



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Eine Untersuchung zur Bedeutung von Mustergestaltung
für die selektive visuelle Aufmerksamkeit

Verfasser

Florian Klemens Klinger

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)

Wien, im September 2011

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Prof. Dr. Ulrich Ansorge

*"Zum Sehen geboren,
zum Schauen bestellt."*

Johann Wolfgang von Goethe, Faust II,
Vers 11288

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht mittels Eyetracking-Verfahren anhand einer Reiz-Reaktions-Aufgabe, welche Bedeutung eine unerwartet auftretende Regelbrechung in einem regelmäßigen Muster für die selektive visuelle Aufmerksamkeit hat. Im Zuge dieser Arbeit wird ebenfalls untersucht, ob eine Regelbrechung im Vergleich zum Salienzmodell von Itti und Koch (2000) bessere Vorhersagen über das Blickverhalten liefern kann. Um die Annahme zu untersuchen, ob Regelbrechungen Aufmerksamkeit auf sich ziehen, wurde ein punktsymmetrisch angeordnetes Mosaik in vier verschiedenen Reizbedingungen vorgegeben. Die Reizbedingungen unterschieden sich hinsichtlich des Vorhandseins eines Zielreizes bzw. einer Regelbrechung. Als Regelbrechung wurde mittels Rotation eines Elements eine Verletzung in das punktsymmetrische Mosaikkonzept eingebaut. Relevant für den Reaktionsteil der Aufgabe war es, die An- oder Abwesenheit des Zielreizes festzustellen und zu beurteilen. Es wurde sichergestellt, dass sowohl der Zielreiz, als auch die Regelbrechung sowie sämtliche Distraktoren dieselben Salienzmaße aufweisen.

Die Untersuchung zeigt eine signifikant längere Reaktionszeit in Durchgängen mit einer Regelbrechung, eine signifikant höhere Anzahl von Fixationen auf die Regelbrechungen sowie signifikant kürzere Latenzen dieser Fixationen, verglichen mit allen anderen Bereichen des Reizmaterials. Es konnte somit gezeigt werden, dass Regelbrechungen zum einen Aufmerksamkeit auf sich ziehen und zum anderen, dass die Aufmerksamkeitszuwendung bei Regelbrechungen schneller und öfter erfolgt, als gemäß den Blickbewegungsprognosen des Salienzmodells zu erwarten wäre.

Abstract

This thesis examines the significance that an unexpected rule violation has for selective visual attention in a constant pattern. It investigates whether a rule violation can more reliably predict gaze behaviour than the saliency model suggested by Itti and Koch (2000).

A mosaic composed of a basic tile repeated in a point symmetrical manner was presented to participants ($n = 10$) who had to perform a visual search task. The rotation of one tile element violates the point symmetric rule and marks the rule violation. The target was designed in a way that there was no obvious saliency variance in the changed target tile. The target location and the location of the rule violation were anti-predictive for the participants. The study shows a significantly longer reaction time for stimulus trials with a rule violation, as well a higher number of fixations on the rule violating singleton, than for trials without a rule violation. Finally, the latencies of the gaze shifts are shorter for rule violation fixations. These results point to rule violations as a major origin of attentional attraction. Rule violation seems to yield more reliable predictions in comparison to saliency.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Abstract	7
 1. Theoretische Grundlagen	 11
2. Untersuchungsmethode.....	31
2.1. Untersuchungsteilnehmer	31
2.2 Instrumente und Messgeräte	31
2.3 Reizmaterial	32
2.4 Untersuchungsdesign	35
2.5 Untersuchungsdurchführung.....	36
3. Ergebnisse	39
3.1 Analyse der Antwortgenauigkeit	39
3.2 Analyse der Reaktionszeiten.....	41
3.3 Analyse der Augenbewegungen	43
3.3.1 <i>Fixationshäufigkeiten</i>	43
3.3.2 <i>Fixationsdauer</i>	45
3.3.3 <i>Latenzen</i>	46
4. Diskussion.....	49
5. Literaturverzeichnis	55
6. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	61
7. Curriculum Vitae.....	63

1. Theoretische Grundlagen

Die Menge an visuellen Reizen, die den optischen Verarbeitungsmechanismen der menschlichen Sehmodalität in der Umwelt zur Verfügung stehen, ist erheblich höher als jene Menge, die aufgenommen und dem Bewusstsein zugeführt werden kann (Ansorge & Leder, 2011; Müsseler, 2008; Rosendahl, 2001).

Ende des 19. Jahrhunderts hielt William James, Professor für Psychologie und Philosophie an der Harvard-Universität, folgende Definition fest: „*attention is [...] the taking possession of the mind, in clear and vivid form, of one out of several possible objects or trains of thought. [...] It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others.*” (James, 1890, S. 404f.).

James hält hier ein grundlegendes Aufmerksamkeitsphänomen fest. Nämlich, dass es ein Kernwesen der Aufmerksamkeit ist, eine Selektion von Informationen auf Kosten anderer, ebenfalls zur Verfügung stehender Informationen vorzunehmen. Die Suche nach Gesetzmäßigkeiten und funktionalen Mechanismen, die für eine Auswahl oder Zurückweisung bestimmter Reize verantwortlich sind, prägt die Erforschung der menschlichen Aufmerksamkeitsleistungen bis in die Gegenwart.

Einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der selektiven Funktionalität der Aufmerksamkeit leistete der britische Psychologe Donald Broadbent (1958) mit seiner *Filtertheorie der Aufmerksamkeit*. Die Theorie basiert auf dem Vorschlag, Aufmerksamkeit als ein kapazitätslimitiertes Verarbeitungssystem zu verstehen, welches Informationen zur Speicherung im Gedächtnis durch einen Kanal „einfließen“ lässt. Dieser Kanal weist eine begrenzte Kapazität auf. Broadbent (1958) identifiziert in einer Untersuchung des selektiven Hörens die Inhalte bzw. die Bedeutung einer auditiven Botschaft als jene Komponenten, die den Kanal passieren mussten, um eine Merkleistung möglich zu machen. Diese grenzt Broadbent von Reizmerkmalen ab, die vor der bewussten Zuwendung der Aufmerksamkeit wahrgenommen

und ebenfalls gemerkt werden können, wie die Position des Senders der Botschaft, das Geschlecht der Sprechstimme, aber auch Tonhöhe und Lautstärke (Broadbent, 1958).

Für die Erforschung der selektiven Funktion der Aufmerksamkeit sind diese Erkenntnisse insofern tragend, als dass Broadbent Aufmerksamkeit als eine Filterfunktion beschreibt, die eintreffende Reize aufgrund von physikalischen Reizmerkmalen selektiert und dass physikalische Eigenschaften eines Reizes für eine Aufmerksamkeitszuweisung verantwortlich sind.

Die Gültigkeit der Aussage, dass physikalische Eigenschaften für Aufmerksamkeitsverlagerungen verantwortlich sind, kann gegenwärtig als etabliert und insofern als gesichert gelten, da fundiertes Wissen über die Zuständigkeiten von Gehirnarealen für spezifische physikalische Enkodierungsaufgaben vorliegt (Desimone & Duncan, 1995).

Die von Broadbent (1958) vorgenommene Differenzierung von Reizmerkmalen, die ohne bewusste Aufmerksamkeitszuwendung verarbeitet werden und solche, die zur Verarbeitung eine Zuwendung der Aufmerksamkeit bedingen, impliziert, dass für den Selektionsprozess zumindest zwei Verarbeitungsstadien unterschieden werden können.

Es finden sich in dieser Konzeption starke Parallelen zum so genannten Zwei-Stufen-Modell der frühen visuellen Verarbeitung von Neisser (1967). In diesem Zwei-Stufen-Modell werden die präattentive (engl. = „*preattentive*“) und die attentive Stufe der frühen visuellen Verarbeitung unterschieden (Folk, Remington & Johnston, 1992; Neisser, 1967). Unter der präattentiven Stufe werden globale, vorbereitende Verarbeitungsprozesse der eintreffenden Informationen zusammengefasst. Prozesse der präattentiven Verarbeitungsstufe laufen automatisch ab, d.h. reizgesteuert und abhängig von äußeren Bedingungen, erfolgen räumlich parallel, d.h. alle Orte des visuellen Feldes werden simultan analysiert und es gibt keine Limitation der Verarbeitungskapazität (Neisser, 1967; van der Heijden, 2004). Es erfolgt eine basale Analyse des visuellen Feldes, wobei funktionelle Einheiten des visuellen Wahrnehmungsfeldes, wie z.B. Nähe oder Kontinuitäten visueller Reize, gegliedert bzw.

isoliert werden (Folk et al., 1992; Neisser, 1967; van der Heijden, 2004). Hervorzuheben ist, dass es sich bei der präattentiven Verarbeitungsstufe nicht um einen Prozess handelt, der die Aufmerksamkeitsressourcen betrifft, sondern um einen Vorschlag der Theorie, wie die Informationsselektion und Weitergabe für die Zuwendung der Aufmerksamkeit erfolgt. Die präattentiven Prozesse gehen unbewusst vor sich (Neisser, 1967).

Die zweite Stufe des Modells von Neisser (1967) ist die so genannte attentive Stufe. Auf dieser Stufe erfolgt die Zuwendung der Aufmerksamkeit. Der Wahrnehmungsprozess erfolgt bewusst. Charakteristisch für attentive Verarbeitungsprozesse ist, dass diese kontrolliert stattfinden und aufgrund der limitierten Verarbeitungskapazität nur ein Teil der vorhandenen Reize ausgewählt werden kann (Folk et al., 1992; Neisser, 1967; van der Heijden, 2004). Es erfolgt eine genauere Analyse der Informationen bzw. Reize. Dies kann willentlich und abhängig von zentralen Zielen gesteuert, aber auch von spezifischen Reizmerkmalen erregt werden (Folk et al., 2004; Yantis & Jonides, 1984).

Wenn ein unwillkürlicher- bzw. stimulusbedingter Aspekt den Wahrnehmungsprozess lenkt, wird von der *Bottom-Up* Richtung der Aufmerksamkeitskontrolle gesprochen (Desimone & Duncan, 1995). Dem gegenüber stehen *Top-Down* Prozesse der Aufmerksamkeitszuweisung. Darunter wird eine willkürliche Aufmerksamkeitszuwendung verstanden, für welche, im Gegensatz zu Bottom-Up Prozessen, höhere Verarbeitungsmechanismen (z.B. Gedächtnisprozesse, Ziele) für die Aufmerksamkeitssteuerung verantwortlich sind (Desimone & Duncan, 1995). Neben den definitorischen Unterschieden postuliert Yantis (1998), dass stimulusgesteuerte Aufmerksamkeitskontrolle schneller und wirkungsstärker ist, als jene Aufmerksamkeitskontrolle, die zielgesteuert, d.h. Top-Down, erfolgt.

Jeder Punkt des visuellen Gesichtsfeldes wird von einer entsprechenden Position auf der Netzhaut (Retina) repräsentiert. Die Topographie der Netzhaut gibt die räumlichen Informationen somit entsprechend ihrer realen Position wieder und leitet diese Informationen an höhere, visuelle Verarbeitungsareale weiter. Die Auflösung ist dabei im Zentrum der

Netzhaut (Fovea centralis) am höchsten. Visuelle Reize, die diesen Bereich der Netzhaut treffen, können scharf gesehen werden. Mit zunehmender Entfernung eines Punktes vom Netzhautzentrum, in der Netzhautperipherie, nimmt die Auflösung ab (Ansorge & Leder, 2011). Dennoch werden kontinuierlich Informationen aus der Netzhautperipherie verarbeitet. Kognitive Verarbeitungsprozesse benutzen die peripher aufgenommene Information unter anderem, um Sakkadenziele auszuwählen (Kolb & Braun, 1995).

An diesem Punkt setzt ein, für die Erforschung der selektiven, visuellen Aufmerksamkeit relevantes Phänomen an. Es finden sich Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsverlagerung und Augenbewegungen postulieren (Goldberg & Wurtz, 1972; Jonides & Irwin, 1981). Die vereinfachte Schlussfolgerung dieser Untersuchungen lautet: Eine Augenbewegung hin zu einem spezifischen Punkt und eine Fixation dieses Punktes mit den Augen, wird als Aufmerksamkeitszuweisung auf diesen Punkt verstanden. Eine Fixation wird als Zustand relativen Stillstandes des Auges bezüglich eines Objektes im Sehfeld definiert und zur Erfassung der visuellen Aufmerksamkeit als entscheidend herangezogen (Rötting, 2001). Blickbewegungen und die Reihenfolge der Fixationen liefern Informationen darüber, wie Informations- und Aufgabengestaltung die Zuweisung von visueller Aufmerksamkeit beeinflusst (Rötting, 2001). Daher wurde in der Forschung immer wieder auf das Prinzip zurückgegriffen, Fixationen eines Punktes als Maß für Aufmerksamkeitszuweisungen an diesen Punkten zu verstehen (z.B. Fuchs, Ansorge, Redies, & Leder, 2010; Jonides & Irwin, 1981; Rayner, 1998).

Eine visuelle Aufmerksamkeitszuweisung anhand von Fixation zu messen, setzt voraus, dass eine Kopf- bzw. Augenbewegung hin zum interessierenden Punkt vorgenommen wird (Posner, 1980). Werden die Rezeptoren, wie dies bei einer Fixation der Fall ist, auf den entsprechenden, aufmerksamkeitserregenden Reiz ausgerichtet, wird von einer offenen Aufmerksamkeit (engl. = „*overt attention*“) gesprochen. Abzugrenzen ist dieser Begriff nach Posner (1980) von der verdeckten Aufmerksamkeit (engl. = „*covert attention*“). Verdeckte

Aufmerksamkeit kann als mentale Fokussierung eines Objekts verstanden werden, ohne dass dabei die entsprechenden Rezeptoren ausgerichtet werden (Posner, 1980).

Abzugrenzen vom Begriff der Fixation ist der Begriff der Sakkade. Unter Sakkaden werden schnelle, ruckartige Blickbewegungen auf ein Ziel hin verstanden (Rayner, 1998). Häcker und Stapf (2004) definieren Sakkaden als schnelle, ruckartige Augenbewegungen zum Wechsel des Fixationspunktes.

Für Augenbewegungen, die durch spezifische Reize ausgelöst werden, gibt es zwei wesentliche Maße: die Metrik der Sakkade (Richtung und Amplitude) und deren Latenz, also die Zeit vom Auftauchen des Ziels bis zur Einleitung der Augenbewegung (Findlay & Walker, 1999). Die Sakkaden bzw. deren Latenz und Fehler, sind die physiologische Größe, die in Untersuchung zur selektiven, visuellen Aufmerksamkeit herangezogen wird (z.B. Häcker & Stapf, 2004; Horstmann, 2002, 2005; Itti & Baldi, 2009; Itti & Koch, 2000).

Die bisher dargelegten Punkte, die Selektion von Informationen aufgrund von physikalischen Merkmalen, die sequentielle Gliederung in eine präattentive- und eine attentive Stufe der ablaufenden Wahrnehmungsprozesse, als auch die Trennung in Bottom-Up- und Top-Down-Richtung der Aufmerksamkeitskontrolle, bilden die Grundbegriffe des Verständnisses der selektiven visuellen Aufmerksamkeit. Die Ausführungen über Sakkadenlatenz und Fixationen als Maß für visuelle Aufmerksamkeitszuweisung sollen zeigen, mit welchen Methoden diese untersucht wird und wie die damit gewonnenen Informationen zu verstehen sind.

Im Folgenden werden einige, für das Ziel dieser Arbeit relevante Modelle sowie ihre Bedeutung für die bearbeitete Fragestellung vorgestellt, die konkret Vorschläge zur Erklärung des attentionalen Selektionsprozesses bringen. Die Modelle bieten Erklärungsversuche, nach welchen Eigenschaften und mit welchen Mechanismen ein möglicher Fixationspunkt ausgewählt wird.

Das erste vorgestellte Modell ist das salienzbasierte Modell der visuellen Aufmerksamkeit (engl. = „*Model of saliency-based visual Attention*“) von Itti und Koch (2000), welches im Weiteren kurz als Salienzmodell bezeichnet wird. Dieses Modell knüpft an zwei Theorien an, welche wesentliche Bestandteile des Modells inspiriert haben. Diese Theorien sind einerseits die Merkmalsintegrationstheorie von Treisman und Gelade (1980) sowie andererseits die Theorie der Aufmerksamkeitsverlagerung von Koch und Ullman (1985).

In der Merkmalsintegrationstheorie (engl. = „*feature integration theory*“) von Treisman und Gelade (1980) wird postuliert, dass für die Verarbeitung der Reizmerkmale auf der präattentiven Stufe so genannte Merkmalskarten (engl. = „*feature maps*“) verantwortlich sind. Darunter ist zu verstehen, dass für bestimmte Merkmalsdimensionen der optischen Verarbeitung, z.B. für Farbe, Orientierung, Krümmung, Tiefe oder Bewegung, jeweils eine eigene Merkmalskarte zuständig ist (Treisman & Gelade, 1980; Treisman & Gormican, 1988). Die jeweiligen Merkmalsdimensionen gruppieren sich dabei durch Detektoren, die für ähnliche Merkmale sensitiv sind, z.B. eine Sensitivität für die Farbe Rot. Auf der attentiven Stufe werden die Merkmalskarten zur so genannten „zentralen Ortskarte“ zusammengefasst.

Koch und Ullman (1985) bringen in ihrer Theorie zur Aufmerksamkeitsverlagerung (engl. Originaltitel = „*shifts in selective attention*“) ebenfalls den Vorschlag, dass in der präattentiven Verarbeitung unterschiedliche Reizmerkmale in spezifischen Merkmalskarten repräsentiert werden. Außerdem sind auch Koch und Ullman (1985) der Auffassung, dass diese Merkmalskarten in einer höheren, zentralen Karte zusammengefügt werden und basierend auf dieser zentralen Karte die Steuerung der Aufmerksamkeit erfolgt. Die aus den einzelnen Merkmalskarten zusammengefügte, zentrale Karte, wird von Koch und Ullman als „Salienzkarte“ (engl. = „*saliency map*“) bezeichnet. In der Salienzkarte werden die lokalen Informationen der einzelnen spezifischen Merkmalskarten summiert. Es wird postuliert, dass sich in der Salienzkarte die repräsentierten Orte durch ihre Auffälligkeit unterscheiden. Die unterschiedliche Auffälligkeit, auch als Salienz (engl. = „*saliency*“) bezeichnet, definiert sich

dabei durch die Differenziertheit von der Umgebung des jeweiligen Punktes (Koch und Ullman, 1985). Die Idee der Salienz bzw. der Salienzkarte hatte Auswirkungen auf einige Folgearbeiten, die sich mit der Erforschung der selektiven visuellen Aufmerksamkeit beschäftigt hatten (z.B., Itti & Koch, 2000; Niebur & Koch, 1996; Treisman & Gormican, 1988; Wolfe, 1994). Das für diese Arbeit relevante ist, wie bereits erwähnt, das Salienzmodell von Itti und Koch (2000).

Es handelt sich bei diesem Modell um einen Algorithmus, der von der neuronalen Architektur jener kortikalen Areale, die sich für die frühe visuelle Wahrnehmung zuständig zeigen, inspiriert wurde. Die mathematischen Schlussfolgerungen sowie deren genaue Ausführung würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen und haben außerdem keine direkte Relevanz für die hier untersuchte Fragestellung¹. Die Verarbeitungsmechanismen des Salienzmodells von Itti und Koch (2000) lassen sich wie folgt zusammenfassen: Es wird eine sequentielle Abfolge von Verarbeitungsschritten für drei verschiedene Merkmalsdimensionen vorgeschlagen. Diese drei Merkmalsdimensionen sind Orientierung, Farbe und Intensität. In erster Instanz werden die räumlichen Begebenheiten dieser drei Merkmalsdimensionen in einer linearen Filterung berechnet. Nach dieser ersten Berechnung erfolgt eine klare Trennung der Verarbeitung nach Merkmalsdimensionen.

Die Ergebnisse der linearen Filterung werden durch dimensionsspezifische Merkmalstypen (engl. = „*feature types*“) erweitert und ergänzt. Bei diesen Merkmalstypen handelt es sich um acht mögliche, räumliche Eigenschaftsskalen für jede Dimension, sowie anschließende räumliche Kontrastberechnungen. Daraus resultieren insgesamt 42 Merkmalskarten. Für jede Merkmalsdimension wird anschließend aus den dimensionsspezifischen Merkmalskarten eine eigene, die Auffälligkeiten repräsentierende Karte (engl. = „*conspicuity map*“) errechnet. Die drei Auffälligkeitskarten bilden das letzte Glied in der getrennten

¹ erweiternde Informationen kann der interessierte Leser dem Originalartikel entnehmen: Itti, L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision Research*, 40, 1489-1506

Verarbeitung je Merkmalsdimension. Die drei angesprochenen Auffälligkeitskarten werden dann zu der angesprochenen Salienzkarte zusammengeführt.

Diese Salienzkarte wird von Itti und Koch (2000), als eine spezifische, zweidimensionale Karte definiert, welche die relative Salienz bzw. Auffälligkeit von lokalen Reizeigenschaften repräsentiert. Die Auffälligkeit bzw. Salienz kann sowohl durch eine Merkmalsdimension, z.B. nur durch Farbe oder Orientierung, aber auch durch mehrere Merkmalsdimensionen auf einer Region charakterisiert sein (Itti & Koch, 2000). Abbildung 1 zeigt das Salienzmodell nach Itti und Koch (2000) und veranschaulicht die erläuterten, sequentiellen Schritte des vorgeschlagenen Verarbeitungsprozesses.

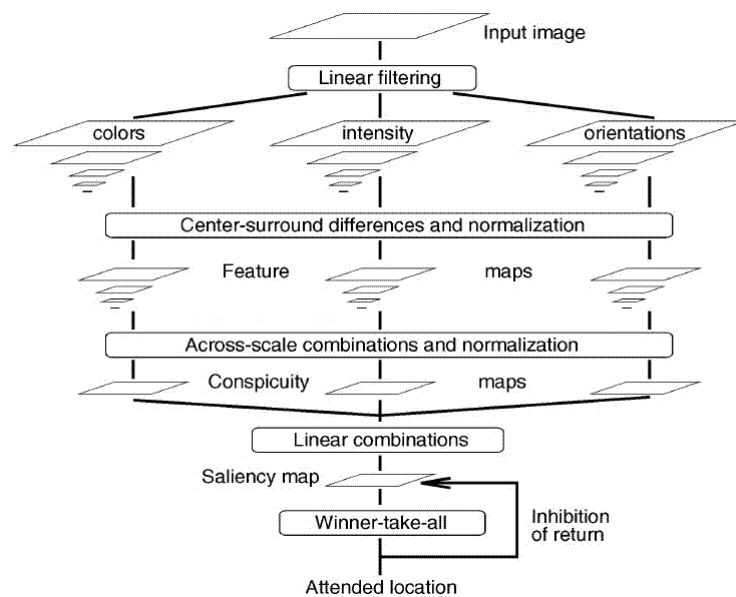


Abbildung 1: Das Salienzmodell nach Itti und Koch (2000)

Die Tatsache, dass manche Orte salienter sind als andere, impliziert die Möglichkeit, dass mehrere Orte nach der Ausprägung ihrer Salienz in eine Rangreihung gebracht werden können (Itti & Koch, 2000; Koch & Ullman, 1985). Darauf aufbauend schlagen die Autoren den eigentlichen Selektionsmechanismus der visuellen Aufmerksamkeit in diesem Modell vor.

Es wird ein Mechanismus postuliert, der sich auf einer merkmalsbasierten Hemmung all jener Regionen begründet, die eine geringere Salienz aufweisen. Diese erfolgt zugunsten einer einzigen, nämlich der salientesten Region. Itti und Koch (2000) – wie auch Koch und Ullman (1985) in ihrem Modell – nennen dieses Phänomen Alles-oder-Nichts-Prinzip (engl. = „*Winner-Take-All*“). Dieser, der salientesten Region, wird die visuelle Aufmerksamkeit zugewiesen.

Der Mechanismus der Aufmerksamkeitszuwendung des Alles-oder-Nichts-Prinzips innerhalb der hierarchischen Ordnung der Punkte auf der Salienzkarte wird von den Autoren durch ein weiteres Funktionsprinzip ergänzt. Es wird postuliert, dass der „aktive“ Ort auf der Salienzkarte, d.h. jener Ort, dem die Aufmerksamkeit zugewandt ist, auch verlassen wird. Wurde ein bestimmter Ort ausreichend fixiert, erfolgt eine Sakkade in eine noch unbekannte Region. Es wird dabei angenommen, dass eine Sakkade keine Region in den Fokus nimmt, die bereits betrachtet wurde (Posner & Cohen, 1984). Diese Theorie nennt sich Hemmung der Rückkehr (engl. = „*Inhibition of Return*“). Das Modell schlägt in Anlehnung an die Hemmung der Rückkehr vor, dass der salienteste Punkt auf der Salienzkarte die erste Aufmerksamkeitszuweisung erhält und in Reihenfolge des Salienzausmaßes die Aufmerksamkeit von einer Region auf die nächste verschoben wird (Itti & Koch, 2000).

Wenn die Aufmerksamkeitszuwendung von einem berechenbaren Salienzmaß abhängt, können in einem visuellen Reiz Blickbewegungen bzw. Fixationen zuverlässig vorhergesagt werden. Je höher die Salienz, d.h. das errechnete Salienzmaß, desto eher erfolgt die Aufmerksamkeitszuwendung.

Dies impliziert für das sequentielle Zuweisen der Aufmerksamkeit in Abhängigkeit des Salienzmaßes, dass ebenfalls eine gewisse zeitliche Abfolge vorhersagbar ist, bis einem Reiz Aufmerksamkeit zufällt. So würde sich z.B. in einer visuellen Szene die Fixierung des drittsalientesten Punktes solange verzögern, bis der salienteste und zweitsalienteste Punkt fixiert worden sind. Entsprechend dem angeführten Beispiel, hätte die Fixation des drittsa-

lientesten Punktes eine höhere Latenz als der zweitsalienteste und dieser wiederum eine höhere Latenz als der salienteste Punkt der visuelle Reizszene, welcher zuerst fixiert wird.

Ein weiterer Punkt ist, dass das Modell nur Bottom-Up Faktoren als relevant für die Aufmerksamkeitssteuerung in seine Berechnungen mit einbezieht. Es geht somit davon aus, dass lediglich die Reizmerkmale eines visuellen Reizes für die Aufmerksamkeitszuteilung verantwortlich sind (Itti, Koch & Niebur, 1998). Das Modell sagt, trotz des Verzichtes auf Top-Down Einflüsse, in einigen Studien Blickbewegungen mit hohen Trefferquoten richtig voraus (z.B., Engmann et al., 2009; Fuchs et al., 2011; Itti & Koch, 2000; Parkhurst, Law & Niebur, 2002; Peters, Iyer, Itti, & Koch, 2005; Tatler, Baddeley, & Gilchrist, 2005).

Die bisher dargelegten theoretischen Ausführungen, als auch die angeführten Untersuchungsbeispiele zeigen, dass das Salienzmodell von Itti und Koch (2000) einen guten Ansatz liefert, um Blickbewegungen bzw. Fixationen und folglich Aufmerksamkeitszuwendungen mit hoher Trefferwahrscheinlichkeit vorauszusagen. Von einer weitreichenden Gültigkeit des Modells zur Erklärung der selektiven visuellen Aufmerksamkeit kann jedoch nicht ausgegangen werden.

In der Fachliteratur finden sich Untersuchungen bzw. Erkenntnisse, welche die Gültigkeit des Salienzmodells nicht widerlegen, diese jedoch definitiv einschränken. Im Weiteren werden die Kernaussagen einiger Untersuchungen zur Aufmerksamkeitszuwendung, die dem Salienzmodell widersprechen, zusammengefasst. Grundsätzlich gilt, dass Stimuli, die sich räumlich oder zeitlich von ihrem Hintergrund (oder Umfeld) abheben bzw. aus diesem hervorstechen (engl. = „*pop-out*“), bevorzugt wahrgenommen werden (Desimone & Duncan, 1995; Itti & Baldi, 2009; Treisman & Gelade, 1980; Wolfe & Horowitz, 2004).

Reizeigenschaften, die dem Prinzip des „Hervorstechens“ folgen und entsprechend Aufmerksamkeit auf sich lenken sind: Flimmern (Baldi & Itti, 2005; Rauschenberger & Yantis, 2001), das Auftreten eines neuen Stimulus (Yantis, 1993, 1996; Yantis & Jonides,

1984), abrupte Änderungen der Luminanz (Baldi & Itti, 2005) und Bewegung (Abrams & Christ, 2003; Baldi & Itti, 2005; Franconeri & Simons, 2005). Auch Objekte, die bereits im Blickfeld vorhanden, aber noch nicht in den Fokus der bewussten Aufmerksamkeit getreten sind, lenken Aufmerksamkeit auf sich (Desimone & Duncan, 1995; Posner & Cohen, 1984). Der Unterschied zu einem Reiz, der neu im Blickfeld erscheint, besteht darin, dass ein Reiz, der noch nicht bemerkt wurde, sich bereits im Blickfeld befunden hat, während dies bei einem neu auftretenden bis zu seinem Erscheinen nicht der Fall ist (Desimone & Duncan, 1995; Theeuwes, 1995). Für den Fall, dass alle Stimuli neu sind, postulieren Becker und Horstmann (2011), dass die Aufmerksamkeit zu jenem Punkt mit der höchsten Salienz driftet.

Definitionen wie „neu im Blickfeld“ oder „Auftreten eines neuen Stimulus“ implizieren, dass eine Diskrepanz zwischen einem akuten Ist- und einem erwarteten Soll-Zustand für das Subjekt auftritt. Dies bedeutet, dass die Erwartung des Subjekts eine entscheidende Rolle bei der selektiven Aufmerksamkeitszuwendung spielt.

In der Literatur wird diesem Faktor, der Erwartungshaltung bezogen auf Aufmerksamkeitslenkungen, der Begriff der Überraschung (engl. = „*surprise*“ bzw. „*surprise capture*“) zugeordnet. Die These, dass überraschend auftretende Geschehnisse die Aufmerksamkeit auf sich ziehen bzw. diese ablenken, ist keine neue und findet sich in der psychologischen Literatur häufiger (Horstmann, 2002, 2005; Meyer, Reisenzein, & Schützwohl, 1997; Xu, Mühlbauer, Sosnowski, Kühnlenz, & Buss, 2008).

Für die Fragestellung und Zielsetzung dieser Arbeit sind die Ergebnisse der Untersuchung von Itti und Baldi (2009) sowie das von ihnen postulierte Überraschungskonzept im Weiteren relevant. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle auch die Definition von Überraschung dieser Studie bzw. der beiden Autoren angeführt.

Zwei Punkte sind für das Verständnis des Überraschungsbegriffes tragend: Überraschung existiert nur, wenn Ungewissheit gegenüber des Auftretens eines Reizes oder einer

Begebenheit vorliegt (Itti & Baldi, 2009). Und es kann nur dann von einer Überraschung gesprochen werden, wenn die subjektive Erwartungshaltung des Betrachters verletzt wird (Itti & Baldi, 2009).

Wie andere Autoren auch, postulieren Itti und Baldi (2009), dass der Faktor „Überraschung“ bzw. das überraschende Auftreten eines Reizes Aufmerksamkeit auf sich zieht (Horstmann, 2002, 2005; Meyer et al., 1997; Xu et al., 2008). Das besondere an dem theoretischen Konzept von Itti und Baldi (2009; engl. Originaltitel: „*Bayesian surprise attracts human attention*“) ist, dass die Ungewissheit über das Auftreten eines Reizes mit wahr-scheinlichkeitstheoretischen Mitteln mathematisch erfassbar gemacht wird. Durch den mathematischen Ansatz ist es möglich, den Faktor Überraschung operationalisierbar zu machen und somit in mess- bzw. kalkulierbare Ergebnisse überzuführen.

Der Ansatz zur Abschätzung der Erwartung erfolgt durch die Anwendung des so genannten Bayes'schen Wahrscheinlichkeitstheorems. Mit diesem Theorem ist es möglich, unbekannten Parametern Wahrscheinlichkeitsverteilungen zuzuordnen und darauf aufbauend prior und posterior – d.h. vor- bzw. nach einem Ereignis – die Verteilung von Erwartung zu berechnen (Koch, 2000). Die detaillierten theoretischen Begebenheiten, wie auch die mathematischen Einzelheiten würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen; Interessierten sei die Originalliteratur nahegelegt².

Die zugrunde liegende Konzeption ist, dass es zu einer Verletzung des angedachten Soll-Zustandes kommt, der vor dem Eintreten des Ist-Zustandes erwartet worden ist. Es erfolgt eine Abschätzung für den Faktor Erwartung zu zwei Zeitpunkten – vor- bzw. nach Eintreten eines Ereignisses. Es kann zusammengefasst werden: Je größer die Differenz der Erwartungsschätzung, desto größer ist der Faktor Überraschung, desto wahrscheinlicher erfolgt eine Aufmerksamkeitszuweisung (Baldi & Itti, 2005).

² Itti, L., Baldi, S. (2009). Bayesian surprise attracts human attention. *Vision Research*, 49, 1295-1306
Koch, K. R., (2000). Einführung in die Bayes-Statistik. Heidelberg: Springer-Verlag

Itti und Baldi (2009) verwenden Videosequenzen als Reizmaterial, in denen bestimmte Manipulationen in Form von plötzlich auftretenden Reizen vorgenommen wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Versuchspersonen Orte mit überraschend auftretenden bzw. als überraschend zu klassifizierende Orte mit sehr hoher Verlässlichkeit fixieren. Um einen Vergleich zu ermöglichen, erhoben die Autoren hinsichtlich Blickverhalten auch die Prognosequalität von anderen bekannten Modellen, die eine Vorhersage von Aufmerksamkeitszuwendungen erlauben, wie Salienz, Bewegung, Flimmern und Ausreißer (engl. = „*Outliers*“).

Die Ergebnisse zeigen, dass der Faktor Überraschung die besten Vorhersagen von Blickverhalten erlaubt (Baldi & Itti, 2005; Itti & Baldi, 2009); folglich mit größerer Verlässlichkeit eine Fixation und folglich Aufmerksamkeitszuwendung vorhersagt, als die anderen, angeführten Reizmerkmale (Itti & Baldi, 2006). Ein neu erscheinender Reiz, dessen Auftreten nicht erwartet wurde, gilt demnach als jener Punkt in einer visuell wahrnehmbaren Situation, dem die visuelle Aufmerksamkeit am wahrscheinlichsten zuteil wird (Itti & Baldi, 2009).

Es kann bis hierher zusammengefasst werden, dass für die Gültigkeit des Salienzmodells als Erklärungsansatz für selektive visuelle Aufmerksamkeitssteuerung empirische Belege, aber auch empirisch belegte „Einschränkungen“ vorliegen. Itti und Baldi (2009) postulieren, dass ein Vergleich am selben Reizmaterial zeigt, dass der Faktor Überraschung bei einem auftretenden, optischen Reize zur Vorhersage von Aufmerksamkeitsprüngen besser geeignet ist, als das Salienzmodell.

An dieser Stelle sei noch einmal der Erwartungsbegriff allgemein aufgegriffen. Während das Salienzmodell von einem reinen Bottom-Up Prinzip für selektive visuelle Aufmerksamkeit ausgeht, kann dies für den von Itti und Baldi (2009) aufgeworfenen Erwartungsbegriff nicht gelten. Horstmann (2005) behauptet, dass der Faktor Erwartung einen Top-Down-Mechanismus der Verarbeitung impliziert. Dies bedeutet konkret, dass die Variablen, welche den erwarteten Soll-Zustand fundieren, auf Begebenheiten des Subjekts und nicht des Reizes

basieren. Daraus folgt, dass Aufmerksamkeitsverlagerungen bei überraschend auftretenden Reizen eher Top-Down kontrolliert sind (Horstmann, 2005). Hierzu ist ergänzend anzumerken, dass Theeuwes (1995, 2010) die Auffassung vertritt, dass abrupt auftretende Reize Bottom-Up Aufmerksamkeit auf sich ziehen und somit einen anderen Standpunkt als Horstmann (2005) einnimmt. Es herrscht folglich zu diesem Punkt keine einheitliche Auffassung vor.

An dieser Stelle sei der Begriff der bedingten Aufmerksamkeitserfassung (engl. = „contingent capture“) eingebracht. Darunter wird das Verhalten der Aufmerksamkeitslenkung verstanden, wenn zwei gleichzeitig auftretende Merkmale, die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, wobei eines als irrelevant verstanden werden kann (Ansorge, Horstmann, & Carbone, 2005). Anders als das Salienzmodell von Itti und Koch (2000), welches rein von Bottom-Up Mechanismen als Initialkonzept ausgeht und auch anders, als das Überraschungs-Modell von Itti und Baldi (2009), welches – nach Horstmann (2005), nicht jedoch nach Theeuwes (1995, 2010) – durch die Erwartungshaltung Top-Down Mechanismen impliziert, schlägt das Konzept der kontingenten Aufmerksamkeitserfassung vor, dass die initiale Stufe der Reizselektion Top-Down gesteuert ist und Bottom-Up Kontrolle ebenfalls auftreten kann. Dementsprechend wird angenommen, dass Top-Down und Bottom-Up Kontrolle der Aufmerksamkeit gemeinsam auftreten.

Eine Möglichkeit, um sowohl die Top-Down als auch die Bottom-Up Richtung im Rahmen einer Untersuchung zur visuellen Aufmerksamkeit zu kontrollieren, besteht darin, ein Untersuchungskonzept vorzugeben, welches beide Richtungen der Aufmerksamkeitssteuerung beinhaltet und eine differenzierte Betrachtung dieser zulässt. Ein Konzept, das diese Vorgaben umsetzt, sieht vor, dass über alle Durchgänge hinweg eine Suchaufgabe in Form eines zu findenden Zielreizes, der nicht in jeder Bedingung erscheint, vorgegeben wird. Die Suchintention stellt dabei die Top-Down Kontrolle dar. Des Weiteren würde ein gelegentlich auftretender Reiz, der nicht angekündigt wird und nicht in jeder Bedingung auftaucht, in das Untersuchungskonzept eingebaut. Eine Aufmerksamkeitszuwendung an einen

spezifischen Reiz, der neu auftaucht und nicht gesucht werden müsste, wäre reizgesteuert und somit Bottom-Up kontrolliert (z.B., Ansorge et al., 2005; Fuchs et al., 2011; Horstmann, 2002; 2005).

Horstmann zeigte in seinen Untersuchungen, dass Erwartungsbrechungen als Vorhersagekriterium für selektive visuelle Aufmerksamkeitslenkung gut geeignet sind. Allerdings arbeitet Horstmann (2002, 2005) – im Gegensatz zu Itti und Baldi (2009) – nicht mit sich bewegenden, dynamischen Reizbildern (Videosequenzen), sondern setzte sequentiell dargebotene, statische Reize ein. Bei Itti und Baldi (2009) hatten die Probanden lediglich die Videosequenzen zu verfolgen. In Horstmanns (2002; 2005) Versuchsanordnungen wurde den Untersuchungsteilnehmern eine Suchaufgabe vorgegeben. Die Probanden sollten einen vorab definierten Zielreiz (engl. = „*target*“) finden und mittels Betätigung einer entsprechenden Antworttaste das Vorhanden- bzw. Nichtvorhandensein des Zielreizes pro Durchgang beurteilen. Den Grundbauplan des Reizmaterials bildete ein Satz homogener grüne Farbreize. Der Zielreiz wurde nicht in allen Durchgängen präsentiert. In einem Teil der Bedingungen wurde zusätzlich ein spezifischer Singleton vorgegeben. Darunter versteht man einen Reiz, der sich von allen anderen Reizfiguren als auch vom Zielreiz durch eine spezifische, unikale Eigenschaft unterscheidet; im konkreten Beispiel wurde im kritischen Durchgang ein rotes, anstatt eines grünen Quadrates vorgegeben.

Die Ergebnisse von Horstmann (2002, 2005) zeigen, dass ein Farbsingleton auch dann Aufmerksamkeit auf sich zieht, wenn es sich dabei nicht um den zu suchenden Zielreiz handelt. Selbst wenn der Reiz bereits als irrelevant erkannt und gelernt wurde, zog er Aufmerksamkeit auf sich. Über das wiederholte Auftreten eines ähnlichen, neuen Reizes in mehreren Durchgängen einer Untersuchung findet sich in der Literatur die Aussage, dass bei häufiger Wiederholung des Reizes die Reaktion auf den „neuen“ Reiz zunehmend unterdrückt wird. Bei mehrfacher Wiederholung in einer längeren Versuchsanordnung wäre des-

halb damit zu rechnen, dass der irrelevante neue Reiz zu schwächeren Effekten auf die Aufmerksamkeitszuwendung führt (Desimone & Duncan, 1995).

In den Untersuchungen von Horstmann (2005) fanden sich ähnliche Befunde. Die Ergebnisse seiner Experimente mit Farbsingletons zeigten, dass Farbsingletons keine Aufmerksamkeit auf sich ziehen, wenn diese nicht mehr neu waren.

Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit sollte, ehe das nächste Modell vorgestellt wird, folgende Begriffserklärung angeführt werden: Die Begriffe Erwartungsbrechung bzw. Regelbrechung werden im Folgenden sowie im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht synonym verwendet. Der Begriff Erwartungsbrechung bezieht sich dabei auf das Konzept der Überraschung nach Itti und Baldi (2009) und der Verletzung einer Erwartung entsprechend dieser Theorie. Der Begriff Regelbrechung bezieht sich allein auf die Verletzung der gesetzmäßigen Gestaltung eines Reizes. Eine Regelbrechung stellt eine Erwartungsbrechung dar, eine Erwartungsbrechung kann jedoch andere Formen annehmen als die Brechung einer gesetzmäßigen Gestaltung eines Reizes.

Eine Studie von Rauschenberg und Yantis (2001), welche im Weiteren für den Untersuchungsvorsatz dieser Arbeit tragend sein wird, untersuchte ebenfalls die Wirkung von Erwartungsbrechungen auf die selektive visuelle Aufmerksamkeit.

Setzte sich Horstmann (2002, 2005) mit der Frage auseinander, ob eine Erwartungsbrechung in Form eines unerwartet auftretenden Farbreizes Aufmerksamkeit auf sich zieht, so war es das Ziel von Rauschenberg und Yantis (2001) zu untersuchen, ob für ein überraschend auftretendes Muster dasselbe gilt.

In ihrer Versuchsanordnung wurde ein Reizmaterial, bestehend aus acht Reizfiguren – sieben Dreiviertelkreisen (Distraktoren) sowie ein Zielreiz (Halbkreis) – in zwei Reihen à vier Figuren je Reihe vorgegeben. In einem Teil der vorgegebenen Versuchsbedingungen wurden vier Distraktoren – zwei je Reihe, die parallel zueinander lagen - so gedreht, dass die

Linienführungen der besagten Dreiviertelkreise ein „fiktives“ Quadrat ergaben (vgl. Abbildung 2).

Rauschenberg und Yantis (2001) machten sich dabei das Gestaltgesetz „Schließung“ nach Wertheimer (1923) zunutze. Dieses besagt, dass Elemente, die eine geschlossene Figur ergeben, als gruppiert wahrgenommen werden (Wertheimer, 1923). Dem liegt die Tatsache zu Grunde, dass Objekte auf mehr als einer Ebene der Wahrnehmung beschrieben werden können (Rauschenberg & Yantis, 2001). Es finden sich Kriterien wieder, die im Sinne der bisher dargestellten Sachverhalte zum Thema Erwartungsbrechung und ihrer Bedeutung für die selektive visuelle Aufmerksamkeit, bereits erläutert wurden: Es erscheint ein neuer Reiz und sein Auftreten wird nicht erwartet.

Abbildung 2 zeigt die Versuchsbedingung nach Rauschenberg und Yantis (2001).

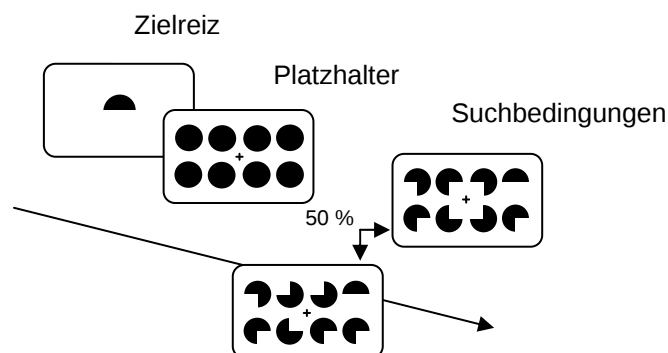


Abbildung 2: Eine Darstellung des Versuchskonzepts von Rauschenberg und Yantis (2001). In der Nachstellung der Suchbedingung (ganz rechts) ist das „fiktive“ Quadrat in der Folge der entsprechenden Ausrichtung der vier zentralen Stimuluselemente auf der lokalen Ebene zu erkennen.

Rauschenberg und Yantis (2001) zeigten, dass das Auftauchen eines nicht erwarteten Objekts auf einer höheren, globalen Ebene (engl. = „*global level*“), Auswirkungen auf die Zielreizsuche hat, die auf einer niedrigeren, lokalen Ebene (engl. = „*local level*“) erfolgen sollte.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Reaktionszeit in Durchgängen mit einem „fiktiven Quadrat“ signifikant länger ausfällt, als in Durchgängen in welchen keine Musterbildung auf der globalen Ebene stattfand. Dies legt für die Autoren den Schluss nahe, dass das unerwartet erscheinende Objekt auf der höheren Wahrnehmungsebene Aufmerksamkeit auf sich zieht (Rauschenberg & Yantis, 2001).

Für das Ziel dieser Arbeit ist folgendes festzuhalten: Der beschriebenen Untersuchung von Rauschenberg und Yantis (2001) kann entnommen werden, dass das Auftreten eines nicht erwarteten Objektes, welches auf einer höheren – namentlich auf einer globalen – Ebene durch die spezifische Anordnung einzelner Elemente „entsteht“, Aufmerksamkeit auf sich zieht. Diese Erkenntnisse zeigen, dass die Ebene der Wahrnehmung bzw. gestalterisch eingreifende Anordnungsregeln ebenfalls eine Bedeutung für die visuelle Verarbeitung eines neuen Reizes haben könnten.

Wenn ein Reiz hervorsteht, indem er überraschend auftritt, eine Erwartungsbrechung bedingt und somit eine Aufmerksamkeitszuweisung erhält, so können nach Horstmann (2002, 2005) bzw. Rauschenberg und Yantis (2001) und zusätzlich zu den oben bereits genannten, zumindest zwei optische Reizeigenschaften ergänzt werden, die sich ebenfalls nicht mit den Aussagen des Salienzmodells von Itti und Koch (2000) decken. Im Falle der Untersuchungsergebnisse von Horstmann (2002, 2005) wäre dies ein unerwartet auftretender Farbwechsel. Bei Rauschenberg und Yantis (2001) ein unerwartet sichtbar werdendes Muster, in Folge der Gültigkeit eines Gestaltgesetzes.

Mit Verweis auf die eingangs erläuterten Bemühungen der Forschung Gesetzmäßigkeiten und funktionale Mechanismen zu isolieren, welche für die selektiven visuellen Aufmerksamkeitszuweisungen Geltung haben könnten, lässt sich die Zielsetzung dieser Arbeit hier wie folgt anknüpfen.

Wenn eine spezifische Anordnung von einzelnen lokalen Elementen ein Objekt auf einer höheren Wahrnehmungsebene generiert und dieses Aufmerksamkeit auf sich zieht, dann stellt sich die Frage, ob die Umkehr dieses Phänomens ebenfalls eine Aufmerksamkeitszuwendung bedingt. Anders ausgedrückt, wenn eine Anordnung von einzelnen Elementen einer spezifischen Regel folgt, dann gilt es zu überprüfen, ob eine unerwartet auftretende Regelverletzung anstatt einer Regelgenerierung wie bei Rauschenberg und Yantis (2001) ebenfalls Aufmerksamkeit auf sich zieht.

Diese Fragestellung wird, unter Berücksichtigung der ebenfalls vorgestellten Untersuchung von Itti und Baldi (2009), noch erweitert.

Itti und Baldi (2009) untersuchten anhand ihres Reizmaterials den Vergleich von Erwartungshaltung versus Salienzmaß als Vorhersagekriterium für Aufmerksamkeitszuwendung.

Mit Blick auf Horstmann (2002, 2005), in dessen Untersuchungen kein Vergleich zwischen Salienzmodell und Erwartungsbrechung vorgenommen wurde, bzw. Baldi und Itti (2009) bleibt die Frage, ob die bessere Vorhersagequalität für Aufmerksamkeitszuwendungen von Erwartungsbrechungen im direkten Vergleich zur Prognose mit dem Salienzmodell in derselben Untersuchungsvorgabe ebenfalls zeigt, wenn statische Reize verwendet werden. Es ist somit ein weiteres Ziel dieser Arbeit, einen Vergleich zwischen den genannten Vorhersagekriterien Erwartungshaltung und Salienzmaß anhand desselben Stimulusmaterials zu untersuchen. Die Verwendung von Erwartungsbrechungen in Form einer Regelbrechung einerseits und eine Wiederholung derselben Salienzmerkmale in allen Reizelementen (Zielreiz, Distraktoren und Singleton) andererseits, erlauben einen Vergleich zwischen den beiden Kriterien zur Vorhersage der Aufmerksamkeitszuweisung.

Zusammengefasst ist das Ziel dieser Arbeit sich folgendem zu widmen:

Es wird untersucht, ob eine Regelbrechung in einem visuellen Reizmaterial, bestehend aus Einzelelementen, die einer gesetzmäßigen Regelanordnung folgen, Aufmerksamkeit auf sich zieht, wenn diese Regelbrechung nicht erwartet wird.

Es wird untersucht, ob sich in einem direkten Vergleich zwischen den Vorhersagekriterien Erwartungsbrechung in Form einer Regelbrechung und dem Salienzmodell von Itti und Koch (2000), die Regelbrechung als das Vorhersagekriterium mit der höheren Trefferquote zeigt.

Die methodische Realisierung dieser Fragestellung wird in Abschnitt 2 dieser Arbeit im Detail erläutert. Es sei jedoch vorweggenommen, dass sowohl die Reaktionszeiten bei der Bearbeitung unterschiedlicher Durchgänge, als auch die Fixationen auf die interessierenden Bereiche des Reizmaterials, sowie die Latenzen der Fixationen erhoben und ausgewertet wurden. Im Falle, dass die Erwartungsbrechung hinsichtlich Aufmerksamkeitszuwendung stärker wirkt als die Merkmalssalienz nach Itti und Koch (2000), würde sich zeigen, dass die Regelbrechungen signifikant öfter fixiert werden, als alle üblichen Merkmalsträger. Es wäre ebenfalls zu erwarten, dass die Regelbrechung in höherer Frequenz beachtet wird.

Würde, wie von Itti und Koch (2000) behauptet, Salienz die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, so würden sich bei der Mehrfachanordnung ein und desselben Reizelements mit denselben Salienzbedingungen, die Fixationen über mehrere Versuchsbedingungen hinweg, ohne signifikante Auffälligkeiten zugunsten einzelner Elemente folglich regelmäßig verteilen.

Bezüglich der angesprochenen Latenz der Fixationen würde im Falle, dass die Regelbrechung besser zur Vorhersage von Fixation geeignet ist, diese für Regelbrechungen kürzer ausfallen. Im Falle, dass die Merkmalssalienz das bessere Prognoseinstrument für Fixationen bzw. Aufmerksamkeitszuwendungen ist, würde sich erneut kein Unterschied zwischen allen positionierten Merkmalsträgern zeigen.

2. Untersuchungsmethode

2.1. Untersuchungsteilnehmer

Es nahmen 10 Studenten an der Untersuchung teil, wovon je fünf weiblichen und fünf männlichen Geschlechts waren. Das Durchschnittsalter lag bei 26,8 Jahren ($SD = 2.4$), mit der Unter- bzw. Obergrenze (engl. = „*range*“) von 20 bzw. 44 Jahren. Jene Versuchspersonen, die zum Zeitpunkt der Testung an der Universität Wien Psychologie studierten und über das Versuchspersonen-Management-System (VPMS) rekrutiert worden waren, erhielten einen Punktebonus für die Absolvierung einer Lehrveranstaltung. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig und verfügten über muttersprachliche- oder sehr gute Deutschkenntnisse. Es erfolgte ein Sehschärfetest in Form einer Nahleseprobe sowie eine Überprüfung des Farbsehens mit Ishihara-Farbtafeln. Bei Vorliegen einer Sehschwäche wurde diese mittels Brille auf Normalsichtigkeit korrigiert. Kontaktlinsenträger wurden im Vorfeld gebeten, für den Zeitraum der Untersuchungsteilnahme auf Kontaktlinsen zugunsten einer Brille zu verzichten. Alle Teilnehmer zeigten normales Farbsehen. Des Weiteren wurde mittels Porta-Test das führende Auge der Teilnehmer eruiert, um die Aussagekraft der Blickbewegungen zu optimieren.

2.2 Instrumente und Messgeräte

Für die Blickerfassung wurde das Eyetracking-System Eyelink 1000 (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada) mit einer Abtastfrequenz von 1.000 Hz (monokular auf das führende Auge) eingesetzt. Die individuelle Einstellung je Versuchsperson erfolgte auf Basis einer 9-Punkt Kalibrierung, die mitunter während der Testung wiederholt- bzw. neu angepasst wurde. Die Stimuli wurden auf einem 19-Zoll-CRT-Bildschirm (Bildschirmdiagonale ca. 45 cm) mit einer Auflösung von 640 x 640 Pixel vorgegeben. Die Kontrolle des Experi-

mentes erfolgte durch das Programm Experiment Builder (SR Research). Der Abstand der Versuchsperson zum Bildschirm betrug 65 cm und wurde mit einer Kopf- und Kinnstütze, horizontal wie vertikal, während des gesamten Experiments konstant gehalten.

Zur Aufzeichnung von Verhaltensdaten wurde eine handelsübliche Computertastatur verwendet. Drei Tasten waren für die Versuchspersonen relevant: Die Leertaste, als Steuerungsmöglichkeit, um die einzelnen Durchgänge zu starten, sowie die Tasten „X“ und „ „, „“ als Antworttasten, in Abhängigkeit ob der Zielreiz subjektiv gefunden oder nicht gefunden werden konnte. Die Tastenzuordnung wurde über die Versuchspersonen balanciert.

2.3 Reizmaterial

Vorgegeben wurde ein zweidimensionales Mosaik, in dem sich ein Grundelement in acht Spalten und acht Zeilen regelmäßig wiederholt. Das Grundelement, im Weiteren kurz „Kachel“ (von engl. „tile“ = Fliese, Kachel) genannt, war ein quadratisches, zweidimensionales Grafikornament mit einem farbigen Muster (Abbildung 3a).

Im Sinne der Fragestellung hatte die Musterung des Grundelements bzw. der Basis-kacheln folgende Kriterien zu erfüllen: Es mussten Reize für alle drei Kanäle des Salienzmodells von Itti und Koch (2000) beinhaltet sein; d.h. unterschiedliche Farben, eindeutige Kontraste und Elemente, die sich in ihrer Orientierung voneinander unterschieden. Des Weiteren sollte die Kachel keine eigenständige, sinnstiftende oder semantische Botschaft transportieren, wie z.B. eine Ähnlichkeit mit einem Buchstaben, einer Zahl bzw. etwaigen anderen Erscheinung auf einer globaleren Ebene. Als letztes Kriterium sollte die gewählte Kachel so gestaltet sein, dass eine punktsymmetrische Anordnung und somit die Konstruktion eines regelmäßigen Musters möglich ist. Mit Punktsymmetrie ist hier gemeint, dass die sinnstiftende Gesetzmäßigkeit (Viertelkreis) konzipiert wird, indem die Rotation der Basis-Kachel – einmal um 90°, 180°- und um 270° – dazu führt, dass vier Kacheln in unterschiedlicher Rotation ein Kreissegment bilden. Sechzehn Kreissegmente wiederum bilden das Reizmosaik.

Abbildung 3a zeigt ein entsprechendes Reizmosaik, inkl. Zielreiz und Singleton. Für die Auswertung der Fixationen bzw. Latenzen wurden die einzelnen Kacheln, nicht die gebildeten Kreissegmente, herangezogen.

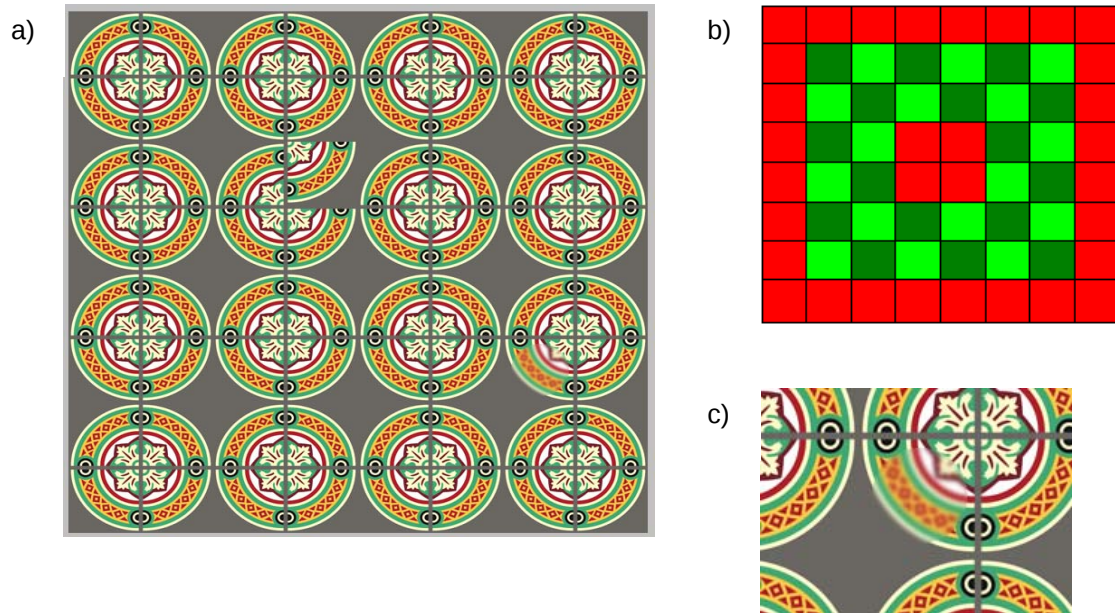


Abbildung 3: a) Zeigt das Reizmosaik eines Durchganges inklusive Regelbrechung (Singleton = 2. Kreisreihe von oben, 2. Kreissegment) und Zielreiz (3. Kreisreihe, 1. Kreissegment von rechts). b) Zeigt die Grundtopographie der Reizanordnung. Die grün eingezeichneten Segmente geben die möglichen Positionen des Singletons und des Zielreizes wieder (Relevanzbereich). c) Zeigt die kreisförmige Trübung, welche als Zielreiz eingeblendet wurde in einer Vergrößerung.

Als Zielreiz wurde eine kreisförmige Trübung, die mit dem Programm Photoshop eingefügt wurde, positioniert. Diese kreisförmige Trübung (mit einem Durchmesser von 64 px), im Weiteren Zielreiz genannt, wurde mit der Position 80 x 80 px über eine Kachel gelegt. Der zweckmäßige Vorteil bei einer Trübung als Zielreiz besteht darin, dass die Verminderung der Schärfe keine Auswirkung auf die Salienz der Kacheln hat (Fuchs et al., 2010). Der Zielreiz ist in Abbildung 3c in vergrößerter Form dargestellt.

Für das Singleton, d.h. jene Regelbrechung, die im Sinne der Fragestellung installiert wurde, wird innerhalb eines einzigen Kreissegmentes eine Kachel anders als im Sinne der eigentlich angedachten, punktsymmetrischen Anordnungsregel rotiert. Ein Beispiel wäre, dass anstatt einer Kachel, die im Sinne der Regelanordnung mit einer Rotation von 90° aufweisen müsste, eine Kachel mit einer Rotation von 0° oder 270° eingesetzt wird (siehe Abbildung 3a). Eine Rotation um 180° kam nicht in Frage, da bei jeder definierten Regelbrechung zumindest eine Längsseite Anschluss in das Kreissegment haben sollte.

Weder Singleton noch Zielreiz sollten in den vier zentralsten Positionierungsmöglichkeiten, noch in den Feldern der äußeren Begrenzungen liegen (vgl. rote Segmente in Abbildung 3b). Der Grund ist folgender: Jeder Durchgang beginnt mit der Fixation des Fixationskreuzes, welches sich in der zentralen Bildschirmposition befindet. Durch die Tatsache, dass die Fixierung zu Beginn des Durchganges bereits in dieser Position ist, würde eine Singleton- bzw. Zielreizpositionierung in den vier zentralen Feldern keine Messungen von Fixationen und Augenbewegung liefern, die für einen Vergleich geeignet wären.

Der Verzicht auf die äußeren Begrenzungsfelder der Stimulusoberfläche als Singleton- bzw. Zielreizposition erfolgt, da jene Kacheln nicht von anderen Kacheln umgeben sind und somit für diese nicht die gleichen Salienzmaße nach Itti und Koch (2000) gelten, wie für jene Kacheln, die sich im Inneren der Reizanordnung befinden.

Es kamen daher für eine Positionierung innerhalb der 8×8 Felder umfassenden Reizanordnung 32 Felder für die Positionierung eines Singletons bzw. eines Zielreizes in Frage. Im Weiteren wird dieser Bereich „Relevanzbereich“ genannt. In Abbildung 3b markiert der grün eingefärbte Bereich jene Felder der Grundstruktur, die den Relevanzbereich bilden und für eine Singleton- bzw. Zielreizpositionierung in Frage kommen.

Es wurde sichergestellt, dass in jenen Durchgängen (siehe auch Punkt 2.4.), die sowohl das Singleton als auch ein Zielreiz führten, die entsprechenden Kacheln mit Zielreiz und Singletonrotation einen Mindestabstand von einer Kachel (bzw. 120 px) aufweisen.

Die Position von Singleton und Zielreiz in der Reizanordnung war für die Versuchsperson antiprädictiv – d.h. nicht vorhersehbar. Die Stimuli wurden zentral vor einem grauen Hintergrund (CLab Farbkoordinaten: 86.7/0.6/-34.9) präsentiert.

2.4 Untersuchungsdesign

Es wurden vier verschiedene Versuchsbedingungen mit variierenden Reizanordnungen vorgegeben:

-) Durchgänge ohne Singleton und ohne Zielreiz,
-) Durchgänge ohne Singleton aber mit Zielreiz,
-) Durchgänge mit Singleton aber ohne Zielreiz,
-) Durchgänge mit Singleton und mit Zielreiz.

In jeder Bedingung wurden vierundsechzig Varianten der entsprechenden Reizanordnung vorgegeben. Daraus ergibt sich eine Gesamtuntersuchungslänge von 256 Durchgängen, die in einem Block präsentiert wurden. Die Reihenfolge der Vorgabe erfolgte randomisiert.

Die Versuchspersonen hatten zu beurteilen, ob in der aktuellen Versuchsbedingung ein Zielreiz vorkam oder ob dies nicht der Fall war.

Jeder Durchgang wurde von der Versuchsperson mittels Leertaste gestartet. Zu Beginn jeder Vorgabe wurde ein Fixationskreuz in der Bildmitte eingeblendet. War die Fixierung des Kreuzes erfolgt und somit sichergestellt, dass jeder Durchgang unter denselben Bedingungen begann, wurde die entsprechende Reizanordnung präsentiert. Jede Vorgabe endete mit der Betätigung einer der beiden Antworttasten durch die Versuchsperson. Es folgte entsprechend der abgegebenen Antwort eine Rückmeldung. Im Fall einer richtigen Beantwortung erschien auf dem Bildschirm die Rückmeldung „Richtig“, wurde die nicht bedingungskonforme Antworttaste betätigt, die Rückmeldung „Falsch“.

Um Priming-Effekte – damit ist die Beeinflussung der Verarbeitung eines Reizes gemeint, indem ein vorangegangener Reiz implizite Gedächtnisinhalte aktiviert hat (Müsseler, 2008) – der vorangegangenen Durchgänge möglichst zu minimieren, wurde nach der Rückmeldung eine Maske eingeblendet. Diese Maske gab eine zerwürfelte Version des Stimulus wieder und wurde für 700 ms eingeblendet. Ein leerer, grauer (Farbkoordinaten siehe Hintergrund der Reizanordnung) Bildschirm bildet den Abschluss eines Durchganges. Der Ablauf wird in Abbildung 4 schematisch illustriert.

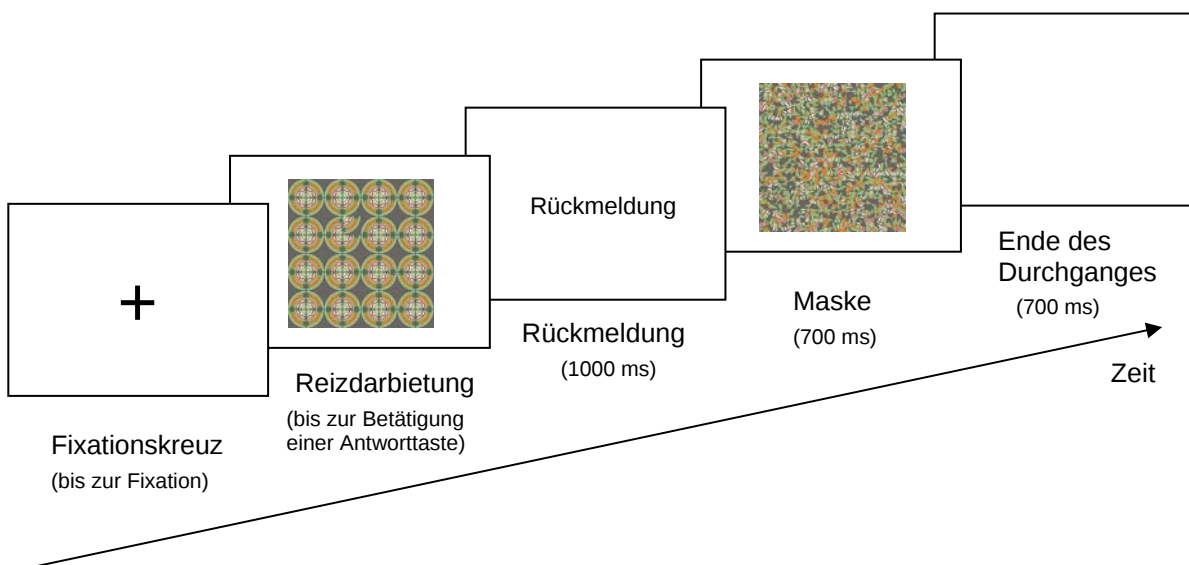


Abbildung 4: Zeigt die Abfolge eines Durchgangs. Zu Beginn wird ein Fixationskreuz vorgegeben. Die Reizbearbeitung endet mit der Antwort durch die Versuchsperson. Es folgt eine Rückmeldung („Richtig“ oder „Falsch“) auf die abgegebene Antwort. Eine Maske zur Minimierung von Priming-Effekte beendet jeden Durchgang.

2.5 Untersuchungsdurchführung

Die Testung erfolgte in einem fensterlosen Raum mit kontrollierten schwachen Lichtbedingungen. Störende Lichtreflexionen im Untersuchungsumfeld und sonstige optische Störreize wurden damit auf ein Minimum reduziert.

Es wurde immer nur eine Person je Sitzung untersucht. Der Versuchsleiter war während der gesamten Untersuchungsdauer anwesend. Zum einen, um für etwaige Fragen bereit zu stehen und den sachgemäßen Ablauf der Testung zu überwachen, zum anderen um im Falle eines Signalverlustes durch den Eyetracker eine etwaige Neukalibrierung für die Pupille der Versuchsperson vornehmen zu können. Vor Beginn des Experiments wurden demografische Daten aufgenommen, die intakte Sehleistung sichergestellt sowie eine schriftliche Einverständniserklärung zur Unterschrift vorgelegt. Nach der individuellen Einstellung des Eyetrackers (Erstkalibrierung) wurden am Bildschirm die Instruktionen zur Bearbeitung der Untersuchung gezeigt. Hierbei wurde unter anderem eine Beispiel-Kachel mit bzw. ohne Zielreiz gezeigt. Die Instruktionen wurden durch mündliche Erläuterungen des Testleiters ergänzt und gegebenenfalls wiederholt. Während des Versuchs war keine Pause vorgesehen. Die Bearbeitungszeit betrug zwischen 40 und 50 Minuten, je nach Geschwindigkeit der Versuchsperson und Dauer einer etwaigen Neukalibrierung. Bei fünf von zwölf Versuchspersonen war eine Neukalibrierung nötig. Die Testung verlief ohne Zwischenfälle.

3. Ergebnisse

Bevor die statistische Analyse der erhobenen Datensätze beginnen konnte, wurden die Daten zweier Versuchspersonen ausgeschlossen. In einem Fall ließ eine Fehlerquote von 60 % falscher Antworten darauf schließen, dass die Versuchsperson nicht den Instruktionen entsprechend geantwortet hatte. Eine weitere Versuchsperson musste aufgrund eines technischen Zwischenfalls, in dessen Folge ein Teil der erhobenen Daten nicht gespeichert wurde, unberücksichtigt bleiben.

3.1 Analyse der Antwortgenauigkeit

Wichtig für die Interpretation der Ergebnisse und den daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen ist, dass die Versuchspersonen die vorgegebene Aufgabe, das Auffinden des Zielreizes und die adäquate Rückmeldung über dessen Vorhanden- oder Nichtvorhandensein, im Sinne der Aufgabenstellung bearbeitet haben. Um diese Passung zwischen Aufgabenstellung und Bearbeitungsverhalten nachzuweisen, wurde für jede Versuchsperson der Signalentdeckungsparameter d' errechnet. Das Maß d' ist ein Index für die Reizdetektion bzw. Reizsichtbarkeit (Müsseler, 2008). Um dieses Sensitivitätsmaß zu berechnen, werden die relativen Häufigkeiten der Treffer – positive Antwort bei vorhandenem Zielreiz (engl. = „hits“) – und der falschen Alarme – positive Antwort bei nicht vorhandenem Zielreiz (engl. = „false alarms“) – ermittelt, die entsprechenden Werte für Treffer und falsche Alarme werden z-transformiert und abschließend die Differenz [Formel: $z(\text{Treffer}) - z(\text{falsche Alarme}) = d'$] gebildet (Müsseler, 2008).

Im Zuge dieser Untersuchung gilt als Treffer, wenn die Versuchsperson ein korrekt erfolgtes Urteil über Anwesenheit des Zielreizes abgegeben hat, d.h. eine positive Antwort bei Vorhandensein des Zielreizes. Als falscher Alarm hingegen eine Rückmeldung über die Anwesenheit des Zielreizes, wenn dieser nicht vorhanden war.

Werte mit der Ausprägung $d' > 2$ können als sehr gute Suchleistungen verstanden werden. Je größer d' ausfällt, desto besser ist die Suchleistung. Im Sinne der hier durchgeführten Untersuchung kann ein hoher d' -Wert als Maß für adäquate Bearbeitung der Aufgabe gewertet werden. Tabelle 1 zeigt die individuellen Suchleistungen der $n = 10$ Versuchspersonen.

Sensitivitätsmaß pro Versuchsperson

	Vp 1	Vp 2	Vp 3	Vp 4	Vp 5	Vp 6	Vp 7	Vp 8	Vp 9	Vp 10
Hit rate										
in %	98,4	93,8	98,4	96,1	74,2	92,2	95,3	89,8	96,9	99,2
d'	4,3	4,2	4,8	4,4	3,1	4,1	4,3	3,9	4,5	5,1

Tabelle 1: zeigt die Antwortgenauigkeit je Versuchsperson in Prozent als auch in d' -Werten.

Die Ergebnisse zeigen, dass alle Teilnehmer eine sehr hohe Antwortgenauigkeit (Mittelwert $[M] = 4.3 d'$) zeigten. Somit kann angenommen werden, dass die Aufgabenbearbeitung im Sinne der Instruktion durchgeführt und verstanden wurde.

Von Interesse ist des Weiteren, dass es bei der Bearbeitung von Durchgängen mit Singleton ($M = 4.0 d'$) im Vergleich zu Durchgängen ohne Singleton ($M = 4.1 d'$) keine signifikanten Unterschiede gab, $t(9) = 0.4$, $p = .72$. Die Anwesenheit eines Singletons beeinträchtigte das korrekte Bearbeiten der gestellten Aufgabe somit nicht.

3.2 Analyse der Reaktionszeiten

Als erster Punkt wurde untersucht, ob und in welchem Ausmaß sich die durchschnittlichen Reaktionszeiten in Durchgängen mit Singleton bzw. Durchgängen ohne Singleton unterscheiden.

Die Versuchspersonen antworteten in Durchgängen mit Singleton ($M = 2960$ ms, $SD = 60$ ms) signifikant langsamer, als in Durchgängen ohne Singleton ($M = 2740$ ms, $SD = 93$ ms), $t(9) = 2.3$, $p < .05$.

Die Berechnung mit den Faktoren Singletonanwesenheit x Singletonabwesenheit im Zuge einer ANOVA (weiteres siehe unten) bestätigte die angeführte, signifikant längere Reaktionszeit bei der Bearbeitung von Durchgängen mit Singleton im Vergleich zu Durchgängen ohne Singleton, $F(1,9) = 25.4$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .739$.

Es stellt sich die Frage, ob dieser Unterschied in der Reaktionszeit, d.h. der zeitliche Mehraufwand für Durchgänge mit Singleton, zu einem bestimmten Zeitpunkt im Zuge der Bearbeitung auftritt – z.B. zu Beginn, in der Mitte bzw. am Ende der Bearbeitung – oder ob sich der zeitliche Mehraufwand über die gesamte Bearbeitungszeit regelmäßig verteilt. Um dies zu testen, wurden die Reaktionszeiten der Versuchsperson in eine Rangliste gebracht und in Quintile unterteilt. Das heißt, je nachdem, ob die entsprechende Reaktionszeit zu den schnellsten zwanzig Prozent-, zu den nächst schnellsten zwanzig Prozent, etc., gezählt werden konnte, erfolgte die Zuteilung zum entsprechenden Quintil. Es wurde für jede der vier Versuchsbedingungen eine eigene Mittelung innerhalb des entsprechenden Quintils vorgenommen. Darauf aufbauend wurde eine 2 x 2 x 5 Varianzanalyse (ANOVA; Faktoren: 2 = Singletonanwesenheit/kein Singleton x 2 = Zielreizanwesenheit/kein Zielreiz x 5 = Quintile) gerechnet.

Die Interaktion der Faktoren Quintil mit dem Faktor Singletonanwesenheit zeigt, dass sich für die Quintile bei der Reaktionszeit in Durchgängen mit Singleton gegenüber Durchgängen ohne Singleton mit $F(1,9) = 1.5$, $p = .26$ kein signifikanter Unterschied findet. Die

Verteilung der gezeigten, signifikant höheren Reaktionszeit für Durchgänge mit Singleton erfolgt somit regelmäßig und unabhängig von individuellen Unterschieden in der Reaktionszeit.

Anhand der dreifaktoriellen ANOVA soll auch gezeigt werden, dass sich Durchgänge mit Zielreiz hinsichtlich der Reaktionszeit bei Durchgängen ohne Zielreiz tatsächlich, wie in Anlehnung an die Ergebnisse von Rauschenberg und Yantis (2001) zu erwarten wäre, signifikant unterscheiden. Es zeigte sich zwischen dem Faktor Reizanwesenheit und dem Faktor Reizabwesenheit mit $F(1,9) = 87.8$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .907$ ein signifikantes Ergebnis. Durchgänge mit Target wurden signifikant schneller bearbeitet.

Abbildung 5 veranschaulicht die erläuterten Messergebnisse.

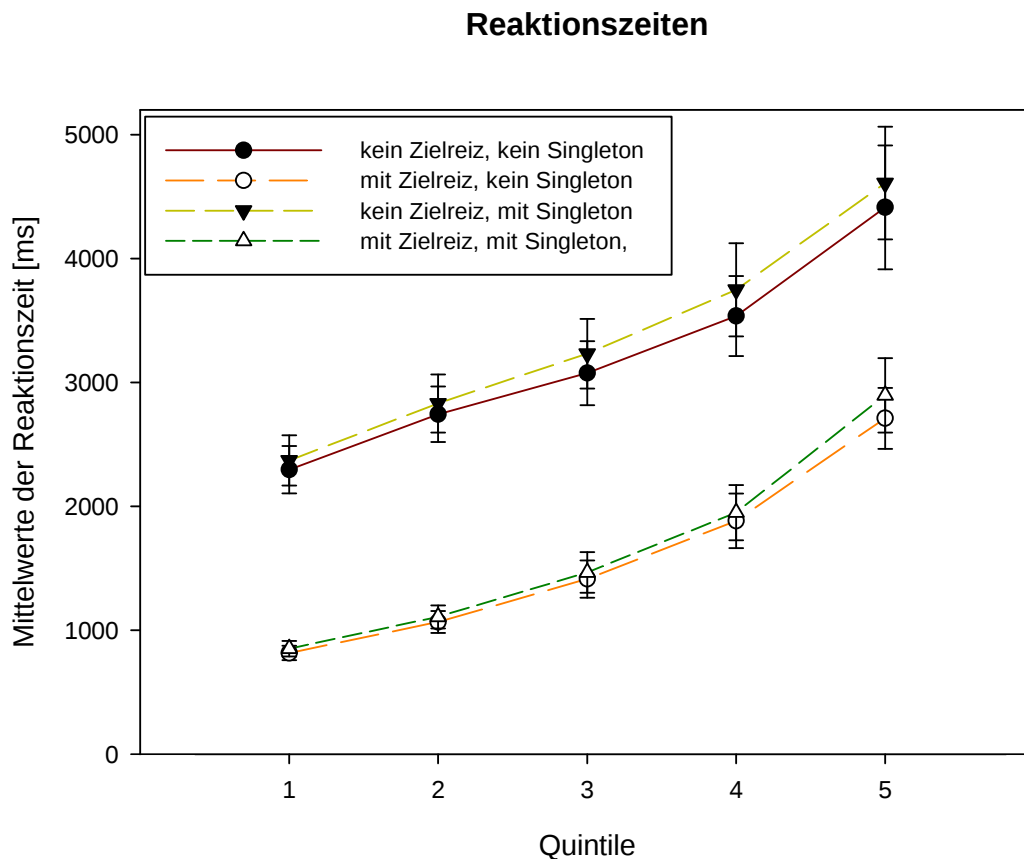


Abbildung 5: zeigt die Analyseergebnisse der Reaktionszeiten je Quintil. Die Farbe und Form der Markierungen zeigen die Art der Durchgänge an.

3.3 Analyse der Augenbewegungen

Der Analyse der Augenbewegungen ist voranzuschicken, dass die jeweils erste Fixation pro Durchgang bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurde. Des Weiteren sind alle Fixationen unter 100 ms nicht in die Analyse eingeflossen. Dementsprechend sind von der Gesamtzahl an Fixationen (= 40793) nach Abzug jener, für die oben genannte Ausschlusskriterien zutrafen, 36308 Fixationen (= -11 %) in die Analyse eingegangen. Innerhalb des Relevanzbereiches wurden von 18854 gemessenen Fixationen 913 (= 4.9 %) den Kriterien entsprechend von der Analyse ausgeschlossen.

3.3.1 Fixationshäufigkeiten

Um zu testen, ob die Regelbrechung Aufmerksamkeit auf sich zieht, wurden die Fixationen auf das Singleton mit den Fixationen auf die anderen Kacheln verglichen. Die Anzahl der Fixationen wurde dabei für jede Versuchsperson summiert. Jene Kacheln, die zum Vergleich mit dem Singleton herangezogen wurden, sind entsprechend ihrer Anzahl gewichtet worden. Abbildung 6 gibt die Ergebnisse der Fixationshäufigkeiten je Kachelart grafisch wieder.

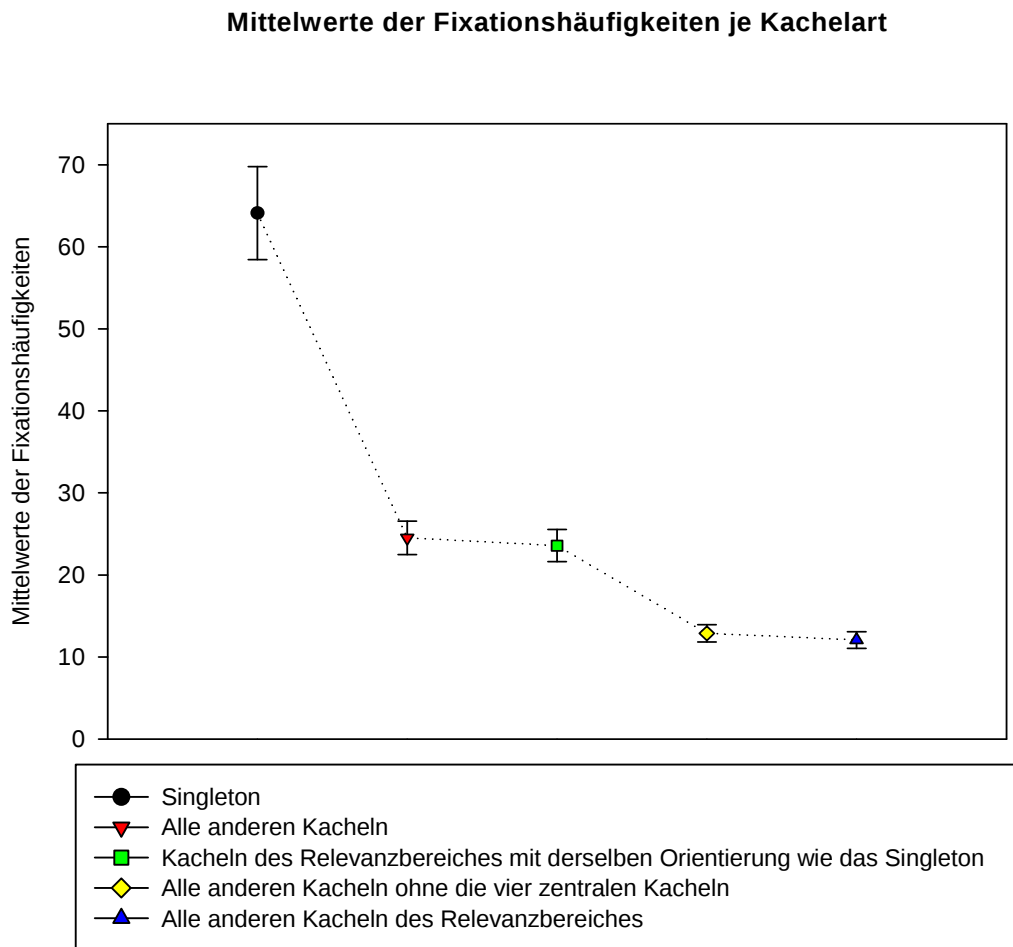


Abbildung 6: Mittlere Fixationshäufigkeit für fünf interessierende Kachelarten. Das Singleton wurde in allen Vergleichsfällen signifikant häufiger fixiert.

Der Vergleich des Singletons mit den anderen Kachelarten erfolgte auf Basis von Mittelwertsvergleichen in Form von gepaarten t -Tests. Das Singleton ($M = 64.1$, $SD = 5.7$) wurde verglichen mit allen anderen Kacheln (Anzahl = 63) des Stimulusmosaiks ($M = 12.1$, $SD = 1.0$) mit $t(9) = 10.7$, $p < .001$ signifikant häufiger fixiert. Auch wurde untersucht, wie der Vergleich mit allen anderen Kacheln, exklusive der vier zentralen Kacheln ($M = 12.9$, $SD = 1.1$), ausfällt. Hier erbrachte der t -Test mit $t(9) = 10.7$, $p < .001$ ähnliche Ergebnisse wie der erste Vergleich, bei dem die vier zentralen Elemente noch inkludiert waren.

Von Interesse sind des Weiteren die Messergebnisse zu den Fixationen der Kacheln im Relevanzbereich (vgl. Abbildung 3b). Die Kacheln des Relevanzbereiches ($M = 24.5$, $SD = 2.0$) wurden mit $t(9) = 9.6$, $p < .001$, ebenfalls in signifikantem Ausmaß seltener fixiert, als das Singleton.

Da es sich bei dem Singleton um eine rotierte Kachel handelt, wurde auch der Unterschied zwischen Fixationshäufigkeiten des Singletons und den anderen acht Kacheln des Relevanzbereiches, die dieselbe Orientierung wie das Singleton aufwiesen, untersucht. Es wurden signifikant mehr Fixationen auf das Singleton ($M = 64.1$, $SD = 5.7$) gezählt, als auf alle anderen Kacheln des Relevanzbereiches mit derselben Orientierung ($M = 23.6$, $SD = 2.0$), $t(9) = 9.9$, $p < .001$. Es folgte der Vergleich zwischen der Fixationshäufigkeit des Singletons ($M = 64.1$, $SD = 5.7$) und den acht Kacheln des Relevanzbereiches, die dieselbe Orientierung wie das Singleton hatten, in Durchgängen ohne präsentierten Zielreiz ($M = 16.9$, $SD = 1.5$). Es zeigte sich, dass das Singleton auch in diesem Fall signifikant häufiger fixiert wurde, $t(9) = 11.3$, $p < .001$.

Die hier präsentierten Ergebnisse zeigen, dass die Singleton-Kachel in jedem angestellten Vergleich signifikant häufiger fixiert wurde, als jede andere Kachel. Da nach Fuchs et al. (2010) und Rayner (1998) Fixationen auf eine Lokalisation als Maß für Aufmerksamkeitszuweisung herangezogen werden, zeigen diese Ergebnisse, dass die Regelbrechung Aufmerksamkeit auf sich zieht.

3.3.2 Fixationsdauer

Neben der oben dargestellten Analyse zu den Fixationshäufigkeiten wurde ebenfalls die Dauer der Fixationen des Singletons mit jenen der anderen Kacheln verglichen. Hierfür wurde die durchschnittliche Fixationsdauer je Versuchsperson für das Singleton und alle anderen Kacheln des Reizmaterials berechnet. Die entsprechenden Mittelwerte je Versuchspersonen wurden im nächsten Schritt erneut gemittelt. Es zeigt sich, dass sich die durch-

schnittliche Dauer einer Fixation des Singleton ($M = 238$ ms, $SD = 9$ ms) kaum von der durchschnittlichen Dauer der Fixation einer anderen Kachelart ($M = 237$ ms, $SD = 11$ ms) unterscheidet. Die Berechnung des t -Tests für gepaarte Stichproben ($M = -.82$ ms, $SD = 7$ ms) bestätigt mit $t(9) = -.118$ $p = .908$, dass kein signifikanter Unterschied für die Fixationsdauer der entsprechenden Kachelarten vorliegt.

3.3.3 Latenzen

Schließlich wurden Unterschiede in der Fixationslatenz analysiert. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden zum einen die Latenz der Fixationen des Zielreizes in Durchgängen mit bzw. ohne Singleton und zum anderen für den Vergleich der Fixationslatenzen für das Singletons mit allen anderen Kacheln.

Die gemittelte Latenz der Fixationen auf den Zielreiz wurde für Durchgänge mit- und ohne Singleton berechnet. Analysiert wurden nur Durchgänge, in denen auch ein Zielreiz vorkam. Es zeigte sich, dass in Durchgängen mit Singleton ($M = 1456$ ms, $SD = 183$ ms) im Vergleich zum Bedingungen ohne Singleton ($M = 1071$ ms, $SD = 118$ ms) mit $t(9) = 2.3$, $p < .05$, der Zielreiz signifikant später fixiert wurde.

Eine weitere Analyse widmete sich dem Latenzunterschied zwischen dem Singleton und allen anderen Kacheln. Auch hier galt es zu erheben, ob sich über die Gesamtverteilung der individuellen Reaktionszeiten Unterschiede in der Latenz zeigen. Hierfür wurden die individuellen Fixationslatenzen in Quintile unterteilt und die Zuteilung erfolgte entsprechend der Zugehörigkeit zum Quintilbereich.

Es wurde eine 2×5 ANOVA (Faktoren: 2 = Singletonfixation/Fixation andere Kacheln $\times$ 5 = Quintile) gerechnet. Für den Faktor Singleton ergab sich ein signifikanter Haupteffekt, $F(1,9) = 8.34$, $p < .05$, wie in Abbildung 7 dargestellt. Dieses Ergebnis zeigt, dass in Durchgängen mit Singleton, das Singleton im Vergleich zu allen anderen Kacheln signifikant schneller fixiert wurde.

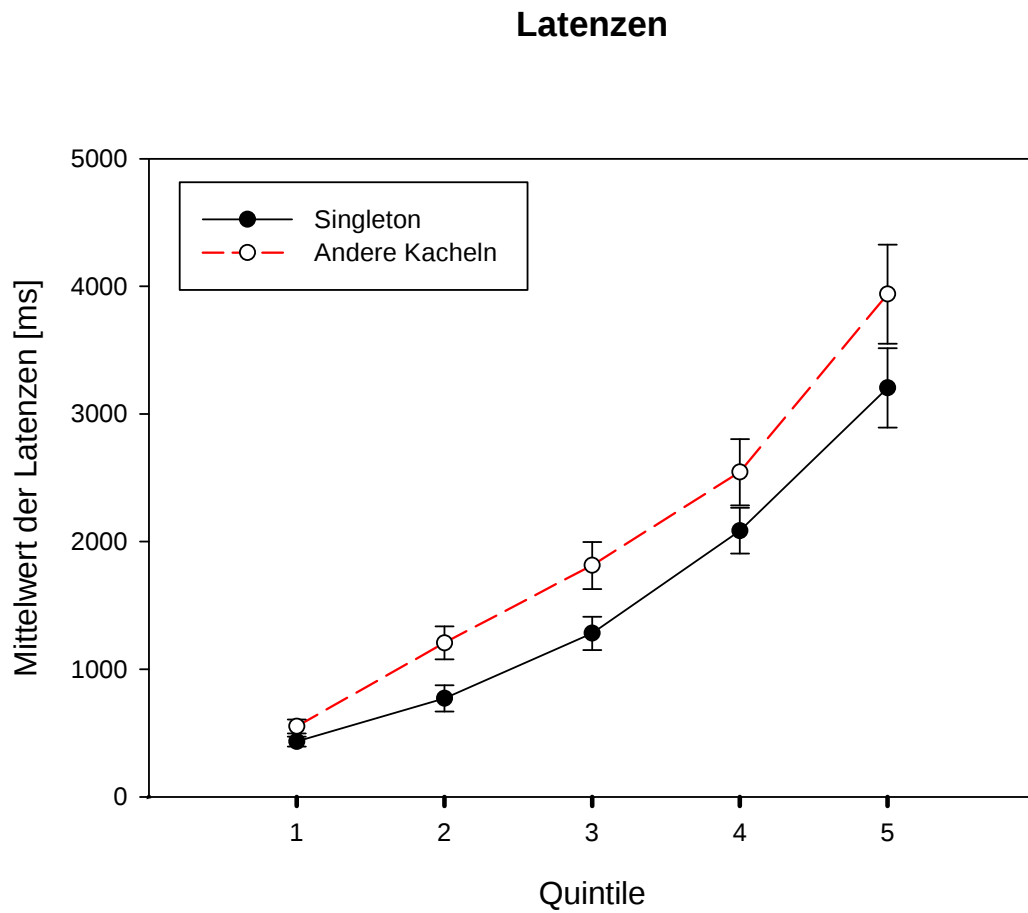


Abbildung 7: Ergebnisse zur Analyse der Fixationslatenz für Singletons und alle andere Kacheln nach Quintilen. Die Unterschiede fallen in allen Quintilen signifikant aus.

4. Diskussion

In der gegenwärtigen Studie wurde eine Reizanordnung, bestehend aus vierundsechzig Kacheln, welche zu einem spezifischen Muster arrangiert wurden, vorgegeben. Ziel der Untersuchung war es, anhand des Reizmaterials festzustellen, ob eine Regelbrechung Aufmerksamkeit auf sich zieht. Des Weiteren wurde der Vergleich zwischen dem Salienzmodell und einer Regelbrechung hinsichtlich der Vorhersageverlässlichkeit für Aufmerksamkeitszuwendungen angestellt.

Um diese Fragestellungen zu beantworten, wurden Messergebnisse zu den Fixationen der interessierenden Reize, die Latenzen dieser Fixationen sowie die Reaktionszeit ausgewertet.

Es zeigte sich, dass Durchgänge mit einer Regelbrechung zu einem signifikanten Anstieg der Reaktionszeiten führten. Die erhobenen Daten zeigen, dass eine Regelbrechung, folglich eine rotierte Kachel, signifikant häufiger fixiert wird, als andere Bereiche bzw. Kacheln des Reizmaterials. Des Weiteren zeigte sich, dass eine Regelbrechung signifikant schneller fixiert wird als jede andere Kachel des Reizmaterials.

Das Design des Reizmaterials erlaubte es, einen Vergleich zwischen Salienzmodell und Regelbrechung als Vorhersagekriterium für Blickverhalten vorzunehmen. Da sich die Kacheln, ebenso wie der Zielreiz, hinsichtlich des Salienzmaßes nicht voneinander unterscheiden, kann aus der signifikant häufigeren, als auch der signifikant schnelleren Fixierung der Regelbrechung geschlossen werden, dass eine Regelbrechung eher fixiert wird, als jene Position, die aufgrund des hohen Salienzmaßes nach Itti und Koch (2000) Aufmerksamkeit auf sich ziehen sollte.

In der Literatur wird behauptet, dass eine Aufmerksamkeitsablenkung zu einem Anstieg der Reaktionszeit führt (Guilford, 1940; Rauschenberg & Yantis, 2001; Treisman & Gelade, 1980). In Durchgängen mit Singleton zeigen die Ergebnisse eine signifikant spätere Reaktion

durch die Versuchspersonen. Demensprechend kann begründet geschlossen werden, dass es in Durchgängen mit Singleton eine Aufmerksamkeitsablenkung gegeben hatte. Sowohl Treisman und Gelade (1980) als auch Rauschenberg und Yantis (2001) legen eine längere Reaktionszeit als Konsequenz für einen Mehraufwand aufgrund von Aufmerksamkeitszuweisungen aus, welche von den Autoren in ihren Studien auf die entsprechende Reizmanipulation beziehen. Es ist daher eine Möglichkeit, dass die Anwesenheit einer Regelbrechung dazu führt, dass das Auffinden des Zielreizes eine Verzögerung erfährt.

Die Frage, ob die Regelbrechung Aufmerksamkeit auf sich zieht, kann anhand der Auswertung der Fixationen, welche mithilfe des Eyetracking-Verfahrens aufgezeichnet wurden, weitergeführt und präziser beantwortet werden. Verwiesen sei auf die Annahme, Fixationen eines Objekts als Maß für Aufmerksamkeitszuweisung zu verstehen (Fuchs et al., 2010; Jonides & Irwin, 1981; Rayner, 1998).

Im Rahmen der Ergebnisanalyse wurden Vergleiche der Fixationshäufigkeiten vorgenommen. Es erfolgte der Vergleich sowohl zwischen Singleton und allen anderen Kacheln des Reizmaterials, zwischen dem Singleton mit allen anderen Kacheln exklusive der vier zentralen Kacheln, sowie zwischen dem Singleton mit jenen Kacheln des Relevanzbereiches, die ebenfalls für eine mögliche Singletonposition (Abbildung 3b) in Frage kamen. Schließlich wurde noch der Vergleich der Fixationshäufigkeit zwischen dem Singleton und allen Kacheln des Relevanzbereiches vorgenommen, die dieselbe räumliche Orientierung wie das Singleton aufwiesen. Der Vergleich der Fixationshäufigkeiten fiel in allen Fällen signifikant aus. Diese Ergebnisse sind in Abbildung 6 grafisch dargestellt.

Es kann basierend auf diesen Ergebnissen, sowohl bezüglich der Reaktionszeiten, als auch aufgrund der signifikant häufigeren Fixation auf das Singleton, angenommen werden, dass eine Regelbrechung Aufmerksamkeit auf sich zieht.

Eine Fortsetzung der Hinweise darauf, dass eine Regelbrechung Aufmerksamkeit auf sich zieht, findet sich in der Analyse zu den Latenzen der Fixationen. Von Interesse ist, ob

die Fixationen auf das Singleton schneller erfolgen, als auf alle anderen Kacheln. Die Messergebnisse der Fixationslatenzen wurden in Quintile aufgeteilt. Die geschah, um zu untersuchen, ob sich innerhalb des zeitlichen Bearbeitungsaufwandes Auffälligkeiten bezüglich der Fixationen, z.B. des Singletons, zugunsten eines bestimmten Latenzzeitpunktes finden lassen. Es zeigte sich, dass das Singleton signifikant schneller fixiert wurde, als die anderen Kacheln des Stimulus (Abbildung 7). Dieses Ergebnis zeigte sich in jedem Quintil.

Neben den Fixationshäufigkeiten und Fixationslatenzen wurde auch die Fixationsdauer der jeweiligen Kachelarten untersucht. Die Messungen ergaben, dass das Singleton durchschnittlich annähernd gleich lang fixiert wurde wie alle anderen Kacheln. Es wurde kein signifikanter Unterschied gezeigt. Irwin (2004) postuliert, dass die Fixationsdauer relativ zum notwendigen kognitiven Verarbeitungsaufwand ist. Basierend auf dieser Annahme kann gesagt werden, dass sich das Singleton und alle anderen Kacheln hinsichtlich des notwendigen Aufwandes, um die enthaltenen Informationen zu verarbeiten, nicht unterscheiden. Da es sich bei der Regelbrechung bzw. dem Singleton lediglich um eine rotierte Kachel handelte, somit der vermeidliche Informationsgehalt identisch sein sollte, entsprechen diese Ergebnisse den Erwartungen.

Orientiert man sich an der Aussage von Irwin (2004) kann dieses Ergebnis auch als Bestätigung dafür gelten, dass auf der Position des Singleton keinerlei Informationen enthalten waren, die einen kognitiven Mehraufwand und somit eine länger Fixation nötig gemacht hätten. Dies erweitert den Schluss, dass die Aufmerksamkeitszuweisung auf die entsprechende Singletonposition rein aufgrund der Regelbrechung erfolgte. Aufgrund der bisher erläuterten Ergebnisse kann die Frage, ob eine Regelbrechung Aufmerksamkeit auf sich zieht, positiv beantwortet werden. Weiterführend kann anhand der erhobenen Messergebnisse bestätigt werden, dass ein regelverletzendes Singleton schneller (Latenz) und öfter (Fixationshäufigkeiten) fixiert wurde, als alle anderen Kacheln, allerdings nicht länger (Fixationsdauer).

Wie in den Studien von Itti und Baldi (2009) sowie Horstmann (2002, 2005), finden sich somit auch bei den Messungen im Rahmen dieser Arbeit aussagekräftige Hinweise darauf, dass Regelbrechungen – im Falle von Itti und Baldi (2009) gilt es den Terminus Erwartungsbrechungen zu ergänzen – Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Mit Verweis auf Rauschenberg und Yantis (2001) kann außerdem gesagt werden, dass die Umkehr der Erkenntnis, dass ein unerwartet auftretendes Objekt als Folge einer spezifischen Gestaltung (Gestaltgesetz), in der Form, dass eine unerwartete Verletzung einer spezifischen Regel ebenfalls Aufmerksamkeit auf sich ziehen könnte, wahrscheinlich zutrifft.

Des Weiteren widmete sich diese Arbeit dem Vergleich von Erwartungsbrechung und Salienzmodell als Vorhersageinstrument für Aufmerksamkeitszuweisungen. Itti und Baldi (2009) haben in ihrer Arbeit eine bessere Vorhersagewahrscheinlichkeit zugunsten der Erwartungsbrechungen postuliert. Im Gegensatz zu Itti und Baldi (2009) wurde in dieser Untersuchung kein dynamisches Reizmaterial mit punktuellen Manipulationen sondern statistisches Reizmaterial vorgegeben.

Würden die Merkmalsdimensionen einer Reizeinheit, d.h. die Salienz wie von Itti und Koch (2000) behauptet, für Aufmerksamkeitszuweisungen determinierend sein, so hätten sich die Fixationshäufigkeiten über alle Versuchsbedingungen hinweg regelmäßig auf alle Kacheln des Reizmaterials verteilt. Dies war, wie gezeigt, nicht der Fall. Die definierte Erwartungsbrechung wurde signifikant öfter fixiert, als alle üblichen Merkmalsträger.

Des Weiteren würde sich im Falle, dass das Salienzmodell von Itti und Koch (2000) stärkere Geltung hätte, kein Unterschied bei den Latenzen zwischen allen Kachelarten zeigen. Die Regelbrechungen wurden über alle Stimulusbedingungen signifikant schneller fixiert. Selbst bei einer Unterteilung der Latenzen in Quintile zeigte sich innerhalb jedes Quintils ein signifikanter Unterschied zugunsten der Regelbrechung.

Die Ergebnisse, welche zeigen, dass Regelbrechungen schneller und öfter fixiert wurde, bestätigen somit nicht nur die Hypothese, eine Regelbrechung würde Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Sie bestätigen weiterführend auch, dass eine Regelbrechung zur Vorhersage von Aufmerksamkeitszuweisungen besser geeignet ist, als das Salienzmodell.

Basierend auf den Aussagen über das Hervorstechen von Reizen (z.B., Desimone & Duncan, 1995; Treisman & Gelade, 1980), den Untersuchungen von Horstmann (2002, 2005), jener von Itti und Baldi (2009) und auch auf den Ergebnissen dieser Studie gegründet, kann bestätigt werden, dass offenkundig mache Fixationspunkte in Abhängigkeit von ihrer Eigenschaft vor anderen ausgewählt werden. Es scheint somit so zu sein, dass eine Lokalisation, welche eine Regelbrechung darstellt, in der seriellen Abfolge mit hoher Wahrscheinlichkeit vor einem Punkt fixiert wird, der sich von seiner Umgebung rein durch höhere Ausprägung der Salienzdimensionen nach Itti und Koch (2000) von seinem Umfeld abhebt.

Ausblick. Um die Bedeutung von Regelbrechungen für Aufmerksamkeitszuwendungen weiterführend zu untersuchen, bieten sich folgende Punkte an, die an diese Arbeit anschließen könnten. So wäre es sinnvoll zu untersuchen, ob sich die hier dargestellten Ergebnisse in ähnlicher Weise zeigen, wenn die Regelbrechung in Reizanordnungen eingebettet wird, die eine höhere Komplexität aufweisen. Es würde sich anbieten zu untersuchen, ob eine Regelbrechung auch in einer anderen Regelkonstruktion als der punktsymmetrischen Anordnung, z.B. in seriell wiederholender Gesetzmäßigkeit, konzipiert wird. Ziel einer Vorgabe mit abgeänderter Anordnungsregel wäre es, die empirische Gültigkeit der im Rahmen dieser Arbeit postulierten Aussage, Regelbrechungen würden Aufmerksamkeit auf sich ziehen, weiter abzusichern. In weiterer Folge wäre es von Interesse, ob sich die Ergebnisse auch bei der Vorgabe von natürlichen Szenen zeigen, z.B. bei manipulierten Fotografien als Reizmaterial. Dies würde Aufschlüsse darüber geben, inwieweit Regelbrechungen in Alltagssituationen Einfluss auf die Aufmerksamkeitsleistung nehmen.

Ein weiterer Punkt von Interesse für weiterführende Forschung wäre der folgende: Es wird angenommen, dass das visuelle Verarbeitungssystem visuelle Szenen bzw. die darin enthaltenen Reizeigenschaften in Form von Sinuswellen verarbeitet. Des Weiteren nimmt man an, dass das visuelle System über Kanäle verfügt, die auf bestimmte Frequenzen eingestellt sind (Stromeyer & Julesz, 1972). Dabei sind räumliche Frequenzen definiert als sich periodisch wiederholende Balken mit abwechselnder Helligkeit. Die räumliche Frequenz hat dabei zwei Parameter, die Amplitude (d.h. die Helligkeit) und eben die Frequenz, die in der Anzahl der Zyklen pro Grad des visuellen Winkels ausgedrückt wird (Goldstein, 1992). Es scheint so zu sein, dass hohe räumliche Frequenzen für feine Details und tiefere räumliche Frequenzen für die Repräsentation gröberer Eigenschaften zuständig sind. Im Falle einer Mustererkennung wäre es demnach notwendig, die Oberflächenstruktur des zu verarbeitenden Reizes erst in Frequenzen zu übersetzen (Goldstein, 1992). Es wäre somit möglich, sich dem Thema der Regelbrechung, innerhalb des Themas der Mustererkennung, auch unter dem Gesichtspunkt der Raumfrequenz zu widmen. Es wäre anzudenken, ein regelmäßiges Muster mit unterschiedlicher Hoch- bzw. Tiefpassfilterung zu manipulieren. Als Tief- bzw. Hochpassfilter bezeichnet man elektronische Filter, die Frequenzen im unteren Bereich (Tiefpass) oder oberhalb einer gewissen Frequenz passieren lassen (Goldstein, 1992).

Würde die Frequenz der räumlichen Informationen für die Mustererkennung relevant sein, könnten bei unterschiedlichen Frequenzhöhen bzw. -tiefen eines Reizmaterials mit Regelbrechung, die Messungen der Fixationsdaten sowie etwaige Reaktionszeiten neue Erkenntnisse zur Mustererkennung hervorbringen.

5. Literaturverzeichnis

- Abrams, R. A., & Christ, S. E. (2003). Motion onset captures attention. *Psychological Science*, 14 (5), 427-432.
- Ansorge, U., Horstmann, G., & Carbone, E. (2005). Top-down contingent capture by color: evidence from RT distribution analyses in a manual choice reaction task. *Acta Psychologica*, 120, 243–266.
- Ansorge, U., & Leder, H. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*. Wiesbaden: Springer Verlag.
- Baldi, P., & Itti, L. (2005). Attention: bits versus wows (invited paper). *ICNN&B'05 Key-note Speech*, 56-61.
- Becker, S. I., & Horstmann, G. (2011). Novelty and saliency in attentinal capture of unannounced motion singletions. *Acta Psychologica*, 136, 290-299.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual review of neuroscience*, 18, 193-222.
- Engmann, S., 'T Hart, B. M., Sieren, T., Onat, S., König, P., & Einhäuser, W. (2009). Saliency on a natural scene background: effects of color and luminance contrast add linearly. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71 (6), 1337-1352.
- Findlay, J. M., & Walker, R. (1999). A model of saccade generation based on parallel processing and competitive inhibition. *Behavioral and brain science*, 22, 661-721.
- Franconeri, S. L., & Simons, D. J. (2005). The dynamic events that capture visual attention: a reply to Abrams and Christ (2005). *Perception & Psychophysics*, 67 (7), 962-966.
- 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.

- Fuchs, I., Ansorge, U., Redies, C., & Leder, H. (2011). Saliency in paintings: bottom-up influence on eye fixations. *Cognitive Computation*, 3 (1), 25-36.
- Goldberg, M. F., & Wurtz, R. (1972). Activity of superior colliculus in behaving monkey: Effect of attention on neuronal responses. *Journal of Neurophysiology*, 35 (4), 560-574.
- Goldstein, E. B. (1992/2007). *Sensation and Perception*. (8th ed.). Belmont, CA: Wadsworth. (Erstausgabe erschienen 1992)
- Guilford, J. P., Ewart, E. (1941). Reaction-time during distraction as an indicator of attention-value. *The american journal of psychology*, 53 (4), 554-563.
- Häcker, H. O., & Stapf, K. H. (2004). *Dorsch. Psychologisches Wörterbuch*. Bern: Hans Huber Verlag.
- Horstmann, G. (2002). Evidence for attentional capture by a surprising color singleton in visual search. *Psychological science*, 13 (6), 499-505.
- Horstmann, G. (2005). Attentional capture by an unannounced color singleton depends on expectation discrepancy. *Journal of Experimental Psychologie*, 31 (5), 1039-1060.
- Irwin, D. E. (2004). Fixation Location and Fixation Duration as Indices of Cognitive Processing. In M. Henderson & F. Ferreira [Eds.], *The interface of language, vision, and action: Eye movements and the visual world* (pp. 94-119). New York, NY: Psychology Press.
- Itti, L., & Baldi, P. (2009). Bayesian surprise attracts human attention. *Vision Research*, 49, 1295-1306.
- Itti, L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision Research*, 40, 1489-1506.
- Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transaktion on pattern analysis an machine intelligence*, 20, Nr. 11.

- James, W. (1890/1999). *The Principles of Psychology (Vol. I)*. Reprinted Bristol: Thoemmes Press. (Original erschienen 1890, bei Henry Holt, New York, NY)
- Jonides, J., & Irwin, D. E. (1981). Capturing attention. *Cognition*, 10, 145-150.
- Kolb, C. F., & Braun, J. (1995). Blindsight in normal observers. *Nature*, 377, 336 – 338.
- Koch, C., & Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4, 219-227.
- Koch, K. R., (2000). *Einführung in die Bayes-Statistik*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Meyer, W. U., Reisenzein, R., & Schützwohl, A. (1997). Towards a process analysis of emotion: the case of surprise. *Motivation and Emotion*, 21 (3), 251-274.
- Mohler, C. W., & Wurtz, R. H. (1976) Organization of monkey superior colliculus: Intermediate layer cells discharging before eye movements. *Journal of Neurophysiology*, 39 (4), 722-744.
- Müsseler, J. (2008). Visuelle Wahrnehmung. In J. Müsseler [Ed.], *Allgemeine Psychologie* (2nd ed., pp. 15-58). Berlin, Deutschland: Springer-Verlag.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York, NY: Appleton-Century-Crofts.
- Niebur, E., & Koch, C. (1996). Control of selective visual attention: modeling the ‘where’ pathway. In D. Touretzky, M. Mozer, & M. Hasselmo [Eds.], *Advances in neural information processing systems* (NIPS 1995, pp. 802–808). Retrieved from <http://books.nips.cc/papers/files/nips08/0802.pdf>
- Parkhurst, D., Law, K., & Niebur, E. (2002). Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention. *Vision Research*, 42, 107-123.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly journal of experimental psychology*, 32 (1), 3-25.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D.G. Bouwhuis [Eds.], *Attention and Performance X*. (pp. 395-416). Hillsdale, NJ: Erlbaum associates.

- Rauschenberg, R., & Yantis, S. (2001). Attentional capture by globally defined objects. *Perception & Psychophysics*, 63 (7), 1250-1261.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124 (3), 372–422.
- Rosendahl, I. (2001). *Der Einfluss auffälliger Reize auf die Aufmerksamkeit*. München: Herbert Utz Verlag.
- Peters, R. J., Iyer, A., Itti, L., & Koch, C. (2005). Components of bottom-up gaze allocation in natural images. *Vision Research*, 45, 2397-2416.
- Rötting, M. (2001). Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen. *Schriftreihe Rationalisierung und Humanisierung*, 34. Aachen: Shaker.
- Stromeyer, C. F., & Julesz, B. (1972). Spatial-Frequency masking in vision: Critical bands and spread of masking. *Journal of the optical society of America*, 62 (10), 1221-1232.
- Tatler, B. W., Baddeley, R. J., & Gilchrist, I. D. (2005). Visual correlates of fixation selection: effects of scale and time. *Vision Research*, 45, 634-659.
- Theeuwes, J. (1995). Abrupt luminance change pops out; abrupt color change does not. *Perception & Psychophysics*, 57 (5), 637-644.
- Theeuwes, J. (2004). Top-down search strategies cannot override attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11 (1), 65-70.
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135, 77-99.
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: evidence from search asymmetries. *Psychology Review*, 95 (1), 15–48.

van der Heijden, A. H. C. (2004). *Attention in vision: perception, communication and action*.

New York, NY: Psychology press.

Wertheimer, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt II. *Psychologische Forschung*, 4, 301–350.

Wolfe, J. M. (1994). Visual search in continuous, naturalistic stimuli. *Vision Research*, 34 (9), 1187–1195.

Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2004). What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? *Nature Reviews. Neuroscience*, 5(6), 495–501.

Yantis, S. (1993). Stimulus-driven attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19 (3), 376-381

Yantis, S. (1998). Control of visual attention. In H. Pashler (Ed.), *Attention* (pp. 223-256) East Sussex, England: psychology press.

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.

Xu, T., Mühlbauer, Q., Sosnowski, S., Kühnlenz, K., & Buss, M. (2008). Looking at the surprise: bottom-up attentional control of an active camera system. *10th Intl. conf. on control, automation, robotic and vision*, 17-20 December 2008, Hanoi

6. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	Die Antwortgenauigkeit je Versuchsperson in Prozent bzw. in d' -Werten	40
<i>Abbildung 1:</i>	Das Salienzmodell nach Itti und Koch (2000)	18
<i>Abbildung 2:</i>	Die Versuchsanordnung von Rauschenberg und Yantis (2001)	27
<i>Abbildung 3:</i>	a) Durchgänge inkl. Regelbrechung b) Grundstruktur der Stimulusoberfläche mit Relevanzbereich c) kreisförmige Trübung des Zielreizes	33
<i>Abbildung 4:</i>	zeigt die Abfolge der Vorgabe einer Durchgänge	36
<i>Abbildung 5:</i>	Analyseergebnisse der Reaktionszeit je Quintil	42
<i>Abbildung 6:</i>	gemittelte Anzahl der Fixationen für verschiedene Kachelarten	44
<i>Abbildung 7:</i>	die Ergebnisse zur Latenzanalyse	47

7. Curriculum Vitae

Angaben zur Person:

Name: Florian Klemens Klinger
Geburtsdatum: 24-11-1982
Geburtsort: 8570 Voitsberg, Österreich
Emailadresse: florian.k.klinger@gmail.com

Bildungsweg:

2004 – dato: Diplomstudium Psychologie (1. Abschnitt: 27-06-2008)
2003 – 2004: Diplomstudium Skandinavistik
2002 – 2003: Präsenzdienst
1997 – 2002: Handelsakademie Voitsberg (Reife- und Diplomprüfung:
25-06-2002)
1993 – 1997: BG & BRG Köflach, humanistischer Zweig
1989: Einschulung

psychologische Berufserfahrung:

2010 – dato: Studienassistent am Institut f. psychologische Grundlagenfor-
schung
2010/05-08: Praktikum am Institut f. psychologische Grundlagenforschung