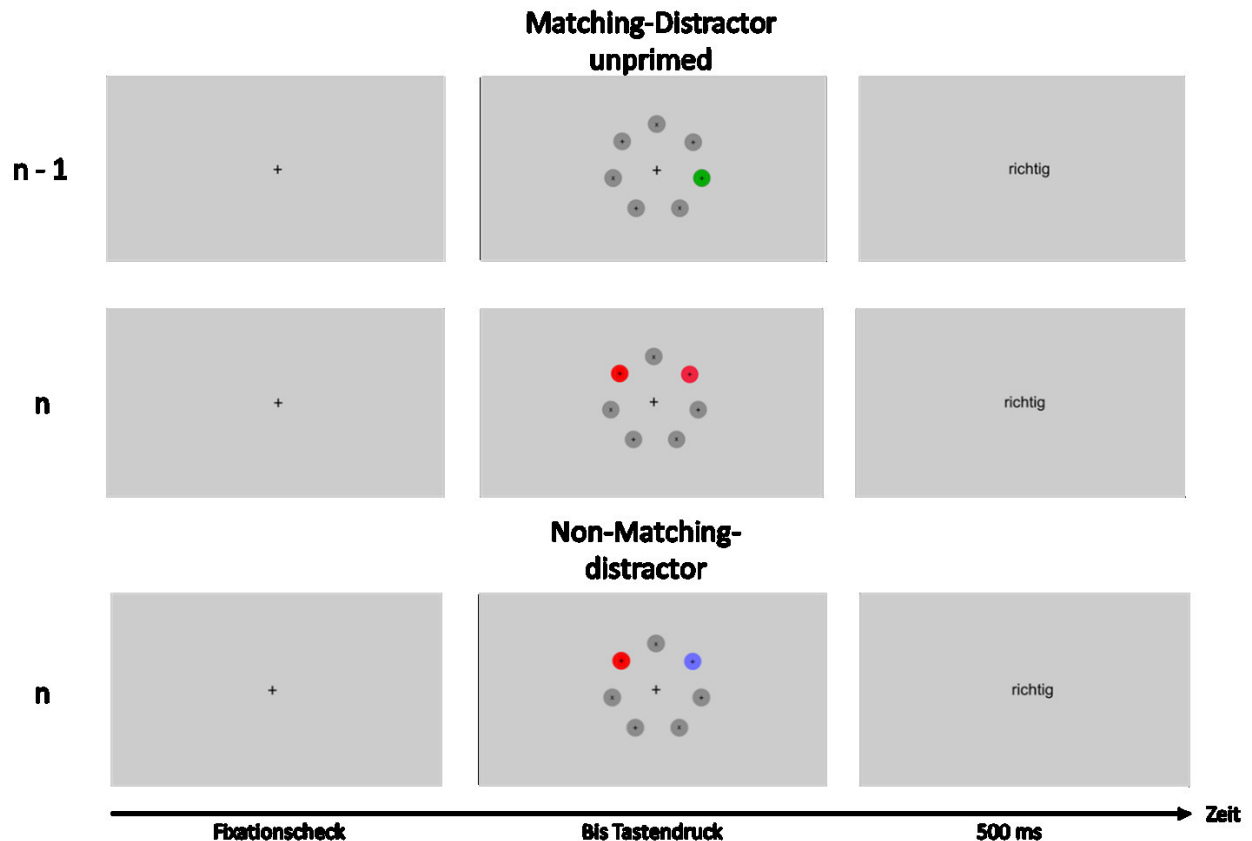


Abbildung 2. Schematische Darstellung dreier Durchgänge. Die ersten beiden Durchgänge (n – 1 und n) folgen aufeinander. Dadurch wird der der pinke Ablenkungsreiz in Durchgang „n“ durch den roten Zielreiz in Durchgang „n – 1“ gebahnt. Die Differenzen der TFL und der RT der Bedingungen „Matching-Distractor primed“ und „Non-Matching Distractor“ ergibt den Effekt des Primings der Aufmerksamkeit auf den zielgetriebenen Effekt (TDE primed).



*Abbildung 3.* Schematische Darstellung dreier Durchgänge. Die ersten beiden Durchgänge „n – 1“ und „n“ folgen aufeinander. Es erfolgt keine Bahnung der Aufmerksamkeit in der Bedingung „Matching-Distractor unprimed“. Die Differenzen der TFL und RT der Bedingungen „Matching-Distractor unprimed“ und „Non-Matching-Distractor“ ergibt den nicht gebahnten Effekt auf den zielgetriebenen Effekt (TDE unprimed).

## Datenanalyse

Für die Analyse wurden die RT und die TFL in Millisekunden verwendet. Die TFL war als Zeit zwischen dem Erscheinen des Zielreizes und der Fixation darauf definiert. Die Fixation war gegeben, wenn die Augenbewegungsgeschwindigkeit kleiner als 30° pro Sekunde und die Beschleunigung unter 8000° pro Sekunde beträgt. Zusätzlich galt ein Reiz erst dann als fixiert, wenn die Fixation innerhalb von 1.25° um das Zentrum des Reizes war.

Für die statistische Analyse wurden Differenzwerte benötigt. Für den BUE wurde die Differenz von Non-Matching-Bedingung und Color-Singleton-Target-Bedingung ausgerechnet. Für den TDE primed wurde die Differenz zwischen Matching-Distractor-Bedingung primed und Non-Matching-Distractor-Bedingung ausgerechnet. Für den TDE

unprimed wurde die Differenz zwischen Matching-Distractor- unprimed-Bedingung und Non-Matching-Distractor-Bedingung ausgerechnet.

Für die RT und die TFL wurden dann je ein Lineares Gemischtes Modell erstellt (LMM – Linear Mixed Model). Im hier verwendeten Modell wurden als Fixed Effects die TD Effekte und BU Effekte getrennt für Zeitpunkt eins (T1) und Zeitpunkt zwei (T2) verwendet. Somit konnte festgestellt werden, ob die Effekte (BU, TD primed, TD unprimed) für T1 und T2 signifikant sind. Als Random Effects wurden die VPN definiert, dadurch wurde berücksichtigt, dass die Effekte zwischen den VPN variieren können. Durch die Random Effects wurde es möglich, zu sehen, wie die einzelnen Effekte miteinander korrelieren. Die Signifikanz wurde in den hier verwendeten Modellen mittels 95 % -Konfidenzintervallen ( $\alpha = 0.05$ ) durch 5000 Bootstrapping Durchgänge festgelegt.

## Ergebnisse

Es wurden die Daten aller VPN analysiert, weil keine mehr als 20% der Durchgänge falsch beantwortet hatte. Es wurden 11.5% der Durchgänge ausgeschlossen, da diese selbst oder der vorhergehende Durchgang falsch beantwortet wurde. Die Durchgänge, die aufgrund des vorhergehenden falsch beantworteten Durchgangs ausgeschlossen wurden, wurden deshalb nicht miteinbezogen, da „intertrial“ Priming analysiert wurde. Dabei ist es wichtig, dass das Priming der Aufmerksamkeit von einem Durchgang zum nächsten funktioniert. Die Analyse wurde im Statistikprogramm R durchgeführt.

Ausreißer wurden auf Basis der (Q-Q) Plots der invers-transformierten Variable definiert und dann jeweils für die RT und TFL ausgeschlossen. Die Durchgänge, welche für die Analyse der RT ausgeschlossen wurden, wurden auch für die Analyse der TFL ausgeschlossen. Dies führte zu einem Datenverlust von 0.01 % bei der RT und 4.9% bei der TFL (Ausreißer und Durchgänge, bei denen keine Fixation stattfand). Die Daten wurden invers-transformiert ( $x_{\text{transformed}} = -1,000 / x_{\text{original}}$ ), damit eine Normalverteilung gegeben war. Das Minus (-) vor der Zahl 1000 diente der Beibehaltung der Richtung der Effekte.

## Reaktionszeit

Die Mittelwerte der Reaktionszeiten in allen Bedingungen waren erwartungsgemäß jeweils zu T2 kleiner als zu T1 (siehe Tabelle 1).

*Tabelle 1.* Mittelwerte pro Bedingung der RT (in ms)

|                              | Time Point 1 | Time Point 2 |
|------------------------------|--------------|--------------|
| Target Singleton             | 703          | 640          |
| Non-Matching-Distractor      | 795          | 684          |
| Matching-Distractor unprimed | 885          | 745          |
| Matching-Distractor primed   | 896          | 773          |

Die Ergebnisse der Fixed Effects waren in allen Kontrasten jeweils zu T1 und zu T2 laut den 95%-Konfidenzintervallen signifikant. Der BU war zu T1 größer als der BU zu T2. Der TD unprimed war zu T1 kleiner als zu T2. Der TD primed war zu T1 kleiner als zu T2 (siehe Tabelle 2).

*Tabelle 2.* Fixed Effects der RT

|             | Time Point 1       |      |       | Time Point 2      |      |       |
|-------------|--------------------|------|-------|-------------------|------|-------|
|             | $\beta$ [KI]       | SE   | t     | $\beta$ [KI]      | SE   | t     |
| BU          | 0.16[0.14, 0.19]*  | 0.01 | 15.40 | 0.10[0.08, 0.12]* | 0.01 | 11.77 |
| TD unprimed | 0.13[0.10, 0.16]*  | 0.01 | 8.79  | 0.12[0.09, 0.15]* | 0.01 | 8.73  |
| TD primed   | 0.14 [0.11, 0.17]* | 0.01 | 9.43  | 0.17[0.14, 0.20]* | 0.02 | 10.81 |

*Anmerkung.* KI = Konfidenzintervall.

\* $p < .05$

Die Random Effects zeigten hohe Korrelationen in allen erwarteten Effekten. Diese sind in Abbildung 4 abgebildet. Die relevanten Korrelationsparameter der Random Effects lauten: BU T2 und T1  $r = .83$  ( $SD = 0.058$ ), TD unprimed T2 und T1  $r = .86$  ( $SD = 0.098$ ), TD primed T2 und T1  $r = .90$  ( $SD = 0.114$ ). In der Tabelle A3 im Anhang sind alle Korrelationen aufgeführt, in der Tabelle A4 sind alle Kovarianzparameter aufgeführt.

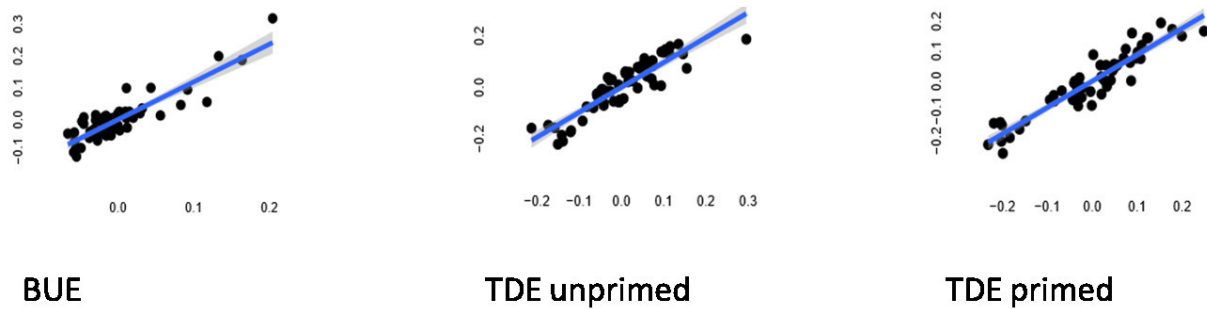


Abbildung 4. Korrelationen der RT der beiden Zeitpunkte T1 und T2.

### Target-Fixations-Latenz

Die Mittelwerte der TFL waren erwartungsgemäß ebenso in allen Bedingungen jeweils zu T2 kleiner als zu T1 (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3. Mittelwerte pro Bedingung der TFL (in ms)

|                              | Time Point 1 | Time Point 2 |
|------------------------------|--------------|--------------|
| Target Singleton             | 211          | 203          |
| Non-Matching-Distractor      | 242          | 225          |
| Matching-Distractor unprimed | 281          | 255          |
| Matching-Distractor primed   | 304          | 281          |

Die Ergebnisse der Fixed Effects waren in allen Kontrasten jeweils zu T1 und zu T2 laut den 95% Konfidenzintervallen signifikant. Der BU zu T1 war größer als der BU zu T2. Der TD unprimed war zu T1 kleiner als zu T2. Der TD primed war zu T1 kleiner als zu T2 (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4. Fixed Effects der TFL

|             | Time Point 1      |      |       | Time Point 2      |      |       |
|-------------|-------------------|------|-------|-------------------|------|-------|
|             | $\beta$ [KI]      | SE   | t     | $\beta$ [KI]      | SE   | t     |
| BU          | 0.61[0.54, 0.69]* | 0.04 | 16.35 | 0.50[0.44, 0.56]* | 0.03 | 15.90 |
| TD unprimed | 0.56[0.44, 0.68]* | 0.06 | 9.07  | 0.51[0.39, 0.62]* | 0.06 | 8.75  |
| TD primed   | 0.83[0.69, 0.97]* | 0.07 | 11.70 | 0.87[0.72, 1.02]* | 0.08 | 11.50 |

Anmerkung. KI = Konfidenzintervall. \* $p < .05$

Die Random Effects zeigten hohe Korrelationen in allen erwarteten Effekten. Diese sind in Abbildung 5 abgebildet.

Die relevanten Korrelationsparameter der Random Effects lauten: BU T2 und T1  $r = .97$  ( $SD = 0.210$ ), TD unprimed T2 und T1  $r = .93$  ( $SD = 0.421$ ), TD primed T2 und T1  $r = .94$  ( $SD = 0.558$ ). In der Tabelle A5 sind alle Korrelationsparameter angeführt, in der Tabelle A6 sind alle Kovarianzparameter angeführt.

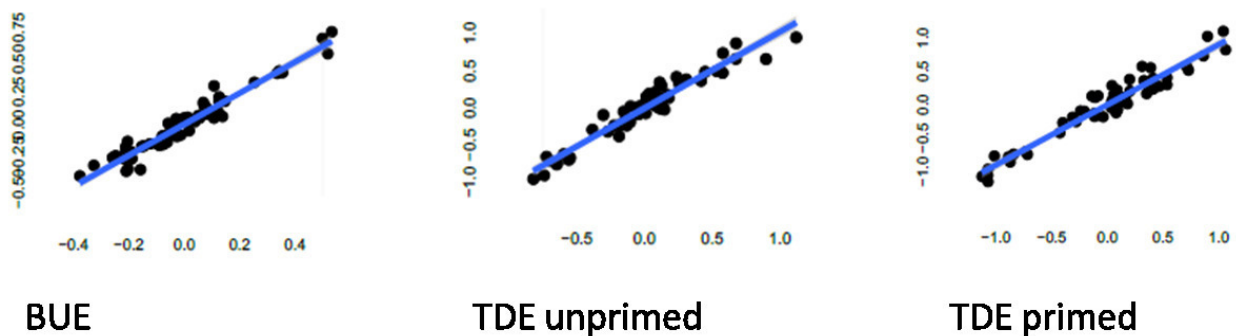


Abbildung 5. Korrelationen der TFL der beiden Zeitpunkte T1 und T2.

### Analyse der Fehlerraten

Es wurde untersucht, wie viele Fehler in Abhängigkeit von den Bedingungen gemacht wurden. Das Ergebnis der Varianzanalyse zwischen den Bedingungen war signifikant,  $F(3, 168) = 21.88, p < .001, \eta^2 = .28$ . Die Mittelwerte lauteten: Color-Singleton-Target: 0.18, Non-Matching-Distractor: 0.18, Matching-Distractor unprimed: 0.21, Matching-Distractor primed: 0.23. Ein signifikanter Unterschied in den Fehleranteilen bestand zwischen der Color-Singleton-Target und Matching-Distractor unprimed Bedingung ( $p < .001$ ), der Color-Singleton-Target und Matching-Distractor primed Bedingung ( $p < .001$ ), der Non-Matching-

Distractor und Matching-Distractor unprimed Bedingung ( $p = .001$ ), der Non-Matching-Distractor und Matching-Distractor primed Bedingung ( $p < .001$ ), sowie zwischen der Matching-Distractor unprimed und Matching-Distractor primed Bedingung ( $p = .030$ ). Der Unterschied zwischen der Color-Singleton-Target und der Non-Matching-Distractor Bedingung war nicht signifikant ( $p = 1.000$ ). Die Ergebnisse kamen also nicht aufgrund eines „speed-accuracy trade-offs“ zustande.

### **Targetfixationen**

Es wurde untersucht, wie viele Durchgänge ohne Fixation auf das Target in Abhängigkeit von den Bedingungen stattfanden. Es wurde pro Person und pro Bedingung eine Varianzanalyse gerechnet. Ausreißer, falsch beantwortete Durchgänge, und Durchgänge, bei welchen der vorhergehende Durchgang falsch beantwortet wurde, wurden von der Analyse ausgeschlossen. Das Ergebnis der Varianzanalyse war signifikant,  $F(3, 168) = 4.06, p < .013, \eta^2 = .07$ . Die Mittelwerte der einzelnen Bedingungen lauteten: Color-Singleton-Target: 0.17, Non-Matching-Distractor: 0.18, Matching-Distractor-unprimed: 0.18, Matching-Distractor primed: 0.19. Ein signifikanter Unterschied in den Werten bestand nur zwischen der Color-Singleton-Target und Matching-Distractor primed Bedingung ( $p = .031$ ), alle anderen Vergleiche sind nicht signifikant (alle  $ps > .093$ ). Diese Ergebnisse sprechen nicht dafür, dass die Ergebnisse auf fehlende Targetfixationen zurückzuführen sind.

### **Diskussion**

Das Ziel der vorliegenden Studie zur Masterarbeit war zu zeigen, dass ziel- und reizgetriebene Aufmerksamkeitslenkung, sowie die Bahnung der Aufmerksamkeit zu zwei Zeitpunkten gleichermaßen auftreten, wodurch eine zeitliche Stabilität nachgewiesen werden kann. Um dies zu verwirklichen, nahmen 57 VPN an einem Experiment zur visuellen Suche teil. Es musste mittels Tastendruck angegeben werden, ob sich in einer Scheibe, die eine von zwei bestimmten Zielreizfarben haben konnte, ein „+“ oder ein „x“ befand. Auf einem Bildschirm waren insgesamt sieben Scheiben zu sehen. Davon hatte eine Scheibe eine der beiden Zielreizfarben. Die Zielreizscheibe konnte entweder nur mit weiteren grauen Scheiben vorhanden sein (ein Drittel der Durchgänge) oder es konnte eine aufmerksamkeitslenkende Farbe einer Scheibe statt einer grauen Scheibe vorhanden sein. In einem Drittel der

Durchgänge war eine der Scheiben mit einer dem Zielreiz ähnlichen (passenden) Ablenkungsreizfarbe versehen. In einem letzten Drittel war eine der Scheiben mit einer dem Zielreiz unähnlichen (nicht passenden) Ablenkungsreizfarbe versehen. Während die Personen die Aufgabe bearbeiteten, wurde die RT und die TFL aufgezeichnet. Durch die gemeinsame Betrachtung der Durchgänge (für eine genauere Erklärung siehe Abschnitt „Methoden“ der vorliegenden Arbeit) konnten die Effekte der Aufmerksamkeitslenkung und der Bahnung der Aufmerksamkeit und die zeitliche Stabilität der Effekte untersucht werden. Die Effekte der Lenkungen und der Bahnung wurden als Kosten in der RT und der TFL während des Vorhandenseins der entsprechenden Reize definiert.

Die Effekte der ziel- und reizgetriebenen Lenkung der Aufmerksamkeit und der Bahnung der Aufmerksamkeit waren zu beiden Zeitpunkten signifikant vorhanden. Die Korrelationen waren für alle Effekte für die RT sowie für die TFL hoch ausgeprägt. Die hohen Korrelationen bedeuten, dass die Effekte zu beiden Zeitpunkten in derselben Ausprägung auftraten. Sie waren also zeitlich stabil. Die Mittelwerte der RT und der TFL der einzelnen Bedingungen waren pro Bedingung zu T1 kleiner als zu T2. Zu beiden Zeitpunkten zog der gebahnte passende Ablenkungsreiz am meisten Aufmerksamkeit auf sich. Der nicht gebahnte passende Ablenkungsreiz zog mit der nächsthöheren Lenkung die Aufmerksamkeit auf sich. Danach folgte der nicht passende Ablenkungsreiz und das Zielreiz-Singleton (ohne eine Lenkung der Aufmerksamkeit).

In den Ergebnissen spiegelte sich wider, dass der passende Ablenkungsreiz mehr Aufmerksamkeit auf sich zog, als der nicht passende. Das ist konform mit den Ansichten der Hypothese der bedingten Verlagerung der Aufmerksamkeit (z.B. Folk et al., 1992), nach welcher die Aufmerksamkeit zu Reizen gelenkt wird, die Eigenschaften besitzen, welche der Zielreiz auch besitzt. Die Lenkung der Aufmerksamkeit zu Eigenschaften eines Ablenkungsreizes, welche dem Zielreiz ähnlich sind, entspricht auch dem „similarity effect“ (vgl. Becker et al., 2009). In den Ergebnissen wurde aber auch sichtbar, dass der Ablenkungsreiz, welcher keine relevanten Eigenschaften aufwies, die dem Zielreiz ähnlich waren, auch die Aufmerksamkeit auf sich lenkte. Nur in einem geringeren Ausmaß. Das ist daran erkennbar, dass der ähnliche Ablenkungsreiz („matching-Distractor unprimed“) eine längere RT und TFL als der nicht ähnliche Ablenkungsreiz („non-matching-Distractor“) aufwies. Ein sogenannter „distractor effect“ (vgl. Becker et al., 2009) trat ebenso auf wie ein „similarity effect“ (für eine tiefergehende Erörterung der Theorien vgl. Becker et al., 2009).

Ludwig und Gilchrist (2002) untersuchten das Auftreten der reiz- und zielgetriebenen Lenkung der Aufmerksamkeit innerhalb einer Testung, so wie das auch im hier beschriebenen Experiment geschah. Sie kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass ein Ablenkungsreiz, welcher dieselbe Farbe hatte wie der Zielreiz, mehr die Aufmerksamkeit auf sich lenkte, als ein Ablenkungsreiz, welcher die Farbe der irrelevanten Reize hatte (Ludwig & Gilchrist, 2002). Das vorliegende Experiment unterstützt somit die Theorie der zielgetriebenen Lenkung der Aufmerksamkeit. Aber auch die Theorie der reizgetriebenen Lenkung wird nachgewiesen, auch wenn diese Lenkung etwas schwächer ausgeprägt ist.

Maljkovic und Nakayama (1994) stellten einen Effekt auf die Suchzeiten bei der Suche nach herausspringenden Reizen fest, wenn diese in den Durchgängen wiederholt wurden. Der Zielreiz wurde schneller gefunden, wenn dieser und die irrelevanten Reize mit ihren Eigenschaften wiederholt wurden. Wenn die Farben der Ziel- und Ablenkungsreize wechselten, verlängerten sich die Suchzeiten. Maljkovic und Nakayama vermuteten, dass die Eigenschaften des Ziel- und des Ablenkungsreizes in gesonderten Karten der Eigenschaften enkodiert werden. Die Aufmerksamkeit auf die Zielreizfarbe wird verstärkt, während die Aufmerksamkeit auf die Ablenkungsreizfarbe vermindert wird. Diese Effekte werden nun auf die weiteren Durchgänge übertragen (Maljkovic & Nakayama, 1994). Stellt man diese Beobachtungen mit unserem Experiment in Verbindung, könnten neben den angenommenen Lenkungen und der Bahnung der Aufmerksamkeit zusätzliche Effekte aufgetreten sein. Angenommen in einer Version waren die Zielreize rot und grün und die Ablenkungsreize blau und pink. Beruhend auf der Annahme einer Karte der Eigenschaften (z.B. Treisman & Gelade, 1980; Wolfe, 1994) werden in dieser rot und grün als die Zielreizfarben enkodiert und ihre Wahrnehmung über die Durchgänge hinweg erleichtert, sowie die Wahrnehmung der Farben der Ablenkungsreize über die Durchgänge hinweg erschwert wird (Maljkovic & Nakayama, 1994). Die Farben Rot und Pink waren sich sehr ähnlich. Durch diese Ähnlichkeit der Farben könnte es zu einer Interferenz der Farben in der Karte der Aktivierung gekommen sein. Wenn Pink als Ablenkungsreiz gespeichert wurde, könnte es passiert sein, dass bei der Verarbeitung des roten Zielreizes aufgrund der Ähnlichkeit zum Pink des Ablenkungsreizes die Wahrnehmung als Zielreiz erschwert wurde (aber siehe Becker et al., 2014).

Selektivität der zielgetriebenen Aufmerksamkeitslenkung entsteht durch die Einstellung der Wahrnehmung auf bestimmte Reize zu reagieren (vgl. Becker, 2010). Im Falle des vorliegenden Experiments betraf das die Einstellung auf zwei Farben (z.B. Rot und Grün). Da der pinke Ablenkungsreiz ähnlich dem roten Zielreiz war, wurde die Aufmerksamkeit auch

darauf gelenkt. Nicht nur durch die Einstellung der Wahrnehmung auf die Eigenschaften des Zielreizes, sondern auch durch die Bahnung der Aufmerksamkeit in vorhergehenden Durchgängen konnte der pinke Ablenkungsreiz in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt werden (vgl. Maljkovic & Nakayama, 1994). Bezogen auf das vorliegende Experiment bedeutete das, dass der rote Zielreiz (unabhängig davon, ob noch ein pinker oder blauer Ablenkungsreiz vorhanden war) im Durchgang „n-1“ die Aufmerksamkeit im Durchgang „n“ auf den pinken Ablenkungsreiz lenkte. Das bedeutete, dass im Durchgang „n“ ein roter Zielreiz und ein pinker Ablenkungsreiz oder ein grüner Zielreiz und ein pinker Ablenkungsreiz vorhanden waren. Im Falle des grünen Zielreizes wurde die Aufmerksamkeit auf den pinken Ablenkungsreiz gelenkt, da dieser eher den Eigenschaften des Zielreizes, wie in der Instruktion angeordnet, entsprach und zusätzlich im Durchgang „n-1“ darauf die Aufmerksamkeit gebahnt wurde. Wenn nun aber ein pinker Ablenkungsreiz und ein roter Zielreiz im Durchgang „n“ zu sehen war, könnte es sein, dass die Bahnung der Aufmerksamkeit nicht auf den pinken Ablenkungsreiz zutraf, sondern auf den roten Zielreiz. Der rote Zielreiz war genau der Reiz, auf den instruiert wurde, zu reagieren. Zusätzlich dazu war das Rot des Zielreizes dasselbe Rot wie im Durchgang „n-1“, also auch ähnlicher dem Zielreiz, als der Ablenkungsreiz dem Zielreiz ist. In einem Folgeexperiment könnte untersucht werden, wie sehr die Bahnung des Ablenkungsreizes davon abhängig ist, ob der Zielreiz im Durchgang „n“ ähnlich dem vorkommenden Ablenkungsreiz im Durchgang „n“ ist. Es müsste die Bahnung der Aufmerksamkeit gesondert mit dem grünen und dem roten Zielreiz im Durchgang „n“ betrachtet werden, um den Effekt der Ähnlichkeit zu untersuchen.

Nach dem „relational account“ von Becker (2010) ziehen jene Reize die Aufmerksamkeit auf sich, welche in derselben Relation der Eigenschaften zu den anderen Reizen stehen, wie der Zielreiz in Relation zu den Ablenkungsreizen steht. Bezogen auf das vorliegende Experiment könnte das bedeuten, wenn im Durchgang „n“ ein roter Zielreiz und ein pinker Ablenkungsreiz vorkamen, der pinke Ablenkungsreiz nicht so sehr die Aufmerksamkeit auf sich lenkte, als er das tat, wo er gemeinsam mit dem grünen Ablenkungsreiz auftrat. Dies geschah aus dem Grund, da das Rot des Zielreizes roter war, als das Rot (Pink ist auch eine Art Rot) des Ablenkungsreizes. Die Aufmerksamkeit war darauf gebahnt, auf rottere Reize zu reagieren. Im Falle des blauen Ablenkungsreizes war dies nicht im Kontext des relationalen Ansatzes von Becker zu deuten, da die Informationen über die Reize auf einem Kontinuum der Farbe verarbeitet werden und sich ähnlich sein müssen. Blau

ist aber keiner Farbe ähnlich und kann demnach auch nicht mittels relationalen Informationen verarbeitet werden (vgl. Becker, 2010).

Kerzel und Barras (2016) stellten fest, dass irrelevante, saliente Ablenkungsreize die Aufmerksamkeit lediglich bei der *Suche nach Singletons* (engl. „singleton search“) auf sich lenkten. Im Gegensatz dazu passierte dies nicht bei der *Suche nach Eigenschaften* (engl. „feature search“). In der Instruktion bei einer Suche nach einem Singleton wird dazu angeleitet, einen Reiz zu suchen, welcher sich in einer Eigenschaft von den anderen Reizen abhebt (vgl. Kerzel & Barras, 2016). Bacon und Egeth (1994) beobachteten ähnliche Muster. In der Studie von Bacon und Egeth wurde die Lenkung der Aufmerksamkeit von irrelevanten Singletons, welche sich durch ihre Form unterschieden, nur in der Bedingung, in welcher ein Singleton gesucht werden musste, beobachtet. In der Bedingung, in welcher eine bestimmte Form des Reizes unter verschiedenen Formen zu suchen war, trat dieser Effekt der Aufmerksamkeitslenkung nicht mehr auf. Bacon und Egeth (1994) nahmen an, dass der Suche nach einem Singleton und der Suche nach einer Eigenschaft jeweils eine eigene Art der Verarbeitung zugrunde liegt. Im *Singleton-Entdeckungs-Modus* (engl. „singleton detection mode“; Bacon & Egeth, 1994), konzentrierten sich die VPN darauf, ein Singleton, also ein Reiz, der sich eindeutig von den anderen vorhandenen Reizen unterschied, zu finden. Induziert wurde der Singleton-Entdeckungs-Modus durch eine Suche nach Singletons. Dadurch entstand die Aufmerksamkeitslenkung auf ein irrelevantes Singleton, da dieses durch seine Salienz ebenso auffällig war, wie das relevante Singleton auffällig war. Wenn nun die Suche nach Eigenschaften initiiert wurde, wurde nach einer bestimmten Eigenschaft (z.B. eine bestimmte Form; Bacon & Egeth, 1994) gesucht, da die irrelevanten Reize variable Formen hatten und der relevante Reiz eine (oder mehrere) bestimmte Formen hatte. Hinter dieser Theorie steht die Annahme einer Karte der Aktivierung (vgl. z.B. Cave & Wolfe, 1990, Itti et al., 1998, Treisman & Gelade, 1980). Bei der Suche nach Eigenschaften wird eine Aktivierung auf die relevante Eigenschaft generiert (vgl. Bacon & Egeth, 1994).

Kerzel und Barras (2016) beobachteten zusätzlich, dass ein irrelevanter Ablenkungsreiz die Aufmerksamkeit auf sich zog, wenn ein Wechsel der Farbe des Ablenkungs- und des Zielreizes stattfand. Dies trat bei der Suche nach Singletons, wie auch bei der Suche nach Eigenschaften auf. Wenn sich nur die Farbe des Ablenkungsreizes änderte, trat die Aufmerksamkeitslenkung nur bei der Suche nach Eigenschaften auf. Die Ergebnisse deuteten Kerzel und Barras so, dass neben der Aktivierung der Eigenschaften in einer Karte der Aktivierung, wie das Bacon & Egeth (1994) beschrieben, auch die niedrigere Gewichtung

der irrelevanten Eigenschaften eine Rolle spielen muss. Wenn nun die irrelevante Eigenschaft ständig wechselte, konnte diese nicht in die Karte der Aktivierung aufgenommen werden, und es kommt zu einer Aufmerksamkeitslenkung zur irrelevanten Eigenschaft hin (Kerzel & Barras, 2016). Es ist nicht eindeutig vorauszusagen, zu welcher Art von Suche die Instruktion und die Anordnung der Ziel- und Ablenkungsreize im vorliegenden Experiment führte. Es gab die Anweisung, auf zwei Scheiben mit bestimmten Farben (z.B. Rot und Grün) mit einem Tastendruck zu reagieren. Dadurch konnte auf zwei Farben reagiert werden. Die Reaktion auf beide Farben war richtig und sie unterschieden sich aufgrund ihrer Farbe von allen anderen Reizen. Alle anderen Scheiben waren entweder grau oder besaßen die Farbe eines Ablenkungsreizes, waren also fixiert. Zusätzlich zu den beiden Zielreizfarben konnte ein Ablenkungsreiz vorhanden sein, welcher entweder salient (Blau) oder einer der beiden Farben (z.B. Pink; dem Rot des Zielreizes ähnlich) sehr ähnlich war. Dadurch wurde dazu angeleitet, auf zwei bestimmte Farben, welche sich von den Farben der Ablenkungsreiz-Scheiben bzw. der grauen irrelevanten Scheiben unterschieden, zu suchen. Besonders gut sollte dies beim grünen Zielreiz funktionieren, der keiner anderen Farbe ähnlich war. Somit ist es möglich, dass in diesem Setting die Suche nach einem Singleton aktiviert wurde. Die Instruktion und die Farben ließen aber auch die Aktivierung der Suche nach Eigenschaften zu. Die Farben Grün und Rot kann man auch als die Farben betrachten, welche fixiert waren und alle anderen Scheiben, welche die irrelevante graue Farbe oder eine der Ablenkungsreizfarben besaßen, waren variabel. Variabel waren sie insofern, als dass von Durchgang zu Durchgang die eine oder die andere Ablenkungsreizfarbe oder keine Ablenkungsreizfarbe vorkommen konnte.

Als Vergleich wird hier das Experiment von Leber und Egeth (2006) (für eine kurze Beschreibung des Experiments siehe auch Kerzel & Barras, 2016) angeführt. Die Suche nach einem Singleton wurde so realisiert, dass der Zielreiz eine von drei Formen hatte (Kreis, Raute oder Dreieck). Die irrelevanten Reize waren Quadrate. Leber und Egeth (2006) nahmen an, dass die VPN nach der auffälligen Form des Singletons suchten. Der Ablenkungsreiz unterschied sich in der Dimension Farbe. Dadurch, dass sich das Singleton von allen anderen Reizen hervorhob, zogen Reize die Aufmerksamkeit auf sich, wenn sie sich von den anderen unterschieden, unabhängig von der Dimension. In der Suche nach Eigenschaften musste nach einer bestimmten Form (Kreis) gesucht werden. Die irrelevanten Reize waren Quadrate und zusätzlich dazu war jeweils ein Dreieck und eine Raute vorhanden. Der Ablenkungsreiz unterschied sich in seiner Farbe von den restlichen Reizen. Dieser Reiz zog die Aufmerksamkeit nicht auf sich, da nach einer bestimmten Form (also wurde diese Form auch

in der Dimension „Form“ codiert) gesucht wurde, nicht nach der Dimension Farbe. In einer Anordnung, wo beide Suchstrategien angewandt werden konnten, verwendeten die VPN die Strategie, die sie schon zuvor verwendet hatten. Das schlossen Leber und Egeth (2006) daraus, da Personen, welche zuvor die Suche nach Eigenschaften verwendeten, keine Aufmerksamkeitslenkung von irrelevanten Reizen zeigten. Personen, welche die Suche nach Singletons verwendeten, wurden von irrelevanten Reizen abgelenkt.

Im Experiment von Kerzel und Barras (2016) zeigte sich eine Aufmerksamkeitslenkung eher dann, wenn sich die Farbe des Ablenkungsreizes veränderte. Ihre Schlussfolgerung lautete, dass die Änderung einer irrelevanten Eigenschaft eine Aktivierung in den Karten der irrelevanten Eigenschaften auslöst, und somit wird es schwieriger, Ablenkungsreize zu ignorieren (Kerzel & Barras, 2016). Bezogen auf das vorliegende Experiment stellt sich demnach die Frage, wie sehr eine Zielreizfarbe gut in der Karte der Aktivierungen gespeichert werden konnte, wenn eine Ablenkungsreizfarbe ihr sehr ähnlich war, und diese in der Karte der Aktivierungen durch ihren Status als Ablenkungsreiz in ihrer Wahrnehmung gehemmt wurde (vgl. Kerzel & Barras, 2016).

### **Conclusio**

Auf Basis des durchgeführten Experiments kann geschlussfolgert werden, dass die Effekte der ziel- und reizgetriebenen Lenkung der Aufmerksamkeit und der Bahnung der Aufmerksamkeit zeitlich stabil sind. Somit ist ein weiterer wichtiger Grundpfeiler in der Forschung zur Aufmerksamkeit gelegt. Da alle drei Effekte signifikant nachgewiesen werden konnten, sollte die Debatte der Aufmerksamkeitslenkung nicht weiter gegeneinander geführt werden, sondern beide Arten der Lenkung als vorhanden betrachtet werden. Die genauen Gründe und neurophysiologischen Grundlagen der Lenkung und des Primings brauchen aufgrund der aktuellen Studienlage noch mehr Forschung, um zu einem weitreichenderen Verständnis zu führen. Auch alternative Mechanismen, die zu den Effekten führen könnten, sollten weiter erforscht werden.

### Literaturverzeichnis

- Ansorge, U., & Becker, S. I. (2012). Automatic priming of attentional control by relevant colors. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(1), 83–104. doi:10.3758/s13414-011-0231-6
- Awh, E., Armstrong, K. M., & Moore, T. (2006). Visual and oculomotor selection: links, causes and implications for spatial attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(3), 124–130. doi:10.1016/j.tics.2006.01.001
- Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: a failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 437–443. doi:10.1016/j.tics.2012.06.010
- Bacon, W. F., & Egeth, H. E. (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55(5), 485–496. doi:10.3758/BF03205306
- Becker, S. I. (2007). Irrelevant singletons in pop-out search: Attentional capture or filtering costs? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(4), 764–787. doi:10.1037/0096-1523.33.4.764
- Becker, S. I. (2010). The role of target–distractor relationships in guiding attention and the eyes in visual search. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(2), 247–265. doi:10.1037/a0018808
- Becker, S. I. (2013). Simply shapely: Relative, not absolute shapes are primed in pop-out search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 75(5), 845–861. doi:10.3758/s13414-013-0433-1
- Becker, S. I., & Ansorge, U. (2013). Higher set sizes in pop-out search displays do not eliminate priming or enhance target selection. *Vision Research*, 81, 18–28. doi:10.1016/j.visres.2013.01.009
- Becker, S. I., Ansorge, U., & Horstmann, G. (2009). Can intertrial priming account for the similarity effect in visual search? *Vision Research*, 49(14), 1738–1756. doi:10.1016/j.visres.2009.04.001
- Becker, S. I., Folk, C. L., & Remington, R. W. (2013). Attentional Capture Does Not Depend on Feature Similarity, but on Target-Nontarget Relations. *Psychological Science*, 24(5), 634–647. doi:10.1177/0956797612458528

- Becker, S. I., Valuch, C., & Ansorge, U. (2014). Color priming in pop-out search depends on the relative color of the target. *Frontiers in Psychology*, 5(12), 209. doi:10.3389/fpsyg.2014.00289
- Brascamp, J. W., Blake, R., & Kristjánsson, Á. (2011). Deciding where to attend: Priming of pop-out drives target selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(6), 1700–1707. doi:10.1037/a0025636
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97(4), 523–547. doi:10.1037/0033-295X.97.4.523
- Bundesen, C., Habekost, T., & Kyllingsbæk, S. (2005). A Neural Theory of Visual Attention: Bridging Cognition and Neurophysiology. *Psychological Review*, 112(2), 291–328. doi:10.1037/0033-295X.112.2.291
- Carpenter, R. H. S. (1988). *Movements of the eyes* (2nd ed.). London: Pion.
- Cave, K. R., & Wolfe, J. M. (1990). Modeling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, 22(2), 225–271. doi:10.1016/0010-0285(90)90017-X
- Chun, M. M., & Jiang, Y. (1998). Contextual Cueing: Implicit Learning and Memory of Visual Context Guides Spatial Attention. *Cognitive Psychology*, 36(1), 28–71. doi:10.1006/cogp.1998.0681
- Constantinidis, C. (2006). Posterior Parietal Mechanisms of Visual Attention. *Reviews in the Neurosciences*, 17(4). doi:10.1515/revneuro.2006.17.4.415
- Deubel, H., & Schneider, W. X. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 36(12), 1827–1837. doi:10.1016/0042-6989(95)00294-4
- Dresler, T., Ehrlis, A.-C., Hindi Attar, C., Ernst, L., Tupak, S., Hahn, T., ... (2012). Reliability of the emotional Stroop task: An investigation of patients with panic disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 46(9), 1243–1248. doi:10.1016/j.jpsychires.2012.06.006
- 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
- Fecteau, J., & Munoz, D. (2006). Salience, relevance, and firing: a priority map for target selection. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(8), 382–390. doi:10.1016/j.tics.2006.06.011
- Findlay, J. M. (1997). Saccade Target Selection During Visual Search. *Vision Research*, 37(5), 617–631. doi:10.1016/S0042-6989(96)00218-0

- Folk, C. L., & Remington, R. (1998). Selectivity in distraction by irrelevant featural singletons: Evidence for two forms of attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 847–858. doi:10.1037/0096-1523.24.3.847
- Folk, C. L., & Remington, R. W. (2008). Bottom-up priming of top-down attentional control settings. *Visual Cognition*, 16(2-3), 215–231. doi:10.1080/13506280701458804
- Folk, C. L., & Remington, R. (2010). A critical evaluation of the disengagement hypothesis. *Acta Psychologica*, 135(2), 103–105. doi:10.1016/j.actpsy.2010.04.012
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(4), 1030–1044. doi:10.1037/0096-1523.18.4.1030
- Gilchrist, I. D. (2011). Saccades. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 85-94). New York: Oxford University Press.
- Horstmann, G., Becker, S., & Ernst, D. (2016). Perceptual salience captures the eyes on a surprise trial. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 78(7), 1889–1900. doi:10.3758/s13414-016-1102-y
- Huang, L., Holcombe, A. O., & Pashler, H. (2004). Repetition priming in visual search: Episodic retrieval, not feature priming. *Memory & Cognition*, 32(1), 12–20. doi:10.3758/BF03195816
- Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20(11), 1254–1259. doi:10.1109/34.730558
- Itti, L., & Koch, C. (2001). *Nature Reviews Neuroscience*, 2(3), 194–203. doi:10.1038/35058500
- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1). New York: Henry Holt.
- Kerzel, D., & Barras, C. (2016). Distractor rejection in visual search breaks down with more than a single distractor feature. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(5), 648–657. doi:10.1037/xhp0000180
- Kliegl, R., Wei, P., Dambacher, M., Yan, M., & Zhou, X. (2011). Experimental effects and individual differences in linear mixed models: Estimating the relationship between spatial, object, and attraction effects in visual attention. *Frontiers in Psychology*, 1, 1–12. doi:10.3389/fpsyg.2010.00238

- Kristjánsson, Á. (2006). Simultaneous priming along multiple feature dimensions in a visual search task. *Vision Research*, 46(16), 2554–2570. doi:10.1016/j.visres.2006.01.015
- Kristjánsson, A. (2011). The intriguing interactive relationship between visual attention and saccadic eye movements. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 455–469). New York: Oxford University Press.
- Kristjánsson, Á., & Driver, J. (2005). Priming in vision: Target repetition effects, context effects and role-reversal effects. *Perception*, 34(Suppl), 40c.
- Kristjánsson, Á., & Driver, J. (2008). Priming in visual search: Separating the effects of target repetition, distractor repetition and role-reversal. *Vision Research*, 48(10), 1217–1232. doi:10.1016/j.visres.2008.02.007
- Kristjánsson, Á., Saevarsson, S., & Driver, J. (2013). The boundary conditions of priming of visual search: From passive viewing through task-relevant working memory load. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(3), 514–521. doi:10.3758/s13423-013-0375-6
- Lamy, D. F., & Kristjánsson, A. (2013). Is goal-directed attentional guidance just intertrial priming? A review. *Journal of Vision*, 13(3), 14. doi:10.1167/13.3.14
- Land, M. F. (2011). Oculomotor behaviour in vertebrates and invertebrates. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 3–15). New York: Oxford University Press.
- Leber, A. B., & Egeth, H. E. (2006). It's under control: Top-down search strategies can override attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(1), 132–138. doi:10.3758/BF03193824
- Ludwig, C. J. H., & Gilchrist, I. D. (2002). Stimulus-driven and goal-driven control over visual selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(4), 902–912. doi:10.1037//0096-1523.28.4.902
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1994). Priming of pop-out: I. Role of features. *Memory & Cognition*, 22(6), 657–672. doi:10.3758/BF03209251
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (1996). Priming of pop-out: II. The role of position. *Perception & Psychophysics*, 58(7), 977–991. doi:10.3758/BF03206826
- Maljkovic, V., & Nakayama, K. (2000). Priming of popout: III. A short-term implicit memory system beneficial for rapid target selection. *Visual Cognition*, 7(5), 571–595. doi:10.1080/135062800407202

- Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., & Hubel, D. H. (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(3), 229–240. doi:10.1038/nrn1348
- Maunsell, J. H., & Treue, S. (2006). Feature-based attention in visual cortex. *Trends in Neurosciences*, 29(6), 317–322. doi:10.1016/j.tins.2006.04.001
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton.
- Olivers, C. N. L. (2009). What drives memory-driven attentional capture? The effects of memory type, display type, and search type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(5), 1275–1291. doi:10.1037/a0013896
- Olivers, C. N. L., & Meeter, M. (2008). Feature priming in visual search does not depend on the dimensional context. *Visual Cognition*, 16(6), 785–803. doi:10.1080/13506280701428658
- Paré, M., & Dorris, M. C. (2011). The role of posterior parietal cortex in the regulation of saccadic eye movements. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 257–278). New York: Oxford University Press.
- Pashler, H., & Johnston, J. C. (1989). Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 41(1), 19–45. doi:10.1080/14640748908402351
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3–25. doi:10.1080/00335558008248231
- Posner, M.I., & Cohen, Y. (1984). Components of Visual Orienting. In: H. Bouma, & D. G. Bouwhuis (Hrsg.), *Attention and Performance X: Control of Language Processes* (S. 531–556). Hillsdale: Erlbaum.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109(2), 160–174. doi:10.1037/0096-3445.109.2.160
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., & Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: Evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25(1), 31–40. doi:10.1016/0028-3932(87)90041-8
- Sumner, P. (2011). Determinants of saccade latency. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 413–424). New York: Oxford University Press.

- Theeuwes, J. (1991). Cross-dimensional perceptual selectivity. *Perception & Psychophysics*, 50(2), 184–193. doi:10.3758/BF03212219
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51(6), 599–606. doi:10.3758/BF03211656
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135(2), 77–99. doi:10.1016/j.actpsy.2010.02.006
- Töllner, T., Müller, H. J., & Zehetleitner, M. (2012). Top-Down Dimensional Weight Set Determines the Capture of Visual Attention: Evidence from the PCN Component. *Cerebral Cortex*, 22(7), 1554–1563. doi:10.1093/cercor/bhr231
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97–136. doi:10.1016/0010-0285(80)90005-5
- Versace, F., Mazzetti, M., & Codispoti, M. (2008). The Temporal Stability of the Effects Induced by the Cued Reaction Time Task. *Assessment*, 15(2), 145–152. doi:10.1177/1073191107308106
- Wade, N. J., & Tatler, B. W. (2011). Origins and applications of eye movement research. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 17-43). New York: Oxford University Press.
- Wang, D., Kristjansson, A., & Nakayama, K. (2005). Efficient visual search without top-down or bottom-up guidance. *Perception & Psychophysics*, 67(2), 239–253. doi:10.3758/BF03206488
- White, B. J., & Munoz, D. P. (2011). The superior colliculus. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford handbook of eye movements* (S. 195–213). New York: Oxford University Press.
- Wolfe, J. M. (1994). Guided Search 2.0 A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(2), 202–238. doi:10.3758/BF03200774
- Wolfe, J. M., Butcher, S. J., Lee, C., & Hyle, M. (2003). Changing your mind: On the contributions of top-down and bottom-up guidance in visual search for feature singletons. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(2), 483–502. doi:10.1037/0096-1523.29.2.483
- Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(5), 601–621. doi:10.1037/0096-1523.10.5.601

### **Abbildungsverzeichnis**

*Abbildung 1.* Schematische Darstellung der zwei Durchgänge, die benötigt werden, um den reizgetriebenen Effekt zu berechnen.

*Abbildung 2.* Schematische Darstellung der Durchgänge, die benötigt werden, um den gebahnten zielgetriebenen Effekt zu berechnen.

*Abbildung 3.* Schematische Darstellung der Durchgänge, die benötigt werden, um den nicht-gebahnten zielgetriebenen Effekt zu berechnen.

*Tabelle 1.* Mittelwerte der RT der Bedingungen (in ms)

*Tabelle 2.* Fixed Effects der RT

*Abbildung 4.* Korrelationen der RT der beiden Zeitpunkte T1 und T2

*Tabelle 3.* Mittelwerte pro Bedingung der TFL (in ms)

*Tabelle 4.* Fixed Effects der TFL

*Abbildung 5.* Korrelationen der TFL der beiden Zeitpunkte T1 und T2

**Anhang***Tabelle A1. Versionen*

| Version | Zielreize  | Matching<br>Distractor | non-matching<br>Distractor | Taste für x |
|---------|------------|------------------------|----------------------------|-------------|
| 1       | rot, grün  | pink                   | blau                       | links       |
| 2       | rot, grün  | pink                   | blau                       | rechts      |
| 3       | rot, blau  | pink                   | grün                       | links       |
| 4       | rot, blau  | pink                   | grün                       | rechts      |
| 5       | pink, blau | rot                    | grün                       | links       |
| 6       | pink, blau | rot                    | grün                       | rechts      |
| 7       | pink, grün | rot                    | blau                       | links       |
| 8       | pink, grün | rot                    | blau                       | rechts      |
| 9       | rot, grün  | gelb                   | blau                       | links       |
| 10      | rot, grün  | gelb                   | blau                       | rechts      |
| 11      | grün, blau | gelb                   | rot                        | links       |
| 12      | grün, blau | gelb                   | rot                        | rechts      |
| 13      | gelb, blau | grün                   | rot                        | links       |
| 14      | gelb, blau | grün                   | rot                        | rechts      |
| 15      | gelb, rot  | grün                   | blau                       | links       |
| 16      | gelb, rot  | grün                   | blau                       | rechts      |

*Tabelle A2. Kombinationen der Durchgänge (n) mit vorhergehendem Durchgang (n-1) und Interpretation*

| n-1                        | n                             | Interpretation |
|----------------------------|-------------------------------|----------------|
| color singleton target red | color singleton target red    | no priming     |
|                            | red target, pink distractor   | priming, TD    |
|                            | red target, blue distractor   | no priming, BU |
|                            | color singleton target green  | no priming     |
|                            | green target, pink distractor | priming, TD    |

*Tabelle A2.* Kombinationen der Durchgänge (n) mit vorhergehendem Durchgang (n-1) und Interpretation (Fortsetzung)

| n-1                           | n                             | Interpretation |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| red target, pink distractor   | green target, blue distractor | no priming, BU |
|                               | color singleton target red    | no priming     |
|                               | red target, pink distractor   | priming, TD    |
|                               | red target, blue distractor   | no priming, BU |
|                               | color singleton target green  | no priming     |
|                               | green target, pink distractor | priming, TD    |
| red target, blue distractor   | green target, blue distractor | no priming, BU |
|                               | color singleton target red    | no priming     |
|                               | red target, pink distractor   | priming, TD    |
|                               | red target, blue distractor   | no priming, BU |
|                               | color singleton target green  | no priming     |
|                               | green target, pink distractor | priming, TD    |
| color singleton target green  | green target, blue distractor | no priming, BU |
|                               | color singleton target red    | no priming     |
|                               | red target, pink distractor   | no priming, TD |
|                               | red target, blue distractor   | no priming, BU |
|                               | color singleton target green  | no priming     |
|                               | green target, pink distractor | no priming, TD |
| green target, pink distractor | green target, blue distractor | no priming, BU |
|                               | color singleton target red    | no priming     |
|                               | red target, pink distractor   | no priming, TD |
|                               | red target, blue distractor   | no priming, BU |
|                               | color singleton target green  | no priming     |
|                               | green target, pink distractor | no priming, TD |
| green target, blue distractor | green target, blue distractor | no priming, BU |
|                               | color singleton target red    | no priming     |
|                               | red target, pink distractor   | no priming, TD |

*Tabelle A2.* Kombinationen der Durchgänge (n) mit vorhergehendem Durchgang (n-1) und Interpretation (Fortsetzung)

| n-1 | n                             | Interpretation |
|-----|-------------------------------|----------------|
|     | red target, blue distractor   | no priming, BU |
|     | color singleton target green  | no priming     |
|     | green target, pink distractor | no priming, TD |
|     | green target, blue distractor | no priming, BU |

*Tabelle A3.* Standardabweichungen und Korrelationsparameter der Random Effects der RT

| Bedingung           | SD    | BU T1 | BU T2 | TD<br>unprimed<br>T1 | TD<br>unprimed<br>T2 | TD<br>primed<br>T1 |
|---------------------|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|--------------------|
| BU T1               | 0.076 |       |       |                      |                      |                    |
| BU T2               | 0.058 | .83*  |       |                      |                      |                    |
| TD un-<br>primed T1 | 0.103 | -.18  | -.26  |                      |                      |                    |
| TD un-<br>primed T2 | 0.098 | .00   | -.12  | .86*                 |                      |                    |
| TD<br>primed T1     | 0.108 | -.22  | -.25  | .97*                 | .82*                 |                    |
| TD<br>primed T2     | 0.114 | -.03  | -.15  | .93*                 | .90*                 | .90*               |

\* $p < .05$ *Tabelle A4.* Kovarianz-Parameter der Random Effects der RT

| Bedingungen          | BU T1<br>[KI]                      | BU T2<br>[KI]                      | TD<br>unprimed T1<br>[KI] | TD<br>unprimed T2<br>[KI] | TD<br>primed T1<br>[KI] |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| BU T2                | 0.00368<br>[0.00214,<br>0.00543]*  |                                    |                           |                           |                         |
| TD<br>unprimed<br>T1 | -0.00146<br>[-0.00390,<br>0.00075] | -0.00155<br>[-0.00342,<br>0.00024] |                           |                           |                         |

Tabelle A4. Kovarianz-Parameter der Random Effects der RT (Fortsetzung)

| Bedingungen          | BU T1<br>[KI]                      | BU T2<br>[KI]                      | TD<br>unprimed T1<br>[KI]         | TD<br>unprimed T2<br>[KI]         | TD<br>primed T1<br>[KI]           |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| TD<br>unprimed<br>T2 | 0.00003<br>[-0.00216,<br>0.00221]  | -0.00066<br>[-0.0024,<br>0.00103]  | 0.00871<br>[0.00533,<br>0.01270]* |                                   |                                   |
| TD primed<br>T1      | -0.00178<br>[-0.00432,<br>0.00061] | -0.00155<br>[-0.00356,<br>0.00035] | 0.01091<br>[0.00698,<br>0.01583]* | 0.00868<br>[0.00525,<br>0.01283]* |                                   |
| TD primed<br>T2      | -0.00024<br>[-0.00278,<br>0.00228] | -0.00096<br>[-0.00294,<br>0.00097] | 0.01101<br>[0.00699,<br>0.01587]* | 0.01007<br>[0.00630,<br>0.01454]* | 0.01106<br>[0.00690,<br>0.01603]* |

Anmerkung. KI = Konfidenzintervall.

\* $p < .05$

Tabelle A5. Standardabweichungen und Korrelationsparameter der Random Effects der TFL

|                     | <i>SD</i> | BU T1  | BU T2  | TD<br>unprimed<br>T1 | TD<br>unprimed<br>T2 | TD<br>primed<br>T1 |
|---------------------|-----------|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------|
| BU T1               | 0.262     |        |        |                      |                      |                    |
| BU T2               | 0.210     | 0.97*  |        |                      |                      |                    |
| TD un-<br>Primed T1 | 0.447     | -0.37* | -0.41* |                      |                      |                    |
| TD un-<br>Primed T2 | 0.421     | 0.30*  | -0.38* | 0.93*                |                      |                    |
| TD<br>primed T1     | 0.522     | -0.28  | -0.34* | 0.93*                | 0.89*                |                    |
| TD<br>primed T2     | 0.558     | -0.22  | -0.31* | 0.88*                | 0.89*                | 0.94*              |

\* $p < .05$

Tabelle A6. Kovarianz-Parameter der Random Effects der TFL

|                      | BU T1<br>[KI]                        | BU T2<br>[KI]                        | TD<br>unprimed T1<br>[KI]         | TD<br>unprimed T2<br>[KI]         | TD<br>primed T1<br>[KI]           |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| BU T2                | 0.05305<br>[0.03219,<br>0.07573]*    |                                      |                                   |                                   |                                   |
| TD<br>unprimed<br>T1 | -0.04350<br>[-0.08195,<br>-0.00898]* | -0.03805<br>[-0.06936,<br>-0.00883]* |                                   |                                   |                                   |
| TD<br>unprimed<br>T2 | -0.03356<br>[-0.06816,<br>-0.00040]* | -0.03391<br>[-0.06436,<br>-0.00650]* | 0.17500<br>[0.11157,<br>0.25326]* |                                   |                                   |
| TD primed<br>T1      | -0.03818<br>[-0.08325,<br>0.001438]  | -0.03674<br>[-0.07295,<br>-0.00313]* | 0.21631<br>[0.13829,<br>0.31463]* | 0.19485<br>[0.12095,<br>0.28403]* |                                   |
| TD primed<br>T2      | -0.03236<br>[-0.07866,<br>0.00977]   | -0.03672<br>[-0.07564,<br>-0.00192]* | 0.21896<br>[0.13752,<br>0.31743]* | 0.20820<br>[0.12918,<br>0,30436]* | 0.27400<br>[0.17808,<br>0.39579]* |

Anmerkung. KI = Konfidenzintervall.

\* $p < .05$