



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Ausgerechnet Fehler in Fotos ziehen die
Aufmerksamkeit an

Verfasserin

Kristina Staudt

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im März 2012

Studienkennzahl:	298
Studienrichtung:	Psychologie
Betreuer:	Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Ulrich Ansorge danken für die Möglichkeit in einem äußerst spannenden Teilgebiet der Psychologie meine Diplomarbeit verfasst haben zu dürfen. Nicht nur ihm danke ich für die begleitende Betreuung, sondern besonders auch Frau Mag. Isabella Fuchs, die mir bei der Durchführung und Auswertung der Studie unterstützend zur Seite stand und mir jegliche Fragen beantwortet hat.

Ein besonderer Dank gilt vor allem aber auch meiner Familie. Insbesondere möchte ich hier meinen Eltern danken, die nicht nur stets hinter mir gestanden sind und mich moralisch unterstützt haben, sondern mir ein Studium in finanzieller Hinsicht überhaupt erst ermöglicht haben. Besonders danken möchte ich meiner Mutter für diverse fruchtbare Diskussionen und für das Korrekturlesen der vorliegenden Arbeit.

Zusammenfassung

Ziehen Fehler in Fotografien von natürlichen Szenen die Aufmerksamkeit an? Dieser Frage wird in der vorliegenden Arbeit nachgegangen, wobei unter einem Fehler eine Verletzung der Regularität der globalen Orientierung in einem Stimulusbild verstanden wird. Diese Regelverletzung wird durch die Drehung einer der Kacheln des in 64 imaginäre Kacheln aufgeteilten quadratischen Stimulusbildes erzeugt. Eine Regel kann nur dann verletzt werden, wenn diese vorhanden ist. In einem frühen Stadium der visuellen Wahrnehmung kann eine solche Erwartung bezüglich einer vorherrschenden Regularität in einem Bild sehr schnell über die globale Ausprägung der Orientierungen, repräsentiert durch die niedrigen Raumfrequenzen, erkannt werden. Die Hälfte der verwendeten Stimulusbilder weist eine hohe Konsistenz an Orientierungen auf, eine Regularität der Orientierungen in diesen Bildern ist deutlich zu erkennen, während dies bei der anderen Hälfte der Bilder nicht der Fall ist. Bei orientierten Stimulusbildern fällt folglich eine Regelverletzung in Form einer gedrehten Kachel mehr ins Gewicht als dies bei nicht orientierten Stimulusbildern der Fall ist. Die Versuchspersonen hatten eine Suchaufgabe zu bewältigen, wobei sie entscheiden mussten, ob ein Zielreiz, in Form einer verschwommenen Scheibe auf einer der Kacheln, vorhanden war oder nicht.

Die Suchaufgabe wurde von allen Versuchspersonen adäquat bearbeitet, wobei die Antwortgenauigkeit in Durchgängen ohne Regelverletzung besser war. Die Anwesenheit der Regelverletzung führte zu einer Verlangsamung der Reaktionszeit, wobei dieser zeitliche Mehraufwand über die gesamte Bearbeitungszeit hinweg gleich bleibt. Die Regelverletzung wurde insgesamt häufiger und länger fixiert, sowie auch der Beginn der Fixation auf die Regelverletzung im Allgemeinen früher erfolgte. Demnach lässt sich festhalten, dass Fehler, in Form einer Regelverletzung, die Aufmerksamkeit in Fotografien von natürlichen Szenen auf sich ziehen. Der erwartete Unterschied zwischen den beiden Stimulusgruppen (orientiert vs. nicht-orientiert) zeigte sich hingegen im vorliegenden Experiment nicht.

Abstract

Do faults in photographs of natural scenes capture attention? This is the question to handle within the following study in which faults are violations in global regularity of the dominating orientations. This rule-violation was produced through a 90°-rotation from one of the tiles of a stimulus picture, which was imaginary divided into 64 tiles. Regularity can only be violated, if there is one. In early vision an expectation about a global regularity can be built up by global orientations in a picture represented on low spatial frequencies (LSF). One half of the 64 pictures will have such a high regularity in LSF-orientation, the other 32 will not. In pictures with high LSF-orientation regularity the violation by the rotated tile will be of more consequence as in pictures with low LSF-orientation regularity. Participants had to perform a visual search task in which they had to decide if a target, that means a blurred disk on one of the tiles, is in the presented picture or not.

The performance in the search task was adequate for all participants. Participants performed better in trials without rule violation. The presence of rule violation produced longer reaction times. Additional temporal expenses were evenly distributed over the whole response time. Fixation on the rule violation was more often and longer, although fixation onsets on rule violation is in general earlier than on all other tiles. These results show, that faults in form of rule violations attract visual attention in photographs of natural scenes. There was no difference found between the two different stimulusgroups (oriented vs. not oriented pictures).

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG.....	5
ABSTRACT	7
1. EINLEITUNG	11
1.1 THEORETISCHE GRUNDLAGEN	12
1.2 MODELLE DER VISUELLEN AUFMERKSAMKEITSAUSRICHTUNG.....	13
1.3 GLOBALE STRUKTUR EINES STIMULUSBILDES	21
1.4 VOREXPERIMENTE	24
1.5 FRAGESTELLUNG	26
2. METHODEN	29
2.1 VERSUCHSPERSONEN.....	29
2.2 INSTRUMENTE UND MESSGERÄTE.....	29
2.3 STIMULUSMATERIAL.....	30
2.4 UNTERSUCHUNGSDESIGN	34
2.5 UNTERSUCHUNGSDURCHFÜHRUNG.....	35
2.6 DATENANALYSE	36
3. ERGEBNISSE	37
3.1 ANALYSE DER ANTWORTGENAUIGKEIT	37
3.2 ANALYSE DER REAKTIONSZEITEN	38
3.3 ANALYSE DER AUGENBEWEGUNGEN	41
3.3.1 <i>Fixationshäufigkeiten</i>	41
3.3.2 <i>Fixationsdauer</i>	42
3.3.3 <i>Beginn der Fixation</i>	43
4. DISKUSSION	45
LITERATUR	55
ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS.....	63
CURRICULUM VITAE	65

1. Einleitung

Auf das visuelle System des Menschen wirkt eine enorm große Menge an visuellen Informationen ein, die es aufgrund der eingeschränkten Kapazitäten des visuellen Apparates nicht komplett verarbeiten kann (Li, 2002). Deswegen ist es notwendig die visuelle Aufmerksamkeit auf Anteile des visuellen Inputs zu legen, die wichtig, bzw. von großer Bedeutung sind, d.h. die visuelle Verarbeitung muss selektieren. Dieses Herausfiltern, bzw. Selektieren der wichtigen Informationen des visuellen Inputs wird als visuelle Aufmerksamkeit verstanden (Fuchs, Ansorge, Redies & Leder, 2010). Was für diese Auswahl oder Zurückweisung von bestimmten eintreffenden Informationen verantwortlich ist, bzw. welche Faktoren die visuelle Aufmerksamkeit beeinflussen, prägt die Forschung bis in die Gegenwart.

Es werden verschiedene Modelle vorgeschlagen, die versuchen diese Selektion vorherzusagen. Eines davon ist das Salienz-Modell der Blicksteuerung von Itti, Koch und Niebur (1998). Dieses Modell sagt die Wahrscheinlichkeit der ersten fünf mit dem Auge fixierten Punkte eines dargebotenen visuellen Stimulus (Ansorge & Leder, 2011; Fuchs et al., 2010) aufgrund der Deutlichkeit der Reizeigenschaften der optischen Merkmale an den fixierten Bildpunkten vorher. Da dieses Modell der reinen reizgesteuerten Kontrolle unterliegt, ist es für die Vorhersage der Aufmerksamkeitsausrichtung nicht ausreichend. Itti und Baldi (2005; Baldi & Itti, 2005; Itti & Baldi, 2009) haben mit ihrem Modell der Überraschungserfassung dargelegt, dass Salienz alleine nicht ausreicht um die Blick- und Aufmerksamkeitsausrichtung vorherzusagen. Ihre Experimente zeigten, dass überraschende Stellen in Videoclips überdurchschnittlich häufiger fixiert wurden und damit deutlich besser für die Vorhersage der Blickausrichtung waren. Überraschend bedeutet neu und unerwartet, d.h. es muss eine gewisse Erwartung vorher generiert werden, die gebrochen werden kann. Dass solche unerwartenden plötzlich auftretenden Reize Aufmerksamkeit anziehen, konnten auch Horstmann (2002, 2005) und Rauschenberger und Yantis (2001) zeigen. Wie bereits festgehalten, kann eine Erwartung nur dann gebrochen werden, wenn sie vorher generiert wurde. Anhand der niedrigen Raumfrequenzen kann in einem frühen Stadium der visuellen Wahrnehmung eine globale Regularität erkannt werden, die zu einer Erwartungsgenerierung beim Betrachter führt. Eine Unterbrechung dieser Regularität stellt demnach eine Erwartungsverletzung dar. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht inwieweit eine solche Erwartungsverletzung in Form eines Fehlers in Fotografien die Aufmerksamkeitslenkung beeinflusst. Vorexperimente anhand eines Reizmosaiks mit Kreismuster haben diese Aufmerksamkeitslenkung der Regelverletzung bereits erfolgreich nachgewiesen.

Zur theoretischen Begründung der Fragestellung dieser Arbeit werden, nachdem die theoretischen Grundlagen (siehe Abschnitt 1.1) erläutert wurden, die Modelle der visuellen Aufmerksamkeitslenkung beschrieben (siehe Abschnitt 1.2). In Abschnitt 1.3 wird die visuelle Wahrnehmung einer Regularität in einem Stimulusbild basierend auf den niedrigen Raumfrequenzen näher beleuchtet, bevor in Abschnitt 1.4 die bereits durchgeführten Vorexperimente kurz zusammengefasst erläutert werden. Auf Basis dieses theoretischen Hintergrundes wird die konkrete Fragestellung dieser Arbeit in Abschnitt 1.5 hergeleitet.

Die konkrete Durchführung des Experiments wird in Abschnitt 2 erläutert und in Abschnitt 3 die Ergebnisse belegt. In Abschnitt 4 werden die Ergebnisse und Implikationen für Folgeuntersuchungen diskutiert.

1.1 Theoretische Grundlagen

Zwei grundlegende Mechanismen der Aufmerksamkeit haben sich im Verlauf der Forschung zunehmend für die Kontrolle des Selektionsprozesses herauskristallisiert: die reizgesteuerte (engl. „bottom-up“) und datengeleitete, zielgesteuerte (engl. "top-down“) Verarbeitung (Desimone & Duncan, 1995; Treisman & Gelade, 1980). Die reizgesteuerte Verarbeitung erfolgt sehr schnell und hat daher in der frühen visuellen Verarbeitung einen höheren Anteil. Sie wird als ausschließlich von einem Reiz, bzw. der Deutlichkeit der Reizeigenschaften ausgelöst und weitgehend automatisch ablaufenden Prozess verstanden, der wenig von den kognitiven Funktionen, wie Gedächtnis, Lernen etc., beeinflussbar ist (Müssler, 2008). „Langsamer“ hingegen ist die datengeleitete, zielgesteuerte Verarbeitung mit variablen Selektionskriterien, die unter kognitiver, willentlicher Kontrolle den Fokus der Aufmerksamkeit lenkt (Itti & Koch, 2000).

Bei der Erforschung der visuellen Aufmerksamkeit geben Augenbewegungen einen Einblick in die Funktionen des Aufmerksamkeitssystems (Henderson, 2003), d.h. sie dienen u.a. dem Verständnis welche Bildmerkmale die Aufmerksamkeit anziehen (Fuchs et. al., 2010). Augenbewegungen, sogenannte Sakkaden, werden als schnelle ruckartige Bewegungen der Augen bezeichnet, die den Blick auf eine neue Stelle, und dadurch die Region der Fovea centralis, mit der optimales, scharfes Farbsehen mit hoher räumlicher Auflösung erfolgen kann, auf diese Stelle ausrichten (Findlay & Walker, 1999). Während dem aktiven Überblicken der Situation erfolgen diese Sakkaden mehrmals pro Sekunde, wobei sie als willentliche Bewegungen gelten, die im Allgemeinen höchst automatisiert ablaufen. Sie werden genutzt um ein bestimmtes Ziel zu suchen oder sich hin zu neuen Ereignissen im visuellen Feld zu orientieren. Demnach dienen Blickbewegungen der

Fokussierung von Objekten und sind damit klar erkennliche Handlungsfolgen der Aufmerksamkeitsausrichtung (engl. „overt attention“) (Henderson, 2003), wobei eine Fokussierung, bzw. Fixation als relativer Stillstand des Auges bezüglich eines Objektes im Sehfeld verstanden wird (Henderson, 2003; Rayner, 1998). Im Gegensatz zu dieser offenen Aufmerksamkeit (engl. „overt attention“), wie dies bei einer Fixation der Fall ist, steht die verdeckte Aufmerksamkeit (engl. „covert attention“), die eine Aufmerksamkeitsausrichtung ohne Kopf- oder Augenbewegung allein auf Basis zentraler Prozesse meint (Posner, 1980). Posner (1980) konnte zeigen, dass die Zuwendung durch verdeckte Aufmerksamkeit zu Leistungsverbesserungen in Reaktionsaufgaben, in Sinne von höherer Reaktionsgenauigkeit und kürzerer Reaktionszeiten, führt. Demnach bringt Posner (1980) einen Beleg dafür, dass Augenbewegungen und Fixation nicht konsequenterweise immer gleich ausgerichtet sein müssen. Demzufolge wäre die Vorgehensweise, wie sie in der vorliegenden Arbeit angestrebt wird, die Blickausrichtung mit dem Wahrnehmungsgegenstand einer Versuchspersonen gleichzusetzen, unzulässig. Henderson (2003) postuliert hingegen, dass offene und verdeckte Aufmerksamkeit, trotz dieser offensichtlichen Unterscheidung, in einem engen Wechselspiel zueinanderstehen. Ein getrenntes Studium dieser beiden Aufmerksamkeitsformen stuft er als irreleitend ein.

In Bezug auf Augenbewegungen, die durch einen spezifischen Zielreiz ausgelöst wurden, sprechen Findlay und Walker (1999) von zwei kennzeichnenden Maßen: die Metrik einer Sakkade, die die Richtung und die Amplitude der Augenbewegung angibt und die Latenz, die als Zeit vom Auftauchen des Zielreizes bis zum Beginn der Bewegung definiert wird. Diese Maße dienen als physiologische Größen in Untersuchungen zur selektiven, visuellen Aufmerksamkeit (z.B. Fuchs et al., 2010; Itti & Baldi, 2009; Parkhurst, Law & Niebur, 2002)

1.2 Modelle der visuellen Aufmerksamkeitsausrichtung

Im folgenden sollen nun Modelle vorgestellt werden, die der Erklärung für eine visuelle Aufmerksamkeitsausrichtung, bzw. des Selektionsprozesses der visuellen Aufmerksamkeit dienen. Die Modelle versuchen Erklärungen zu erläutern, die für eine Auswahl eines möglichen Fixationspunktes dienen. Sie gehen der Frage nach, wie, d.h. mit welchen Mechanismen, und warum, d.h. nach welchen Eigenschaften, es zur Auswahl des Fixationspunktes kommt.

Ein mögliches Modell, das eine solche visuelle Aufmerksamkeitsausrichtung vorhersagt, ist das Salienz-Modell der Blicksteuerung von Itti, Koch und Niebur (1998), das

die Wahrscheinlichkeit der ersten fünf mit dem Auge fixierten Punkte eines dargebotenen visuellen Stimulus vorhersagt (Ansorge & Leder, 2011; Fuchs et al., 2010). Die Vorhersage erfolgt dabei aufgrund der Salienz der optischen Merkmale an den fixierten Bildpunkten, wobei Salienz als Deutlichkeit von Reizeigenschaften verstanden wird. Eine schematische Darstellung des Salienzmodells zeigt Abbildung 1.

Das Salienzmodell von Itti, Koch und Niebur (1998) beruht auf neurophysiologischen Grundlagen der visuellen Verarbeitung im Cortex. Es hat unter anderem Bezug zur Merkmalsintegrationstheorie (engl. „Feature-Integration-Theory“; FIT) von Treisman und Gelade (1980) und zur Theorie der Aufmerksamkeitsverlagerung von Koch und Ullmann (1985), sowie es auf anderen Modellen aufgebaut ist, die ebenfalls einen biologisch-verständlichen Aufbau implizieren (Milanese, Gil & Pun, 1995). Allen diesen Modellen gemeinsam ist eine erste visuelle Verarbeitung von verschiedenen Merkmalen (Farbe, Kontrast, Orientierung etc.) in voneinander getrennten topographischen Merkmalskarten, wie dies auch in visuellen kortikalen Arealen der Fall ist (Itti et al. 1998). Diese topographisch getrennten Merkmalskarten entsprechen den retinotop voneinander getrennten Karten im visuellen System. Unter Retinotopie versteht man dabei einen Aufbau jeder Ebene des visuellen Systems wie eine Karte der Retina (Pinel, 2007). Benachbarte Stellen auf der Retina übertragen ihre Information an benachbarte Stellen in den kortikalen Zielregionen (Bear, Connors, Paradiso, 2009b), damit bleibt die Topographie der visuellen Stimulation auf der Netzhaut in den primären visuellen Regionen erhalten (Ansorge & Leder, 2011).

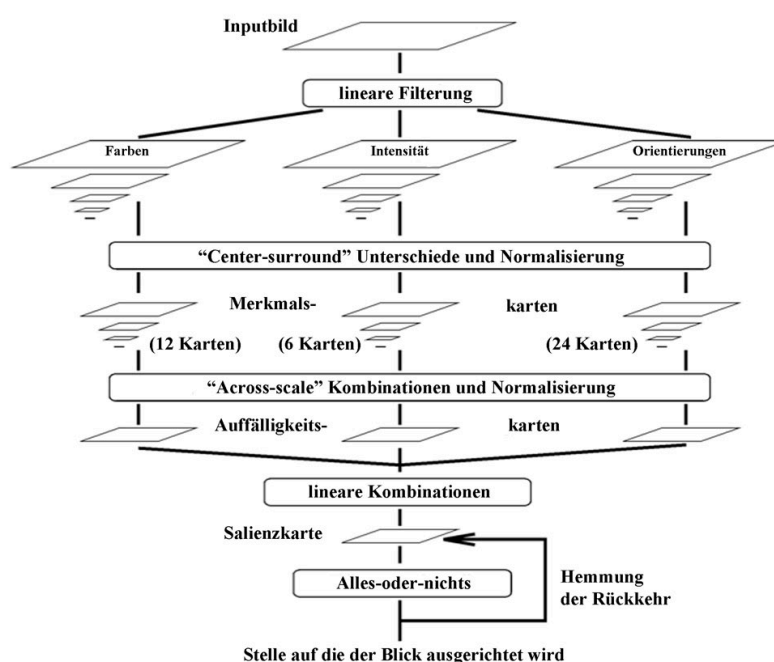


Abbildung 1: schematische Darstellung des Salienzmodells (modifiziert nach Itti, Koch & Niebur, 1998)

Die Salienz berechnet sich im Modell aus dem lokalen Reizmerkmalskontrast (Itti & Koch, 2001). Der visuelle Stimulus wird dabei in drei verschiedenen voneinander parallel verlaufenden Merkmalskanälen verarbeitet (Parkhurst et al. 2002). Je ein Kanal steht für Farbe, Orientierung und Intensität. Ähnlich zu den konzentrisch angeordneten antagonistischen Bereichen der visuellen rezeptiven Felder (Bear, Connors, Paradiso, 2009b), wird jedes dieser Merkmale durch eine bestimmte Anzahl an linearen Zentrum-Umwelt-Verrechnungen (engl. „center-surround operations“) berechnet (Itti et al. 1998). Es werden vier Farben (gelb, rot, blau, grün) und vier Orientierungen (0, 45, 90, 135°), sowie das Ausmaß des Helligkeitskontrastes verrechnet (Itti & Koch, 2000). Die Informationen aus diesen drei Merkmalskanälen werden durch insgesamt 42 Merkmalskarten repräsentiert (12 Merkmalskarten für Farbe, 24 für Orientierung und sechs für Intensität) (Itti et al. 1998). Die unterschiedlichen visuellen Informationen aus den insgesamt 42 verschiedenen Merkmalskarten mit unterschiedlichen Maßeinheiten müssen zu einer einzigen Salienzkarte mit einer Maßeinheit zusammengefasst werden (Itti & Koch, 1999). Die verschiedenen Merkmalskarten werden normalisiert und linear miteinander kombiniert (Itti & Koch, 1999). Bevor es zur Zusammenfassung zu einer einzigen Salienzkarte mit einheitlicher Einheit kommt, werden die verschiedenen Merkmalskarten der einzelnen Merkmalskanäle zu je einer „Auffälligkeitskarte“ (engl. „conspicuity map“) zusammengefasst (Itti et al. 1998). Diese drei „Auffälligkeitskarten“ für Farbe, Orientierung und Intensität werden schließlich zu besagter Salienzkarte kombiniert. Die drei voneinander getrennten Merkmalskanäle werden damit begründet, dass unterschiedliche Merkmale stark im Wettstreit um die Salienz stehen (Itti et al. 1998). Deswegen tragen die unterschiedlichen Merkmale unabhängig voneinander zur Salienzkarte bei. Die Salienzkarte zeigt die lokale Deutlichkeit jeder einzelnen Stelle im Bild unter Berücksichtigung der benachbarten Bildumgebung (Itti & Koch, 2000). Es wird zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Salienzkarte die hervorstechendste Stelle des Bildes, d.h. der Punkt, der am visuell wichtigsten erscheint, gezeigt (Itti et al. 1998; Parkhurst et al. 2002). Dieser salienteste Punkt zieht den Fokus der visuellen Aufmerksamkeit auf sich, weshalb der Blick auf diesen Punkt ausgerichtet wird. Biologisch wird dies dadurch erklärt, dass die Salienzkarte in ein neuronales sogenanntes „Alles-oder-nichts“-Netzwerk (engl. „winner-take-all“) (Feldman, 1982) eingespeist wird. Ein „Alles-oder-nichts“-Netzwerk ist ein auf Konkurrenz zurückzuführendes Rechenmodell (Maass, 2000) bei dem Neuronen im Wettbewerb zueinander stehen, nur die Informationen des Neurons mit der höchsten Aktivierung, dem „Gewinner“, werden weitergegeben (Feldman, 1982; Jin & Seung, 2002;

Oster & Liu, 2000). Das „Gewinner“-Neuron, zu dem jedes Neuron im Netzwerk werden kann, potenziert sich dabei selbst (Jin & Seung, 2002) und bewirkt gleichzeitig eine Ausschaltung aller anderen Neurone im Netzwerk über Rückwärtshemmung (Feldman & Ballard, 1982). Für die Salienzkarte bedeutet dies demnach, dass nur die aktivste, bzw. in diesem Fall salienteste Stelle des Bildes (= „Gewinner“) ins Gewicht fällt, während alle anderen Bildpunkte unterdrückt werden (Itti et al. 1998). Ist der salienteste Punkt in einem Bild fixiert, so setzt ein weiterer Prozess ein, die „Unterdrückung der Rückkehr“ (engl. „inhibition of return“). Diese „Unterdrückung der Rückkehr“, ursprünglich von Posner und Cohen (1984) beschrieben, führt zu einer Hemmung eines bereits fixierten Punktes für einen gewissen Zeitraum, dieser Punkt wird daher für diesen Zeitraum nicht wieder anvisiert (Klein, 2000; Posner, Cohen & Rafal, 1982). Da dieser Effekt auf der lokalen Position basiert (Hu, Samuel & Chan, 2011; Kwak & Egeth, 1992), kommt es zu einer lokalen Hemmung in der Salienzkarte, so dass der Fokus der Aufmerksamkeit auf den zweit-auffälligsten Punkt ausgerichtet wird (Itti et al. 1998). In einer Zeit von etwa 30-70ms springt der Fokus der Aufmerksamkeit von einem salienten Bildpunkt zum nächsten und die zuvor beachtete Stelle im Bild ist für etwa 500-900ms gehemmt, d.h. sie wird für diese Zeit kein weiteres Mal mit dem Blick fixiert (Itti et al. 1998). Sind dabei zwei weitere Bildpunkte gleich salient, so wird der Punkt fixiert, der näher am vorausgegangen Fokus der Aufmerksamkeit liegt (Itti & Koch, 2000).

Überprüft wurde das Salienzmodell unter anderem von Parkhurst et al. (2002). Die Versuchspersonen sollten im Experiment ohne bestimmte Aufgabe Fotos aus vier verschiedenen Kategorien (Innenrichtung, natürliche Landschaften, Häuser & städtische Szenen, computerbasiert erzeugte Fraktale) betrachten, wobei ihre Blickbewegungen mittels Eyetracker aufgezeichnet wurden. Es zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen den salientesten Punkten, berechnet durch das Salienzmodell, und den Bildpunkten, die mit dem Blick fixiert wurden. Diese Korrelation war signifikant höher für Fraktale als für Bilder aus allen anderen Kategorien. Dies führten die Autoren auf unterschiedliche reizgesteuerte Eigenschaften der Stimuli aus unterschiedlichen Bildkategorien zurück, sowie auf den möglichen Einfluss von Erwartungen und Erfahrungen. Weiters konnte die Forschergruppe zeigen, dass der Merkmalskanal Farbe und Intensität die Aufmerksamkeitsausrichtung stärker beeinflusste als der Merkmalskanal für Orientierung. Eine Ausnahme stellen hier Bilder der Kategorie „Häuser & städtische Szenen“ dar. In dieser Bildkategorie fiel der Merkmalskanal Orientierung mehr ins Gewicht als der Farbmerkmalskanal.

Beschränkt ist dieses Modell auf die reine reizgesteuerte (engl. „bottom-up“) Kontrolle, d.h. dass Eigenschaften des visuellen Reizes Aufmerksamkeit anziehen (Itti & Koch, 2000). Es beschäftigt sich demnach nur mit den Lokalisationen in einem Bild, nicht mit der Identifikation von Inhalten des visuellen Stimulus. Damit hat das Salienz-Modell nur eine eingeschränkte Gültigkeit, da es zielgerichtete, willentliche Anteile der visuellen Verarbeitung außer Acht lässt. Das heißt Betrachtermerkmale, wie Absicht oder Erfahrungen, ohne die die visuelle Suche überhaupt nicht möglich wäre, werden im Modell nicht berücksichtigt. Cerf, Frady und Koch (2009) erweiterten das ursprüngliche Salienz-Modell um einen weiteren Merkmalskanal für semantische Informationen wie zum Beispiel Gesichter und Text. Mit dieser Erweiterung konnten sie eine Verbesserung der Blickvorhersage in Bildern von natürlichen Szenen erreichen. Trotz dieser Erweiterung wurden zielgerichtete Anteile der visuellen Verarbeitung nicht berücksichtigt, demzufolge ist das Salienz-Modell weiterhin in seiner Aussagefähigkeit eingeschränkt. Im Weiteren sollen deshalb nun Erkenntnisse aus Untersuchungen zur Blick- und Aufmerksamkeitszuwendung dargelegt werden, die die Aussagekraft des Salienz-Modells übertreffen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der Blick- und damit die Aufmerksamkeitszuwendung hin zu Stimuli erfolgt, die sich räumlich oder zeitlich von ihrem Umfeld, bzw. Hintergrund abheben, bzw. daraus hervorstechen (Desimone & Duncan, 1995). Das Hervorstechen allein aufgrund der Deutlichkeit von Reizeigenschaften (= Salienz) ist nicht die alleinige ausreichende Erklärung für Blick- und Aufmerksamkeitsausrichtung. Stimuluseigenschaften, die ebenfalls dem Prinzip des „Hervorstechens“ folgen sind: Neuartigkeit, plötzliches überraschendes Auftreten, Einzigartigkeit unter homogenen Distraktoren, Bewegung, Größe und Veränderung der Helligkeit des dargestellten Stimulus, sowie Flimmern und „weißes Rauschen“ (z.B. Becker & Horstmann, 2011; Horstmann 2002, 2005; Itti & Baldi, 2009; Rauschenberger & Yantis, 2001; Theeuwes, 1995)

Als „neuartig“ kann ein Stimulus nur dann eingestuft werden, wenn eine Diskrepanz zwischen einem aktuellen Ist-Wert und einem erwarteten Soll-Wert für eine/n BetrachterIn entsteht. Daraus lässt sich schließen, dass die individuelle Erwartung von BetrachterInnen eine entscheidende Rolle bei der Aufmerksamkeitsausrichtung spielt. Stimuli die nicht der Erwartung der BeobachterInnen entsprechen ziehen den Blick und die Aufmerksamkeit auf sich. In der Aufmerksamkeitsforschung spricht man in diesem Fall von „Überraschungserfassung“ (engl. „surprise capture“). Ausgelöst wird Überraschung folglich durch unerwartete, neue oder gewohnheitswidrige Ereignisse, bzw. Ereignisse, die von den aktivierten kognitiven Schemata abweichen (Darwin, 1965; Horstmann, 2002; Horstmann &

Schützwohl, 1998; Meyer & Niepel, 1994; Meyer, Niepel & Schützwohl, 1994; Schützwohl, 1998; Schützwohl & Horstmann, 1999). Schemata werden dabei als organisierte Wissensstrukturen beschrieben, die unsere Wahrnehmung und Handlungen sowie unser Denken kontrollieren, und können als Art informelle Theorien über Objekte, Ereignisse und Ereignissequenzen als auch Handlungen und Handlungssequenzen verstanden werden (Rumelhart, 1984). Kommt es demnach zu einer Diskrepanz zwischen aktuellen Gegebenheiten und aktiviertem kognitiven Schema, die einen gewissen Schwellenwert überschreitet, so wird Überraschung ausgelöst (Horstmann & Schützwohl, 1998; Meyer et al. 1994; Schützwohl, 1998; Schützwohl & Horstmann, 1999).

Nach Itti und Baldi (2009) sind zwei grundlegende Faktoren für die Definition von Überraschung entscheidend: Zum einen kann Überraschung nur dann auftreten, wenn eine Unsicherheit über das Auftreten einer Begebenheit oder eines Reizes besteht. Auf der anderen Seite steht Überraschung in engem Bezug zu den Erwartungen eines individuellen Betrachters und kann daher nur in relativer, subjektiver Art und Weise definiert werden. Itti und Baldi (Baldi & Itti, 2005; Itti & Baldi, 2005, 2009) machen die Unsicherheit über das Auftreten eines Reizes mit wahrscheinlichkeitstheoretischen Mitteln (über das Bayessche Wahrscheinlichkeitstheorem) mathematisch erfassbar. Über dieses mathematische Modell wird der Faktor „Überraschung“ operationalisierbar und damit in mess- bzw. kalkulierbare Ergebnisse überführbar gemacht. Gemessen wird „Überraschung“ dabei über die Differenz des Faktors Erwartung vor und nach Eintreten eines Ereignisses (Baldi & Itti, 2005). Je größer diese Differenz zwischen diesen Erwartungsschätzungen ist, desto größer ist die Überraschung, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer Aufmerksamkeitszuwendung. In den Experimenten von Itti und Baldi (2005; Baldi & Itti, 2005; Itti & Baldi, 2009) wurden den Versuchspersonen Videoclips präsentiert, die Außenaufnahmen zu Tages- oder Nachtzeit, Videospiele und allgemein bekanntes Fernsehprogramm inklusive Nachrichten, Sport und Werbung zeigten. Die Aufgabe der Versuchspersonen, deren Augenbewegungen mittels Eyetracker verfolgt wurden, war es den Hauptakteuren und Haupt-Handlungssträngen zu folgen, um am Ende des Experiments Verständnisfragen zu Zusammenhängen in den gezeigten Videoclips beantworten zu können. Neben Überraschung als Aufmerksamkeitsmaß wurden auch weitere Maße für die Aufmerksamkeit vergleichend betrachtet, darunter Salienz und Entropie. Es zeigte sich, dass überraschende Punkte in Videoszenen die Blicke auf sich ziehen. Diese Punkte, die überraschender als der Durchschnitt waren, wurden deutlich öfter fixiert. 72% der Blicksakkaden wurden auf diese Punkte ausgerichtet (Baldi & Itti, 2005; Itti

& Baldi, 2009). Überraschung konnte dabei am besten die Blickausrichtungen erklären, um 20% besser als Salienz und 60% besser Entropie (Itti & Baldi, 2009).

Horstmann (2002, 2005; Horstmann & Becker, 2011) konnte ebenfalls zeigen, dass Erwartungsbrechungen visuelle Aufmerksamkeit auf sich lenken. Er baute in seinen Experimenten eine Erwartung bezüglich der Hintergrundfarbe von Zielreiz, bzw. den ablenkenden Reizen (= Distraktoren) über den Verlauf seiner Experimente auf. Horstmann (2002, 2005; Horstmann & Becker, 2011) implizierte in seinen Versuchen eine Suchaufgabe, die Versuchspersonen hatten die Aufgabe Zielreiz-Buchstaben (U und H) unter einer Reihe von nicht relevanten Buchstaben zu finden. Diese Buchstaben waren dabei in schwarz auf farbigen Hintergrundquadraten präsentiert, die in einem imaginären Kreis angeordnet waren. Die Farben der Hintergrundquadrate wurden in den ersten Dutzenden von Durchgängen gleich gehalten (in diesem Fall in grüner Farbe), d.h. es wurde über diese ersten Durchgänge die Erwartung aufgebaut, dass alle Hintergrundquadrate in grün gehalten waren. Der Zielbuchstabe in den ersten Durchgängen konnte demnach nur durch Absuchen aller Buchstaben erkannt werden. In einem folgenden Überraschungs-Durchgang wurde ein Hintergrundquadrat in einer anderen Farbe (in rot) präsentiert, die Erwartung der grünen Hintergrundquadrate wurde damit für ein Hintergrundquadrat gebrochen. Dieses in unerwarteter, roter Farbe gehaltene Hintergrundquadrat wurde in den anschließenden restlichen Durchgängen jeweils mit dem Zielbuchstaben kombiniert (= valide Bedingung). Es zeigte sich eine verbesserte Leistung der Versuchspersonen und eine verringerte Reaktionszeit, der Zielbuchstabe konnte aufgrund der hervorstechenden Farbe seines Hintergrundquadrates ohne vorangehendes Absuchen aller anderen irrelevanten Buchstaben gefunden werden. Damit konnte gezeigt werden, dass ein unerwartet auftretender Farbreiz in Form einer Änderung der Farbe des Hintergrundquadrates Aufmerksamkeit auf sich zieht. Wird der farbige Hinweisreiz in Form eines roten Hintergrundquadrates nicht mit dem Zielbuchstaben kombiniert (= invalide Bedingung), so zeigte sich ebenfalls eine Aufmerksamkeitshinwendung zu diesem unerwarteten Farbreiz, die durch eine Verlängerung der Reaktionszeiten sichtbar wurde (Horstmann & Becker, 2011).

Wird im Gegensatz dazu keine Erwartung bezüglich der Hintergrundfarbe aufgebaut (Horstmann, 2005), indem man die Hintergrundquadrate in der Hälfte der Durchgänge vor dem Überraschungsdurchgang in grün, die andere in rot präsentiert, so kann ein Effekt der Aufmerksamkeitslenkung in einem Überraschungs-Durchgang, in dem nur ein Quadrat eine abweichende, aber bekannte Farbe zeigt, nicht gezeigt werden. Im Überraschungs-Durchgang werden dabei ebenfalls die bekannten Farben rot und grün verwendet. Die Suche nach dem

Zielbuchstaben war in diesem Fall genauso ineffizient im Überraschungsdurchgang, wie in den Durchgängen davor. Wird dagegen im Überraschungsdurchgang eine andere neue Farbe (weder rot noch grün) verwendet, so kommt es zu einer Überraschungserfassung durch einen unangekündigten Farbhinweis (Horstmann & Becker, 2011). Demnach ist die Einzigartigkeit eines Reizes ausreichend um Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, aber nur unter der Bedingung, dass dieser einzigartige Reiz auch neu, bzw. unerwartet ist. Nur eine erste Präsentation eines unerwarteten Reizes zeigt Effekt in Bezug auf die Überraschungserfassung. Die Ergebnisse von Horstmann (Horstmann, 2002, 2005; Horstmann & Becker, 2011) können demnach am besten durch Erwartungsdiskrepanz erklärt werden.

Becker und Horstmann (2011) erweiterten die Ergebnisse in dem sie das Merkmal Farbe durch das als sehr unerwartet geltende dynamische Merkmal Bewegung ersetzten. Statt der unerwarteten Farbe der Hintergrundquadrate, rotierten diese Quadrate auf denen anstatt der Buchstaben Landolt Cs präsentiert waren. Die Ergebnisse aus den Versuchen von Horstmann (Horstmann, 2002, 2005; Horstmann & Becker, 2011) konnten repliziert werden.

Für Horstmann und Becker (2011) steht Überraschungserfassung im Einklang mit reizgesteuerter Aufmerksamkeitserfassung, wobei Salienz allein aber nicht ausreicht, damit ein unerwarteter Stimulus Aufmerksamkeit auf sich zieht. Würde Salienz ausreichen, so würde auch ein in anderer Farbe gestaltetes Hintergrundquadrat Aufmerksamkeit anziehen unabhängig davon, ob die Farbe neu und unerwartet ist, oder nicht. Überraschung ist für Horstmann (2002) eine Interaktion von erwartungsbedingten und reizgesteuerten Prozessen.

Rauschenberger und Yantis (2001) untersuchten, ob anstatt eines neu auftretenden unerwarteten Merkmals (wie z.B. Farbe oder Bewegung) auch das unerwartete Auftauchen einer Figur auf einer globalen Ebene, Aufmerksamkeit auf sich zieht. Als Stimulusmaterial dienten Halbkreise (= Zielreiz) und Dreiviertelkreise (= Distraktoren). Halbkreise, bzw. Dreiviertelkreise stellen die lokale Ebene dar. Die Dreiviertelkreise konnten so angeordnet werden, dass Scheinkonturen sichtbar werden (Albright, 1995), die die subjektive Empfindung eines Quadrates auf globaler Ebene entstehen lassen. In der Hälfte der Durchgänge kam es zum Auftauchen einer solchen Figur auf globaler Ebene. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe den Halbkreis (= Zielreiz) zu finden und sich damit auf die lokale Ebene zu konzentrieren. Zur Veranschaulichung ist das Stimulusmaterial in Abbildung 2 dargestellt.

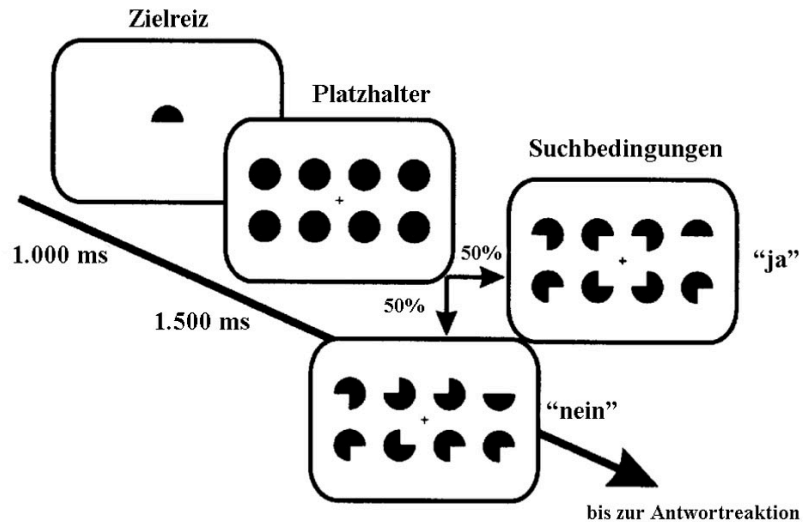


Abbildung 2: Stimulusmaterial von Rauschenberger und Yantis (2001) (modifiziert nach Rauschenberger und Yantis, 2001)

Die Autoren (Rauschenberger & Yantis, 2001) konnten zeigen, dass, trotzdem die Versuchspersonen sich auf die lokale Ebene konzentrieren sollten, eine unerwartet auftretende Figur auf globaler Ebene die Aufmerksamkeit auf sich zog. Die Versuchspersonen antworteten langsamer in Anwesenheit der neu auftauchenden Figur auf globaler Ebene, obwohl das Stimulusmaterial in Bezug auf die lokale Ebene identisch war zu Bildschirmen ohne diese Figur. Dieses Ergebnis zeigte sich nicht, wenn die Versuchspersonen bereits mit dem Auftreten der Figur vertraut waren.

1.3 Globale Struktur eines Stimulusbildes

Mit den Versuchen von Rauschenberger und Yantis (2001) konnte gezeigt werden, dass die Ebene der Wahrnehmung ebenfalls eine Auswirkung auf die Aufmerksamkeitsverlagerung hat. Die globale Ebene verlangsamt die Wahrnehmung auf lokaler Ebene. Die globale Ebene könnte man auch als grobe Struktur in einem Input-Bild bezeichnen. Diese grobe Struktur eines Bildes wird von den niedrigen Raumfrequenzen repräsentiert (Bar, 2004). Die niedrigen Raumfrequenzen zeigen grundlegende Informationen über die globale Form von Objekten, bzw. die globale Gestalt eines Bildes, wie grundlegende Orientierung oder Größenverhältnisse, die schnell verarbeitet werden (Bar, 2004; Love, Rouders & Wisniewski, 1999). Sie kodieren nur eine geringe Anzahl von Kanten pro Sehwinkel, wie z.B. Farbverläufe im Hintergrund (Thielsch & Hirschfeld, 2011). Im Gegensatz dazu repräsentieren die hohen Raumfrequenzen abrupte räumliche Veränderungen

im Inputbild (z.B. Kanten) und feine Details (Bar, 2004), wie z.B. Schrift (Thielsch & Hirschfeld, 2011). Hohe Raumfrequenzen spielen dann eine Rolle, wenn es um Entscheidungen über feine Details geht (Collin & McMullen, 2005) wohingegen niedrige Raumfrequenzen dann wichtig sind, wenn es darum geht einen möglichst schnellen ersten Eindruck einer Szene zu generieren (Schyns & Oliva, 1994). Dies zeigten Schyns und Oliva (1994) in ihrer Studie, in der sie Stimulusbilder herstellten, die die niedrigen Raumfrequenzen eines Bildes mit den hohen Raumfrequenzen einer anderen Szene kombinierten. Den Versuchspersonen wurden diese kombinierten Stimulusbilder für 30 oder 150 ms gezeigt, wobei sie die Aufgabe hatten die Szene zu erkennen. Wurde das kombinierte Stimulusbild für nur 30 ms gezeigt so identifizierten die Versuchspersonen die Szene mit größerer Wahrscheinlichkeit anhand der gezeigten niedrigen Raumfrequenzen. In der Bedingung, in der die Bilder für 150 ms gezeigt wurden, erkannten die Versuchspersonen die Szenen mit höherer Wahrscheinlichkeit an den hohen Raumfrequenzen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass niedrige Raumfrequenzen schneller verarbeitet werden als hohe (Schyns & Oliva, 1994; Bar, 2004). Dies entspricht auch den retino-kortikalen Verarbeitungspfaden des visuellen Inputs (Eysenck & Keane, 2010; Kveraga, Boshyan & Bar, 2007; Thielsch & Hirschfeld, 2010, 2011). Man spricht hier von zwei voneinander relativ unabhängigen Pfaden, einem sehr schnellen magnozellulären Pfad (M-Pfad), sowie einem langsameren parvozellulären Pfad (P-Pfad) (Thielsch & Hirschfeld, 2011). Letzterer ist sensibel für Farbe und feine Details, die in den hohen Raumfrequenzen repräsentiert sind (Thielsch & Hirschfeld, 2010) und erhält seine Informationen vorwiegend von den Zapfen, die sich hauptsächlich in der Fovea centralis befinden (Eysenck & Keane, 2010). Der magnozelluläre Pfad hingegen erhält seinen Input vorwiegend aus den Stäbchen, die sich bekanntlich überwiegend in der Peripherie der Retina befinden, und ist sensibel für Bewegung (Eysenck & Keane, 2010) und verarbeitet grobe Informationen auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen (Thielsch & Hirschfeld, 2010). Die räumlichen Frequenzen werden aber nicht durchgehend getrennt voneinander verarbeitet, sondern aus dem Zusammenspiel der Informationen aus beiden Pfaden entsteht ein Gesamteindruck. Informationen aus dem M-Pfad werden genutzt um die Verarbeitung des P-Pfades zu erleichtern (Kveraga et al., 2007).

Dargestellt werden die niedrigen Raumfrequenzen in einer Gamma-Funktion in sogenannten Polardiagrammen. Die Gamma-Funktion zeigt die dominanten Ausprägungen der Orientierungen innerhalb eines Bildes (Oliva & Torralba, 2001). Entscheidend ist die Gestalt der Gamma-Funktion. Zeigt sich ein eher kreisförmiges Erscheinungsbild, so weist

das Bild eine größere Bandbreite an verschiedenen Orientierungen auf, es zeigt sich ein von einer bestimmten Orientierung unabhängigeres Bild. Damit ist keine Konsistenz der Orientierung zu erkennen, weshalb man auch von einer Heterogenität der Orientierungen spricht. Solche kreisförmigen, bzw. kreisähnliche Erscheinungsbilder zeigen sich vorwiegend bei natürlichen Szenen (z.B. Wälder, Blumen, Flüsse etc.) (Torralba & Oliva, 2003) (siehe Abbildung 3a). Weniger kreisförmige, bzw. kreuzförmige Erscheinungsbilder der Gamma-Funktion deuten auf dominierende Ausprägungen von Orientierungen innerhalb der Bilder hin (Oliva & Torralba, 2001). Bei solchen Bildern zeigt sich eine hohe Konsistenz an Orientierungen, weswegen man hier von einer Homogenität der Orientierungen spricht. Kreuzförmige Erscheinungsbilder zeigen sich vorwiegend bei Bildern mit künstlich geschaffenen Szenarien, bzw. Szenarien die von Menschenhand gemacht sind, wie städtische Szenen, Gebäude, Straßenzüge etc. (Torralba & Oliva, 2003) (siehe Abbildung 3b).

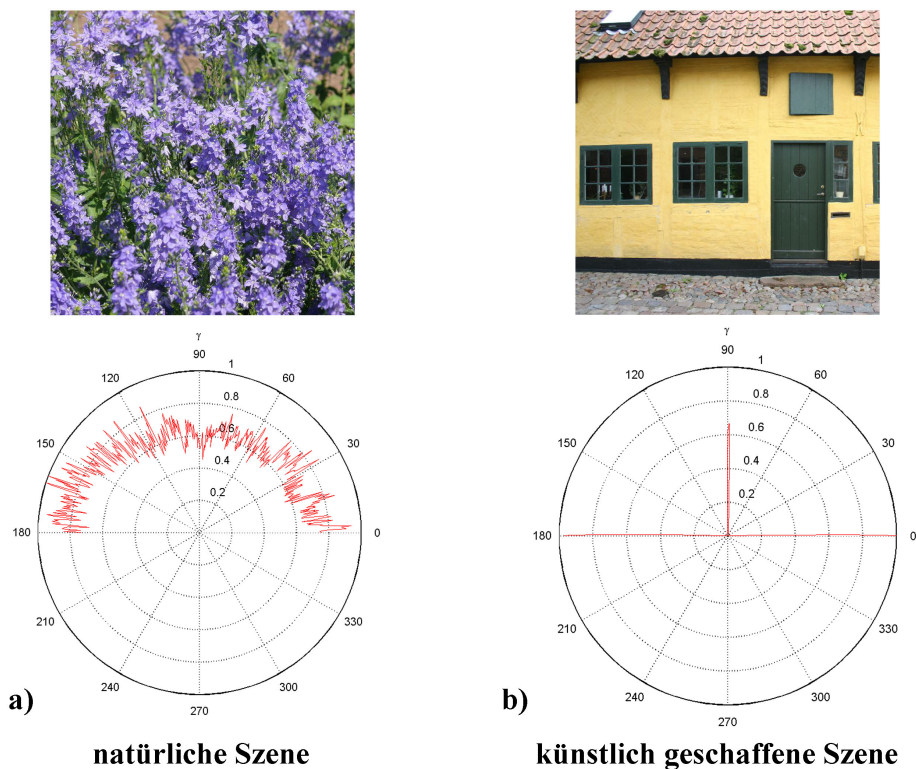


Abbildung 3: Beispiele für die Gamma-Funktion in Polardiagrammen mit den dazugehörigen Fotografien, a) Beispiel für eine natürliche Szene, b) Beispiel für eine künstlich geschaffene Szene

Aufgrund des zeitlichen Vorsprungs der Verarbeitung von niedrigen Raumfrequenzen können BetrachterInnen schnell Erwartungen auf Basis dieser niedrigen Raumfrequenzen aufbauen. Ist dabei das zugehörige Erscheinungsbild der Gamma-Funktion im Polardiagramm von explizit kreuzförmiger Gestalt, so ist die Erwartung über eine klare horizontale und

vertikale Ausprägungen der Orientierungen, sprich über eine Homogenität der Orientierungen, sehr hoch. Bei einer kreisförmigeren Gestalt der Gamma-Funktion hingegen wird eine solche Erwartung nicht, bzw. nur in geringerem Ausmaße aufgebaut. Je größer die Erwartung über die Homogenität, bzw. Konsistenz der Orientierungen ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass eine Verletzung dieser Homogenität den Blick und damit die Aufmerksamkeit auf sich zieht.

Zusammenfassend kann demnach festgehalten werden, dass auf den ersten Blick Erwartungen basierend auf globalen Regularitäten der niedrigen Raumfrequenzen aufgebaut werden können. Werden diese Erwartungen nun in irgendeiner Weise verletzt, so zieht diese Erwartungsverletzung Aufmerksamkeit auf sich aufgrund der Differenz zwischen erwartetem visuellen Input und dem gegenwärtig gegebenen Input.

1.4 Vorexperimente

Überprüft wurde diese Hypothese bereits in drei Experimenten am Institut für psychologische Grundlagenforschung und Forschungsmethoden der Universität Wien. Als Stimulusmaterial diente hierbei ein zweidimensionales Mosaik, das in 64 sogenannte Kacheln aufgeteilt war (Abb. 4 a-c). Dieses zweidimensionale Mosaik war so gestaltet, dass eine gleichmäßige Verteilung der Salienz über das gesamte Mosaik gesichert war. Jede Kachel stellte ein quadratisches Grundelement dar, das Reize für alle drei Kanäle des Salienzmodells von Itti, Koch und Niebur (1998) beinhaltete und als Viertelkreis konzipiert war, so dass vier dieser Grundelemente durch Rotation ein Kreissegment bilden. 16 Kreissegmente waren im Reizmosaik vorhanden (Abb. 4a). Dieses Kreismuster wiederum sicherte aufgrund der punktsymmetrischen Anordnung eine globale Regularität, die maßgeblich ist für die Erwartungen auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen.

In einem ersten Experiment wurde dabei das Reizmosaik vollständig präsentiert (Abb. 4a), im zweiten Experiment wurde nur noch jede zweite Kachel dargeboten (Abb. 4b) und im dritten war ein auf ein Grundelement pro Kreissegment reduziertes Reizmosaik zu sehen (Abb. 4c). Wird ein Grundelement, bzw. eine der Kacheln des dargebotenen Reizmosaiks um 90° gedreht, ist das erwartete Kreismuster, bzw. die Regel des punktsymmetrischen Musters basierend auf den niedrigen Raumfrequenzen verletzt (= Regelverletzung) (siehe Abb. 4e). Als Zielreiz diente eine verschwommene Scheibe (siehe Abb. 4d).

Die oben genannte Reduzierung des Kreismusters von Experiment 1 auf 2 bzw. von Experiment 2 auf 3, diente der Reduktion der Salienz der regelverletzenden Kachel. Auf diese Weise konnte das reine aufmerksamkeitsablenkende Potential der Regelverletzung expliziter

untersucht werden. Da Zielreiz und Regelverletzung in keinem der Experimente auf einer Kachel zusammenfielen, handelte es sich um ein antiprädiktives Design. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe mittels Tastendruck zu beurteilen, ob ein Zielreiz im präsentierten Reizmosaik vorhanden war oder nicht. Der Zielreiz konnte auf allen Kacheln zu gleicher Wahrscheinlichkeit auftauchen, war aber nur in der Hälfte der Durchgänge vorhanden.

Postuliert wurde eine Aufmerksamkeitsausrichtung auf die Regelverletzung hin, die verlängerte Reaktionszeiten und allgemein frühere und häufigere Fixationen der Regelverletzung gegenüber allen anderen nicht regelverletzenden Kacheln nach sich zieht, obwohl diese Regelverletzung keine Information über den Zielreiz enthält.

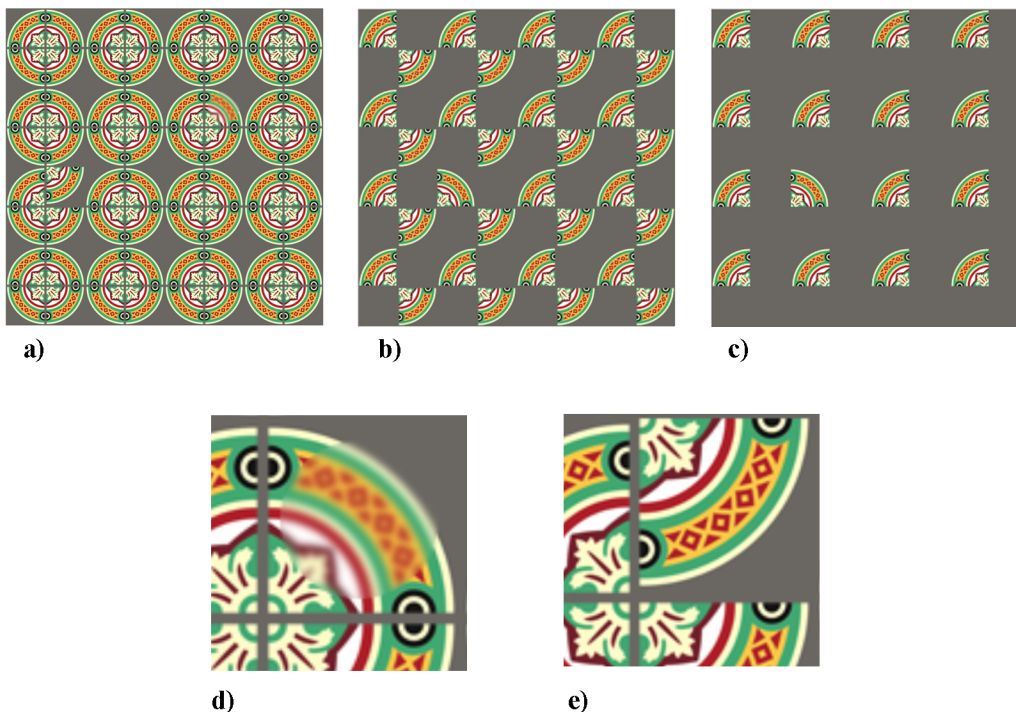


Abbildung 4: a-c) Stimulusmaterial der drei bereits erfolgten Vorexperimente; d) als Zielreiz dienende Kachel mit verschwommener Scheibe in den Vorexperimenten; e) als Regelverletzung dienende um 90° verdrehte Kachel in den Vorexperimenten

Über alle drei Vorexperimente zeigte sich, dass die Aufgabe von den Versuchspersonen adäquat gelöst werden konnte. Weiters zeigte sich eine Verlangsamung der Reaktionszeit durch die reine Anwesenheit einer Regelverletzung. Eine Regelverletzung wurde signifikant häufiger und schneller fixiert als alle anderen Kacheln.

1.5 Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist es, das Prinzip des Kreismusters als Stimulusmaterial auf Fotografien von natürlichen Szenen zu generalisieren. Die Hälfte der Fotografien soll dabei eine Homogenität der Orientierungen basierend auf den niedrigen Raumfrequenzen aufweisen, während die andere Hälfte der Bilder unabhängig von einer klaren Ausprägung der Orientierung ist, d.h. eine Heterogenität der Orientierungen vorliegt. Eingeteilt werden die Fotografien in die beiden Stimuluskategorien „heterogen“ (= nicht-orientiert) und „homogen“ (= orientiert) anhand der Gestalt der Gamma-Funktion in den Polardiagrammen. Fotografien, deren Gamma-Funktionen in den Polardiagrammen eine eindeutig kreuzförmige Erscheinung zeigen, werden als „orientiert“ (= „homogen“) eingestuft, während Fotografien, deren Gamma-Funktion in den Polardiagrammen eine kreisförmige Gestalt zeigen, als „nicht-orientiert“ (= „heterogen“) bezeichnet werden.

Diese Fotografien werden, wie in den Vorexperimenten mit Kreismuster, in imaginäre gleichgroße Kacheln unterteilt. Als von den Versuchspersonen aufzufindender Zielreiz wird ebenfalls eine verschwommene Scheibe dienen. Wie auch in den vorangegangenen Experimenten wird eine dieser Kacheln um 90° rotiert sein und damit die globale Regularität der Orientierung basierend auf den niedrigen Raumfrequenzen verletzen. Diese globale Regularität kann folglich nur dann verletzt werden, wenn sie explizit in den Stimulusbildern vorhanden ist. Bezogen auf die Fotografien bedeutet dies, dass diese Regelverletzung mittels um 90°-rotierter Kachel bei Fotografien der Stimuluskategorie „orientiert“ (= „homogen“) offensichtlich ins Gewicht fallen wird und damit auch den Blick und die Aufmerksamkeit auf sich lenken wird. Nicht, bzw. in geringerem Maße wird dies bei Fotografien der Stimuluskategorie „nicht-orientiert“ (= „heterogen“) sein. Diese Bilder sind unabhängig von einer globalen Regularität basierend auf den niedrigen Raumfrequenzen, so kann eine um 90°-rotierte Kachel keine Erwartung in Bezug auf eine Regel brechen, bzw. dies nur in geringerem Maße tun. Deshalb wird bei „nicht-orientierten“ Stimulusbildern kein, bzw. ein geringerer Effekt der Aufmerksamkeitsablenkung durch die Regelverletzung erwartet. Diese Aufmerksamkeitsablenkung durch die Regelverletzung wird sich in verlängerten Reaktionszeiten in Durchgängen mit anwesender Regelverletzung zeigen, sowie einer häufigeren, früheren und längeren Fixation der Regelverletzung. Deutlich ausgeprägter sollten sich diese Effekte der Aufmerksamkeitsablenkungen durch die Regelverletzung bei Durchgängen mit orientierten Stimulusbildern zeigen, da hier die Regelverletzung, wie postuliert, mehr ins Gewicht fallen sollte.

Als Hypothese sei demnach festgehalten: Eine Regelverletzung in Form einer um 90° -rotierten Kachel zieht dann vermehrt den Blick und die Aufmerksamkeit auf sich, wenn die Stimulusbilder eine globale Regularität in Form einer Homogenität der Orientierung basierend auf den niedrigen Raumfrequenzen enthalten. Es wird erwartet, dass sich dies in einer früheren, häufigeren und längeren Fixation der Regelverletzung, sowie in einer Verlangsamung der Reaktionszeit in Durchgängen mit anwesender Regelverletzung zeigt.

2. Methoden

2.1 Versuchspersonen

Insgesamt haben 16 VersuchsteilnehmerInnen im Alter zwischen 18 und 40 Jahren ($M = 23,4$; $SD = 5,9$) am Experiment teilgenommen. Die Versuchspersonengruppe, bestehend aus 15 Frauen und einem Mann, wurden bis auf zwei Personen über das universitäre Rekrutierungssystem der Allgemeinen Psychologie Wien (RSAP - Recruiting System Allgemeine Psychologie) angeworben und waren damit Studierende der Psychologie an der Universität Wien. Alle Personen hatten eine normale oder vollständig korrigierte Sehfähigkeit und keine Einschränkungen im Farbsehen. Überprüft wurde dies mit dem Nahlesetest nach Nieden und den Farbtafeln nach Ishihara. Um die Aussagekraft der Blickbewegungen zu optimieren wurde mittels Porta-Test das dominante Auge ermittelt, d.h. das Auge dessen visueller Input präferiert wird (Porac & Coren, 1976). Die 14 Personen, die über das RSAP-System angeworben wurden, bekamen für ihre Teilnahme Bonuspunkte für ihre zu absolvierenden Lehrveranstaltungen. Alle Versuchspersonen wurden vor Beginn des Experiments über die relevanten Informationen, sowie die rechtlichen Aspekte der Teilnahme aufgeklärt und unterzeichneten eine Einverständniserklärung. Keine der Versuchspersonen hatte an den Vorexperimenten teilgenommen, sowie alle VersuchsteilnehmerInnen naiv in Bezug auf die Hintergründe und Ziele des Experiments waren.

2.2 Instrumente und Messgeräte

Sowohl manuelle Verhaltensantworten als auch das Blickverhalten der Versuchspersonen wurden während des Experiments aufgezeichnet. Für die Aufzeichnung der manuellen Verhaltensdaten wurde eine handelsübliche Computertastatur verwendet. Drei Tasten waren dabei für die Versuchsperson relevant: die Leertaste diente als Steuerungsmöglichkeit um die einzelnen Durchgänge zu starten, als Antworttasten dienten die Tasten „x“ und „ , “, die mit einem ringförmigen Aufkleber („Lochverstärker“) markiert waren und in Abhängigkeit des subjektiven Urteils über Vorhandensein, bzw. Nicht-Vorhandensein des Zielreizes zu betätigen waren. Die Zuordnung der Tasten war über die Versuchspersonen ausbalanciert. Mittels diesem Tastendruck wurde die Reaktionszeit nach Reizbeginn protokolliert. Das Blickverhalten der VersuchsteilnehmerInnen wurde bei einer Abtastungsfrequenz von 1000 Hz mit dem Eyetracking-System Eyelink 1000 (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada) aufgezeichnet. Der Blickverfolger war dabei unterhalb des zur Reizdarbietung dienenden Bildschirms befestigt und zeichnete die Augenbewegungen des

jeweils dominanten Auges auf. Auf Basis einer 9-Punkt Kalibrierung erfolgte die individuelle Einstellung je Versuchsperson, die mitunter während der Testung wiederholt bzw. neu angepasst werden musste. Das Reizmaterial wurde auf einem 19'' Farb-Kathodenstrahlröhrenbildschirm des Typs Sony Multiscan G400 bei einer Bildwiederholfrequenz von 100 Hz und einer Auflösung von 1.024×768 Pixel dargeboten. Die Vorgabe der einzelnen Stimulusbilder erfolgte mit einer Auflösung von 640×640 Pixel. Mittels einer Kinn- und Stirnstütze wurde die Betrachtungsdistanz auf 64 cm während des gesamten Experiments konstant gehalten. Durch das Programm Experiment Builder (SR Research) wurde das Experiment kontrolliert.

2.3 Stimulusmaterial

Als Stimulusmaterial dienten insgesamt 64 Fotografien von natürlichen Szenen, die mit verschiedenen Digitalkamera-Modellen aufgenommen wurden (Canon EOS 300D, 1000D; Canon DIGITAL IXUS 500; Panasonic DMC-TZ4, DMC-TZ10, FZ-50). Bei Aufnahme der Fotografien wurde darauf geachtet, dass sie weder Menschen, Tiere noch Schriftzüge zeigen, da diese die Aufmerksamkeit auf besondere Weise beeinflussen (Bindemann, Burton, Hooge, Jenkins & de Haan, 2005; Cerf, Frady & Koch, 2008; Kirchner & Thorpe, 2006). Die Fotografien wurden in Adobe Photoshop CS4 auf die benötigte Auflösung 640×640 px zugeschnitten und skaliert. Das komplette Stimulusset ist in Abbildung 5 dargestellt.

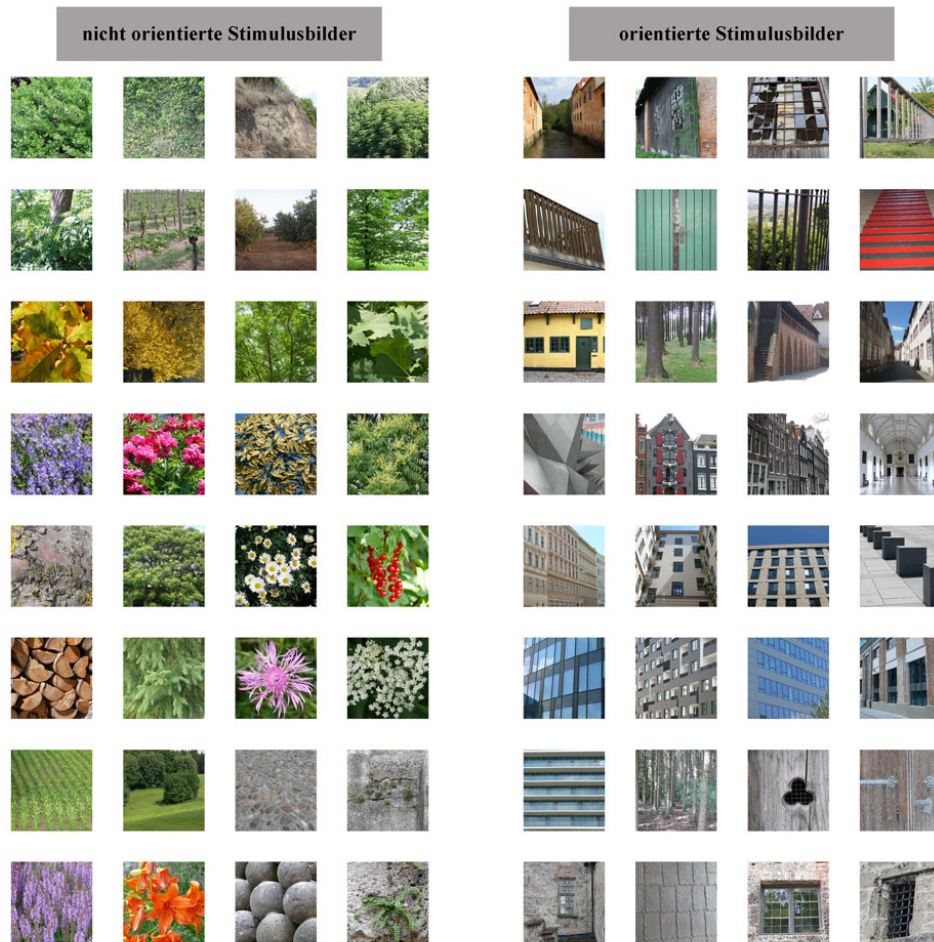


Abbildung 5: vollständiges verwendetes Set an Stimulusbildern

Zur Hälfte wiesen diese Fotografien eine hohe Konsistenz an Orientierungen („homogenes“ = „orientiertes Stimulusbild“) auf, die andere Hälfte weist keine bzw. eine geringere Konsistenz der Orientierungen auf („heterogenes“ = „nicht-orientiertes Stimulusbild“). Eingeteilt werden die Fotografien auf die beiden Stimulusgruppen aufgrund der Gestalt der Gamma-Funktion in den zugehörigen Polardiagrammen. Zeigt sich eine kreisförmige Gestalt, weist das Bild keine Konsistenz der Orientierungen auf, man spricht in diesem Fall von einer Heterogenität der Orientierungen. Ein solches Bild wird der Stimuluskategorie „nicht-orientiert“ („heterogen“) zugeordnet. Ist hingegen eine kreuzförmige Gestalt der Gamma-Funktion in den Polardiagrammen ersichtlich, so kann von einer Konsistenz der Orientierungen ausgegangen werden, man spricht hier von einer Homogenität der Orientierung. Fotografien dieses Types werden der Stimuluskategorie „orientiert“ („homogen“) zugewiesen. Abbildung 6 zeigt Beispiele eines nicht orientierten, „heterogenen“ (Abb.6a) und eines orientierten, „homogenen“, Stimulusbildes (Abb.6c) mit

den dazugehörigen Polardiagrammen (Abb.6b+d), wobei die beschriebene Konsistenz der Orientierung über die Gestalt der Gamma-Funktion in den Polardiagrammen sichtbar wird.

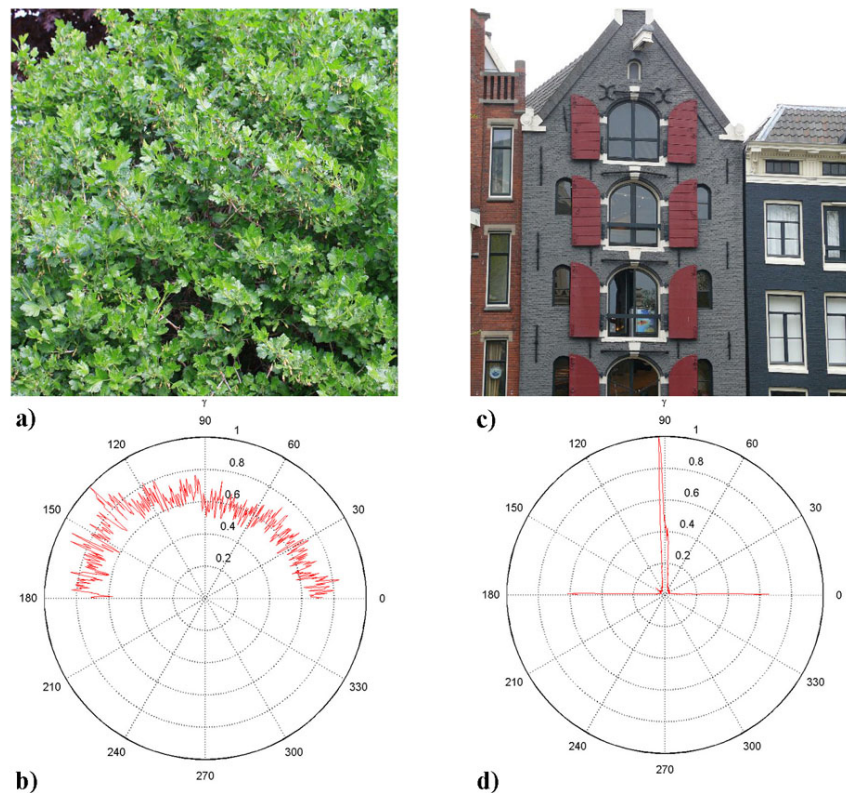


Abbildung 6: a) nicht orientiertes Stimulusbild mit dazugehörigem Leistungsspektrum b); c) orientiertes Stimulusbild mit dem dazu gehörigen Leistungsspektrum d)

Die Stimulusbilder wurden in 64 imaginäre, nicht für die Versuchspersonen sichtbare, gleichgroße Kacheln mit einer Auflösung von je 80×80 px unterteilt. Diese Kacheln bildeten die Grundlage für die Auswertung der Fixationen, bzw. Beginn der Fixationen.

Als Zielreiz diente eine kreisförmige Trübung, bzw. verschwommene Scheibe, mit einem Durchmesser von 64 px, die mit einem Gauss'schen Weichzeichnungsfilter (Radius = 1px) in Adobe Photoshop CS4 eingefügt wurde. Diese verschwommene Scheibe wurde mit der Position 80×80 px über eine Kachel gelegt. Eine Verminderung der Schärfe hatte den zweckmäßigen Vorteil, dass es zu keiner Auswirkung auf die Salienz der betroffenen Kachel kommt (Fuchs et al. 2010). Ein Zielreiz ist in Abbildung 7a in vergrößerter Form dargestellt. Eine um 90° gedrehte Kachel stellt die Regelverletzung im Sinne der Fragestellung dar (Abb. 7b).

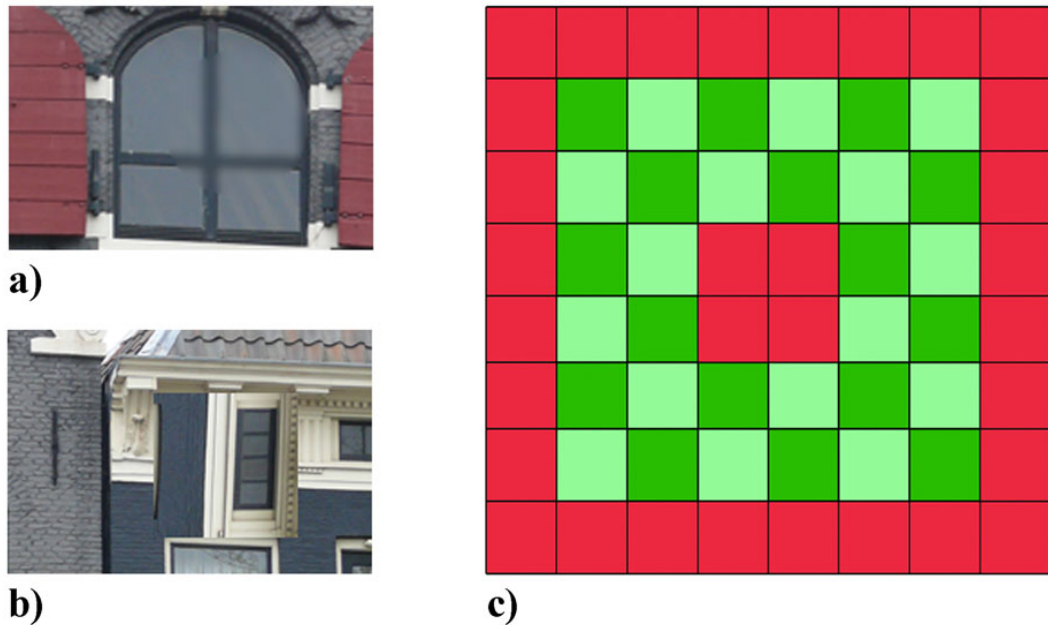


Abbildung 7: a) Vergrößerung der kreisförmigen Trübung, bzw. verschwommenen Scheibe, die als Zielreiz diente; b) um 90° gedrehte Kachel als Regelverletzung; c) Relevanzbereich (grün) bestehend aus 32 Kacheln, die für die Belegung mit Zielreiz und Regelverletzung dienen, von einer Positionierung des Zielreizes, bzw. der Regelverletzung auf den roten Kacheln wird abgesehen

Weder Zielreiz noch Regelverletzung befanden sich in den vier zentralen Kacheln, noch in den nach außen hin begrenzenden Kacheln (siehe rote Kacheln in Abb. 7c). Grund hierfür ist, dass jeder Durchgang mit der Fixation des Fixationskreuzes beginnt, das sich an der zentralen Bildschirmposition befindet. Der Blick der Versuchspersonen ist demnach zu Beginn des Durchgangs bereits an der zentralen Bildposition festgelegt. Eine Positionierung von Zielreiz und Regelverletzung an diesen zentralen vier Bildpositionen würde demnach keine für den Vergleich geeigneten Messungen von Fixationen und Augenbewegungen liefern. Auf die äußeren Begrenzungsfelder wird verzichtet, da diese, nicht von anderen Kacheln umgebenen Felder, generell weniger betrachtet werden und wegen der fehlenden umgebenden Kacheln nicht die gleichen Salienzmaße nach Itti und Koch (2000) gelten, wie für jene Kacheln im Inneren der Reizanordnung. Folglich kamen für die Positionierung von Zielreiz und Regelverletzung innerhalb der 8x8 Felder umfassenden Reizanordnung nur 32 Kacheln in Frage. Dieser Bereich, in Abbildung 7c als grüne Kacheln dargestellt, wird als Relevanzbereich bezeichnet. In den Durchgängen, in denen sowohl Zielreiz als auch Regelverletzung im Stimulusbild eingefügt waren, wurde sichergestellt, dass die entsprechenden Kacheln einen Mindestabstand von einer Kachel (ca. 88 px), bzw. 2.5° Schwinkel aufwiesen. Zielreiz und Regelverletzung fielen somit niemals auf ein und dieselbe

Kachel zusammen (= antiprädikatives Design). Dargeboten wurden die Stimulusbilder zentral vor einem grauen Hintergrund (CLab Farbkoordinaten: 86.7/0.6/-34.9).

2.4 Untersuchungsdesign

Für das Experiment wurde ein antiprädikatives Design angewandt, das heißt Zielreiz und Regelverletzung fielen niemals auf derselben Kachel zusammen. Insgesamt durchliefen die Versuchspersonen 256 Durchgänge, wie in Abbildung 8 dargestellt. Diese 256 Durchgänge sind in vier Blöcke unterteilt zu je 64 Durchgängen. Pro Block werden alle Stimulusbilder einmal gezeigt, wobei jeder Block vier verschiedene Versuchsbedingungen inkludiert:

- Durchgänge ohne Regelverletzung und ohne Zielreiz,
- Durchgänge ohne Regelverletzung aber mit Zielreiz,
- Durchgänge mit Regelverletzung aber ohne Zielreiz
- Durchgänge mit Regelverletzung und mit Zielreiz.

In jeder dieser vier Versuchsbedingungen werden 16 Stimulusbilder gezeigt, jeweils acht orientierte, bzw. acht nicht orientierte Stimulusbilder. Innerhalb der Blöcke waren alle vier Versuchsbedingungen zu gleichen Teilen vertreten. Welche Bilder in welcher Bedingung gezeigt wurden, war zwischen den Versuchspersonen randomisiert. Es wurde demnach sichergestellt, dass das Versuchsdesign über alle Versuchspersonen hinweg ausbalanciert war. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe zu beurteilen, ob ein Zielreiz (= verschwommene Scheibe) im aktuellen Stimulusbild vorhanden war oder nicht.

Der Ablauf eines Durchgangs ist in Abbildung 8 schematisch dargestellt. Mittels Leertastendruck wurde ein Durchgang gestartet. Zu Beginn jedes Durchgangs wurde ein Fixationskreuz in der Bildmitte eingeblendet, das von der Versuchsperson innerhalb eines Radius von 0.5° Sehwinkel mit dem Blick für 100 ms fixiert werden musste. Durch Fixation dieses Kreuzes wurde sichergestellt, dass jeder Durchgang unter gleichen Bedingungen begann. Erst nach dieser Fixation des Fixationskreuzes wurde das Stimulusbild dargeboten. Mit Betätigen einer der Antworttasten endete die Bildpräsentation, worauf eine entsprechend der Antwort gegebene Rückmeldung für den Zeitraum von 1000 ms erfolgte. Bei einer korrekten Antwort erschien auf dem Bildschirm die Rückmeldung „Richtig“, eine nicht bedingungskonforme Betätigung der Antworttasten wurde mit „Falsch“ rückgemeldet. Abschluss eines Durchgangs bildete ein leerer, grauer (CLab Farbkoordinaten: 86.7/0.6/-34.9) Bildschirm, der für weitere 1500 ms präsentiert wurde.

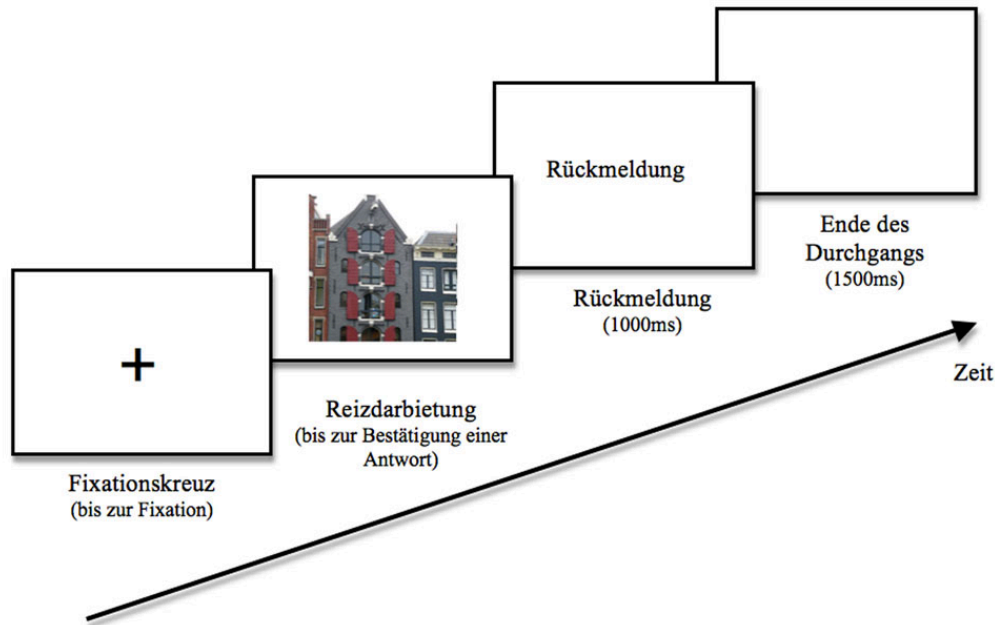


Abbildung 8: schematische Darstellung der Abfolge eines Durchgangs. Zu Beginn wird bis zur Fixation ein Fixationskreuz dargeboten. Nach Fixation dieses Kreuzes kommt es zur Stimulusbildvorgabe bis zur Betätigung der entsprechenden Antworttaste. Darauf folgt eine Rückmeldung (1000 ms) („richtig“ oder „falsch“) auf die gegebene Antwort. Beendet wird ein Durchgang mit einem leeren, grauen Bildschirm (1500 ms).

2.5 Untersuchungsdurchführung

Die Durchführung des Experiments erfolgte im Eyetrackingslabor des psychologischen Instituts Wien. Das Eyetrackingslabor ist ein abgedunkelter Raum mit indirekter Beleuchtung, somit konnten die Lichtbedingungen über alle VersuchsteilnehmerInnen kontrolliert werden und störende Lichtreflexionen wie auch sonstige optische Störreize wurden dadurch auf ein Minimum reduziert. An jeder Sitzung nahm jeweils nur eine Versuchsperson teil. Die Versuchsleiterin war während der gesamten Testung anwesend um auftauchende Fragen beantworten zu können, bzw. um den sachgemäßen Verlauf der Testung zu überwachen und im Falle eines Signalverlustes des Eyetrackers eine notwendige Neukalibrierung durchführen zu können. Die Versuchsleiterin saß dabei mit dem Rücken zur Versuchsperson vor einem gesonderten Bildschirm.

Nach Versicherung über die Nichtteilnahme an den bereits durchgeführten Vorstudien, Registrierung der demographischen Daten, Unterzeichnung der Einverständniserklärung, Überprüfung des Sehvermögens und Ermittlung des dominanten Auges (siehe auch Punkt 2.1) nahm die Versuchsperson vor dem Bildschirm platz und lehnte den Kopf gegen die Stirn- und Kopfstütze. Damit eine einigermaßen bequeme Position gefunden werden konnte, war der Stuhl höhenverstellbar. Vor Beginn des Experiments erfolgte die individuelle Einstellung

des Eyetrackers je Versuchsperson auf Basis einer 9-Punkt Kalibrierung. Nach dieser Erstkalibrierung wurden auf dem Bildschirm die Instruktionen zur Bearbeitung des Experiments eingeblendet. Die Instruktion verwies auf die Aufgabe die verschwommene Scheibe (= Zielreiz) zu suchen und mittels entsprechendem Tastendruck („x“- oder „,-Taste) ein Vorhandensein, bzw. Nicht-Vorhandensein rückzumelden, wobei ein Beispiel für einen Zielreiz in der Instruktion zu sehen war. Die Tastenbelegung variierte zwischen den Versuchspersonen. Gegebenfalls wurde die Instruktion durch die Testleiterin wiederholt, bzw. ergänzt. Während des Versuchs war keine Pause vorgesehen. Je nach Bearbeitungsgeschwindigkeit der Versuchsperson und Dauer einer möglicherweise notwendigen Neukalibrierung betrug die durchschnittliche Bearbeitungszeit ca. 50 Minuten.

2.6 Datenanalyse

Mittels der Software DataViewer (SR Research) wurden die aufgezeichneten Blick- und Verhaltensdaten für die Analyse vorbereitet. Statistische Analysen der Blick- und Verhaltensdaten wurden in IBM SPSS Statistics 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) durchgeführt. Dabei wurden die Antwortgenauigkeit, die Reaktionszeiten sowie die Augenbewegungen analysiert, wobei in letzterem Fall die Fixationshäufigkeiten, Fixationsdauer und der Beginn der Fixation von Interesse sind. Bei der Analyse der Augenbewegungen galt eine Blickverlagerung von weniger als 0.15° Schwinkel über eine Mindestdauer von 100 ms als Kriterium für die Bestimmung von Fixationen.

3. Ergebnisse

3.1 Analyse der Antwortgenauigkeit

Um Zufallsurteile auszuschließen, wurde vorweg überprüft, ob die Suchaufgabe von den Versuchspersonen im Sinne der Aufgabenstellung adäquat bearbeitet wurde, wobei mit adäquat hier das Auffinden des Zielreizes (= verschwommene Scheibe) und die korrekte Rückmeldung mittels entsprechenden Tastendruck über das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein des Zielreizes gemeint war. Für jede Versuchsperson wurde hier der Signalentdeckungsparameter d' errechnet (Swets, Tanner & Birdsall, 1961). Der Signalentdeckungsparameter d' , auch als Sensitivitätsmaß verstanden, ist eine Maßeinheit für die Erkennbarkeit eines gegebenen Zielreizes für einen bestimmten Beobachter, das heißt eine Maßeinheit für die sensorische Leistung dieses Beobachters. Errechnen lässt sich der Signalentdeckungsparameter d' über die Differenz der bedingten Wahrscheinlichkeiten der „Treffer“ (positive Antwort bei vorhandenem Zielreiz (engl.: „hits“)), und der „falschen Alarme“ (positive Antwort bei nicht vorhandenem Zielreiz (engl.: „false alarms“)), die Werte für „Treffer“ und „falsche Alarme“ gehen dabei als z-Werte in die Gleichung ein (Müsseler, 2008):

$$d' = z(\text{Treffer}) - z(\text{falsche Alarme}).$$

Wenn d' gleich Null ist, so ist der Beobachter unfähig zwischen Treffern und nicht Treffern zu diskriminieren, es kommt demnach zu einem zufälligen Urteil, dabei entspricht der Anteil der „Treffer“ dem Anteil der „falschen Alarme“ (Bortz & Döring, 2006). Das Verhältnis zwischen „Treffern“ und „falschen Alarmen“ verändert sich mit größer werdendem d' zugunsten dem Anteil der „Treffer“. Der Beobachter kann zunehmend zwischen Treffern und nicht Treffern unterscheiden, die Suchleistung wird besser.

Bezogen auf die hier beschriebene Versuchsanordnung, spricht man von einem „Treffer“, wenn die Versuchsperson ein korrektes Urteil, d.h. einen korrekten Tastendruck über die Anwesenheit, bzw. Abwesenheit des Zielreizes (= verschwommene Scheibe) ausgeführt hat. Ein „falscher Alarm“ hingegen wird registriert, wenn die Versuchsperson trotz Abwesenheit des Zielreizes angibt, diesen registriert zu haben.

Die individuellen Suchleistungen der 16 VersuchsteilnehmerInnen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Anzahl der richtigen Antworten (Trefferquote) in Prozent und die Sensitivitätsmaße pro Versuchsperson

	Vp 1	Vp 2	Vp 3	Vp 4	Vp 5	Vp 6	Vp 7	Vp 8	Vp 9	Vp 10	Vp 11	Vp 12	Vp 13	Vp 14	Vp 15	Vp 16
Treffer- quote in %	71,9	85,2	82,8	70,7	82,4	74,2	92,6	77,0	74,6	71,5	67,6	72,7	82,8	69,1	64,5	84,8
d'	1,35	2,41	2,08	1,37	2,13	1,49	3,27	2,29	1,49	1,19	1,11	1,53	2,35	1,15	0,93	2,14

Trotzdem der Zielreiz schwierig zu finden war, zeigten alle Versuchspersonen eine Antwortgenauigkeit größer als Null (Mittelwert: $d' = 1,77$). Diese war signifikant unterschiedlich zu Null, $t(15) = 11,1$, $p < .001$, womit Zufallsurteile ausgeschlossen werden konnten und von einer adäquaten Bearbeitung der Aufgabe im Sinne der Aufgabenstellung gesprochen werden kann.

Die Leistung in Durchgängen ohne Regelverletzung (Mittelwert $d' = 1,92$) war signifikant besser als in Durchgängen mit Regelverletzung (Mittelwert $d' = 1,69$), $t(15) = 2,4$; $p < .05$. Die Anwesenheit der Regelverletzung beeinflusste somit die korrekte Bearbeitungsleistung der Versuchspersonen. Zwischen den Stimulusgruppen (orientiert (Mittelwert $d' = 1,83$) vs. nicht-orientiert (Mittelwert $d' = 1,78$)) zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Bearbeitungsleistungen der Aufgabe, $t(15) = -0,66$; $p = 0,52$.

3.2 Analyse der Reaktionszeiten

Für die Analyse der Reaktionszeiten wurden nicht korrekt beantwortete Durchgänge (23,5%), bzw. Durchgänge mit auffallend abweichenden Reaktionszeiten (4,3%), wie z.B. eine Abweichung von mehr als zwei Standardabweichungen von der mittleren Reaktionszeit, ausgeschlossen.

Um zu überprüfen, ob es Unterschiede in den Reaktionszeiten zwischen den beiden Stimulusgruppen (orientiert vs. nicht-orientiert) gibt, wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholungs-Design mit den Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Regelverletzung (anwesend vs. abwesend) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert) über die mittleren Reaktionszeiten jeder Versuchsperson durchgeführt. Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für Zielreiz, $F(1,15) = 16,2$; $p < .01$; $\eta_p^2 = .52$, der für allgemein schnellere Reaktionszeiten in Durchgängen mit vorhandenem Zielreiz (3265 ms) spricht, verglichen mit den Durchgängen, in denen der Zielreiz nicht vorhanden war

(7581 ms). Ebenfalls ein signifikanter Haupteffekt ergab sich für den Faktor Regelverletzung, $F(1,15) = 12,7$; $p < .01$; $\eta_p^2 = .46$, der generell schnellere Antworten für Durchgänge ohne Regelverletzung (5211 ms) als mit Regelverletzung (5635 ms) darlegt. Weiters zeigte sich eine signifikante dreifache Interaktion zwischen allen drei Faktoren, $F(1,15) = 5,9$, $p < .05$; $\eta_p^2 = .28$. Post-hoc Vergleiche (korrigiert nach Bonferroni) ließen einen signifikanten Unterschied der Reaktionszeiten der beiden Stimulusgruppen erkennen in Durchgängen in denen der Zielreiz anwesend war, nicht aber die Regelverletzung ($p < .05$). In diesen Durchgängen reagierten die Versuchspersonen bei nicht orientierten Stimulusbildern signifikant schneller (2704 ms) als bei orientierten Stimulusbildern (3403 ms) (siehe Abb. 9b). Des Weiteren zeigte sich eine signifikante Verlangsamung der Reaktionszeit durch Anwesenheit der Regelverletzung in Durchgängen in denen kein Zielreiz (7942 ms) vorhanden war bei orientierten Stimulusbildern ($p < .05$) im Gegensatz zu Durchgängen ohne Regelverletzung (7183 ms), sowie sich diese verlangsamte Reaktionszeit durch Anwesenheit der Regelverletzung auch bei nicht orientierten Stimulusbildern in Durchgängen mit Zielreiz (3482 ms) gegenüber Durchgängen ohne Regelverletzung (2704 ms) ($p < .05$) zeigte. Die Ergebnisse der dreifachen Interaktion sind in Abbildung 9 veranschaulicht.

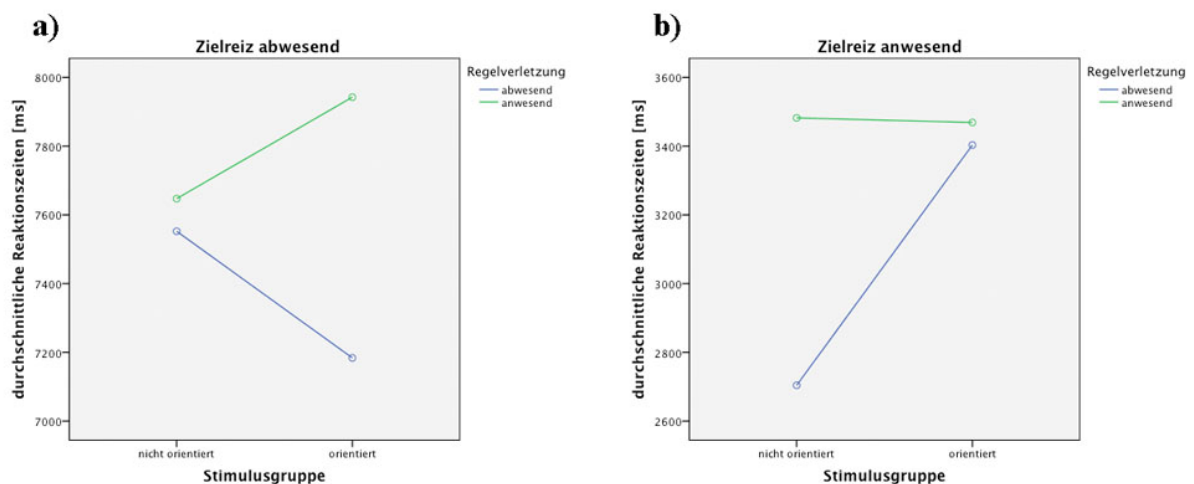


Abbildung 9: Profildigramme zur Darstellung der Dreifach-Interaktion zwischen den Faktoren Zielreiz, Regelverletzung und Stimulusgruppe: a) Profildigramm für Durchgänge bei abwesendem Zielreiz, b) Profildigramm für Durchgänge bei anwesendem Zielreiz

In Bezug auf die Reaktionszeiten stellt sich die Frage, ob der zeitliche Mehraufwand für Durchgänge mit Regelverletzung über die gesamte Bearbeitungszeit regelmäßig verteilt war, oder, ob dieser zu einem bestimmten Zeitpunkt während der Bearbeitung vermehrt auftrat. Um dies feststellen zu können, wurden die Reaktionszeiten der Versuchspersonen in

eine Rangliste gebracht und in fünf gleiche Zeitabschnitte, sogenannte Quintile, unterteilt. Im ersten Abschnitt, bzw. ersten Quintil, befinden sich demnach die zwanzig Prozent schnellsten Reaktionszeiten jeder Versuchsperson, im zweiten die zwanzig Prozent zweit-schnellsten etc. bis hin zum fünften Quintil in dem die zwanzig Prozent langsamsten Reaktionszeiten zu finden sind. Für jede der vier Versuchsbedingungen in den jeweiligen Stimulusgruppen wurde diese Mittelung zu Quintilen vorgenommen. Daraus ergibt sich eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholungs-Design mit den Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Regelverletzung (anwesend vs. abwesend), Quintile (fünf verschiedene Zeitabschnitte) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert) über die mittleren Reaktionszeiten jeder Versuchsperson. Es ergaben sich signifikante Haupteffekte für die Faktoren Zielreiz, Regelverletzung und Quintil (alle $F_s > 11,3$, alle $p_s < .01$). Auch hier zeigten sich demnach verlängerte Reaktionszeiten für Durchgänge ohne Zielreiz (7240 ms) gegenüber Durchgängen mit anwesendem Zielreiz (2938 ms), sowie die Anwesenheit der Regelverletzung zu einer Verlangsamung der Reaktionszeiten (5329 ms) führte gegenüber Durchgängen ohne Regelverletzung (4848 ms). Die durchschnittlichen Reaktionszeiten steigerten sich dabei von 2704 ms im ersten Quintil auf 7934 ms im fünften Quintil (2. Quintil: $M = 3875$ ms; 3. Quintil: $M = 4859$ ms; 4. Quintil: $M = 6072$ ms). Des Weiteren zeigten sich Interaktionen zwischen den Faktoren Zielreiz und Quintile, $F(4,60) = 9,4$, $p < .01$; $\eta_p^2 = .39$, und zwischen den Faktoren Regelverletzung und Quintile, $F(4,60) = 4,1$, $p < .05$; $\eta_p^2 = .21$. Post-hoc Vergleiche (korrigiert nach Bonferroni) zeigten schnellere Reaktionszeiten in Durchgängen in denen die Regelverletzung abwesend war, verglichen zu Durchgängen mit anwesender Regelverletzung in alle Quintilen, unabhängig davon, ob der Zielreiz anwesend oder abwesend war (alle $p_s < .05$). Ausgenommen waren hier das dritte Quintil für Durchgänge mit anwesendem Zielreiz ($p = .08$) und das letzte Quintil für Durchgänge ohne Zielreiz ($p = .30$). Die Ergebnisse der Haupteffekte sind in Abbildung 10 veranschaulicht.

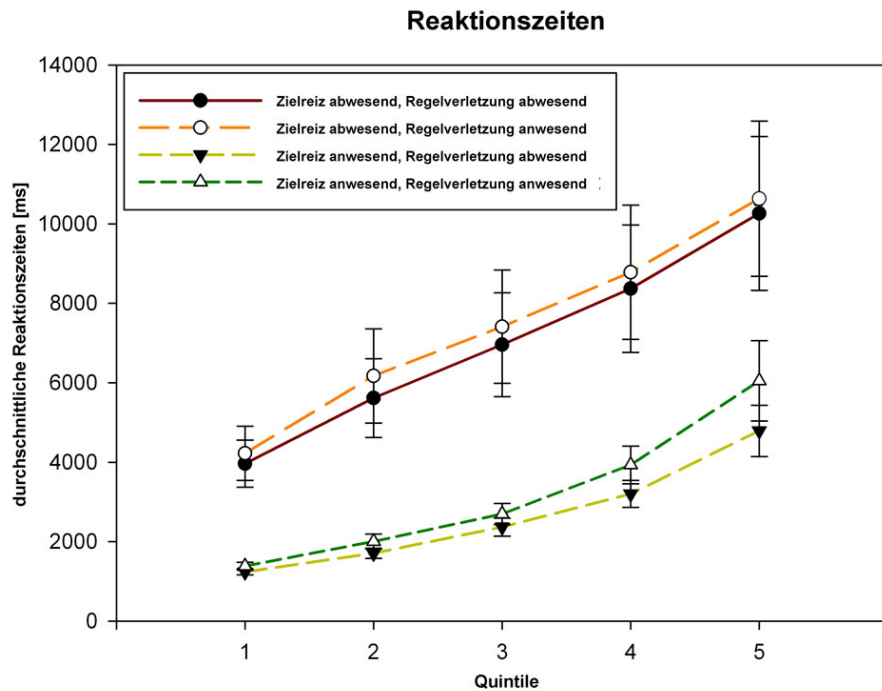


Abbildung 10: Analyseergebnisse der durchschnittlichen Reaktionszeiten pro Quintil

Analysiert man nur die gemittelten Reaktionszeiten jeder Versuchsperson des ersten Blocks, in dem alle Stimulusbilder das erste Mal präsentiert wurden, so ergab eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholungs-Design mit den Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Regelverletzung (anwesend vs. abwesend) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert) über die mittleren Reaktionszeiten lediglich einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Zielreiz, $F(1,15) = 22,4$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .60$. Auch hier zeigt sich demnach, dass Durchgänge mit anwesendem Zielreiz (3584 ms) durchschnittlich deutlich schneller bearbeitet werden als Durchgänge ohne Zielreiz (8017 ms).

3.3 Analyse der Augenbewegungen

Vorweg sei bei der Analyse der Augenbewegungen angemerkt, dass die jeweils erste Fixation jedes Durchgangs nicht in die Analyse eingeflossen ist, genau wie auch alle Fixationen unter 100 ms nicht berücksichtigt wurden. In 51,1% aller Durchgänge in denen eine Regelverletzung anwesend war, wurde diese nicht relevante Regelverletzung fixiert. Nur diese Durchgänge flossen in die weitere Analyse ein.

3.3.1 Fixationshäufigkeiten

Um vergleichen zu können, ob die Regelverletzung Aufmerksamkeit auf sich zieht, wurden die Anzahl der Fixationen auf die Regelverletzung verglichen mit einem

Referenzwert, der sich aus der Anzahl aller Fixationen in einem Durchgang, dividiert durch 32 (= Anzahl aller Kacheln im Relevanzbereich), errechnet. Die Anzahl der Fixationen wurde dabei über alle Versuchspersonen und Faktoren gemittelt. Durchgeführt wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Meßwiederholungs-Design für die Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Fixationsort (Regelverletzung vs. Referenzwert) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert) über die gemittelten Fixationshäufigkeiten. Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Fixationsort, $F(1,15) = 176,4$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .92$. Die Regelverletzung wurde demnach durchschnittlich signifikant häufiger (1,7) fixiert, verglichen mit dem Referenzwert (0,6). Des Weiteren ergab sich eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Fixationsort und Zielreiz, $F(1,15) = 10,0$, $p < .01$; $\eta_p^2 = .40$. Post-hoc Vergleiche (korrigiert nach Bonferroni) zeigten bezogen auf den Referenzwert in Durchgängen ohne Zielreiz durchschnittlich häufigere Fixationen (0,8) als in Durchgängen in denen ein Zielreiz vorhanden war (0,5), $p < .01$. Bezogen auf die durchschnittliche Anzahl der Fixationen auf die Regelverletzung hingegen zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Durchgängen mit Zielreiz (1,8) und ohne Zielreiz (1,6), $p = 0,42$. Ein signifikanter Unterschied zeigte sich sowohl in Durchgängen mit anwesendem, bzw. abwesendem Zielreiz zwischen der Regelverletzung und dem Referenzwert ($ps < .001$). In Durchgängen ohne Zielreiz wurde die Regelverletzung durchschnittlich signifikant häufiger (1,6) fixiert, verglichen mit dem Referenzwert (0,8). Ebenfalls ließ sich dieser Unterschied in Durchgängen mit Zielreiz erkennen, auch hier kam es zu durchschnittlich häufigeren Fixationen auf die Regelverletzung (1,8) verglichen mit dem Referenzwert (0,5).

3.3.2 Fixationsdauer

Bei der Analyse der Fixationsdauer wurde die Gesamtdauer der Fixationen auf die Regelverletzung mit einem Referenzwert verglichen, der sich aus der Dauer aller Fixationen in einem Durchgang, dividiert durch 32 (= Anzahl der Kacheln im Referenzbereich), errechnet. Die Fixationsdauer wurde hier ebenfalls für alle Versuchspersonen und Faktoren gemittelt. Es wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Meßwiederholungs-Design für die Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Fixationsort (Regelverletzung vs. Referenzwert) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert) über die gemittelten Fixationsdauern durchgeführt. Dabei ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Fixationsort, $F(1,15) = 33,2$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .69$. Die Dauer der Fixation auf die Regelverletzung (535 ms) war demzufolge durchschnittlich signifikant länger als die Fixationsdauer des Referenzwertes (180 ms), die Regelverletzung wird demzufolge signifikant länger betrachtet. Auch hier zeigte

sich eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Fixationsort und Zielreiz, $F(1,15) = 4,6$, $p < .05$; $\eta_p^2 = .23$. Post-hoc Vergleiche (korrigiert nach Bonferroni) zeigten bezogen auf den Referenzwert bei abwesendem Zielreiz durchschnittlich längere Fixationen (218 ms) als in Durchgängen in denen der Zielreiz vorhanden war (141 ms), $p < .05$. Bezogen auf die Dauer der Fixationen auf die Regelverletzung hingegen zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Durchgängen mit Zielreiz (617 ms) bzw. ohne Zielreiz (453 ms), $p = 0,18$. Ein signifikanter Unterschied zeigte sich sowohl in Durchgängen mit anwesendem, bzw. abwesendem Zielreiz zwischen der Regelverletzung und dem Referenzwert ($ps < .01$). In Durchgängen ohne Zielreiz wurde die Regelverletzung durchschnittlich signifikant länger (453 ms) fixiert verglichen mit dem Referenzwert (217 ms), ebenfalls ließ sich dieser Unterschied in Durchgängen mit Zielreiz erkennen, auch hier kam es zu durchschnittlich längeren Fixationen auf die Regelverletzung (617 ms) verglichen mit dem Referenzwert (141 ms).

3.3.3 Beginn der Fixation

Für diese Analyse wurde ein Vergleich des gemittelten Beginns der Fixation auf die Regelverletzung mit dem gemittelten Beginn der Fixation auf alle anderen Orte durchgeführt. Gemittelt wurden diese wieder über alle Versuchspersonen und Faktoren. Auch hier wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Meßwiederholungs-Design für die Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Fixationsort (Regelverletzung vs. alle anderen Kacheln) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert) über die gemittelten Fixationsbeginne durchgeführt. Diese Varianzanalyse ergab einen signifikanten Haupteffekt für die Faktoren Zielreiz ($F(1,15) = 15,36$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .51$) und Fixationsort ($F(1,15) = 22,51$, $p < .001$; $\eta_p^2 = .60$). In Durchgängen mit abwesendem Zielreiz zeigte sich ein durchschnittlich späterer Beginn der Fixation (4170 ms) als in Durchgängen mit Zielreiz (2452 ms). Der mittlere Beginn der Fixation auf die Regelverletzung war im Allgemeinen früher (2786 ms), als für alle anderen Orte (3836 ms), demzufolge wurde die Regelverletzung durchschnittlich generell früher betrachtet als alle anderen Orte.

4. Diskussion

Die gegenwärtige Studie ging der Frage nach, ob Fehler in Fotografien von natürlichen Szenen Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Unter einem Fehler ist hier eine Regelverletzung zu verstehen, die dadurch erzeugt wurde, dass eine der 64 imaginären Kacheln eines quadratischen Stimulusbildes um 90° gedreht wurde. Die Hälfte der 64 verwendeten Stimulusbilder war dabei durch eine hohe Konsistenz der Orientierungen auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen ausgezeichnet, die anderen 32 Stimulusbilder wiesen eine Heterogenität der Orientierungen auf. Je ausgeprägter die Homogenität der Orientierung in einem Bild ist, desto größer ist die Erwartung einer klaren Regularität und desto mehr sollte eine Verletzung dieser Konsistenz der Orientierung durch eine Regelverletzung ins Gewicht fallen. Die Versuchspersonen hatten in der gegenwärtigen Studie eine Suchaufgabe zu bewältigen, wobei sie entscheiden mussten, ob ein Zielreiz in Form einer verschwommenen Scheibe auf einer der Kacheln im präsentierten Stimulusbild vorhanden war oder nicht.

Die Ergebnisse zeigten, trotzdem der Zielreiz schwierig ausfindig zu machen war, adäquate Bearbeitungsleistungen der Suchaufgabe, die Zufallsurteile ausschließen lassen. Die Leistungen in Durchgängen ohne Regelverletzung fielen dabei besser aus, als bei anwesender Regelverletzung. Für die korrekte Bearbeitung der Suchaufgabe beanspruchten die Versuchspersonen in Durchgängen mit anwesender Regelverletzung mehr Zeit als in Durchgängen ohne Regelverletzung. Der zeitliche Mehraufwand durch die Regelverletzung war über die gesamte Bearbeitungszeit hinweg gleichmäßig verteilt. Des Weiteren wurde die Regelverletzung im Allgemeinen durchschnittlich häufiger und länger fixiert als der Referenzwert, so wie sie generell durchschnittlich früher betrachtet wurde als alle anderen nicht regelverletzenden Kacheln.

In Bezug auf die beiden Stimulusgruppen (orientiert vs. nicht-orientiert) konnte der erwartete Unterschied im vorliegenden Experiment nicht gefunden werden. Die Regelverletzung scheint auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse unabhängig von der Konsistenz der Orientierung auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Lediglich in Bezug auf die Reaktionszeit ergibt sich in der durchgeführten Varianzanalyse ein dreifacher Interaktionseffekt zwischen den Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Regelverletzung (anwesend vs. abwesend) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert), der einen Unterschied zwischen den beiden Stimulusgruppen erkennen lässt.

Damit ist die Frage, ob Fehler in Fotos von natürlichen Szenen Aufmerksamkeit auf sich ziehen, anhand der vorliegenden Ergebnisse positiv zu beantworten. Fehler in Form einer Regelverletzung, die sich aus einer um 90° gedrehten Kachel ergibt, ziehen in Fotografien

von natürlichen Szenen die Aufmerksamkeit auf sich, und zwar geschieht dies nach den gegenwärtigen Ergebnissen unabhängig von der Ausprägung der Konsistenz der Orientierungen auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen in den Stimulusbildern.

Wie auch in den Vorexperimenten mit Reizmosaik als Stimulusmaterial kam es zu einem Anstieg der Reaktionszeiten durch die reine Anwesenheit der Regelverletzung. Eine Verlängerung der Reaktionszeiten wird in der Literatur als Aufmerksamkeitsablenkung verstanden (z.B. Horstmann, 2002, 2009; Horstmann & Becker, 2011; Rauschenberger & Yantis, 2001; Treisman & Gelade, 1980). So führte bei Rauschenberger und Yantis (2001) eine unerwartet auftauchende Figur auf globaler Ebene zu einer verlängerten Reaktionszeit. Versuchspersonen ließen sich folglich von dieser Figur ablenken, obwohl sie sich auf die lokale Ebene zu konzentrieren hatten, auf der der Zielreiz zu suchen war. Auch bei Horstmann (2002, 2009) ergab sich eine verlängerte Reaktionszeit durch einen überraschend auftauchenden Farbhinweisreiz. Ebenfalls konnten diesen Anstieg der Reaktionszeit Horstmann und Becker (2011) zeigen, die in ihrem Experiment zusätzlich invalide Durchgänge, in denen der aufzusuchende Zielreiz nicht mit dem unerwartet auftauchenden Farbhinweisreiz kombiniert war, inkludierten. In diesen invaliden Versuchsdurchgängen enthielt der unerwartete Farbhinweisreiz keine relevante Information für die Bewältigung der Suchaufgabe, trotzdem wurde die Aufmerksamkeit davon abgelenkt, wie sich in der verlängerten Reaktionszeit zeigte. Ein zeitlicher Mehraufwand wird demnach als Konsequenz von Aufmerksamkeitszuweisungen verstanden. Auch in der gegenwärtigen Studie enthielt die Regelverletzung keine Information für die zu bewältigende Suchaufgabe. Die Regelverletzung war in keinem der Durchgänge mit dem Zielreiz kombiniert. Deswegen kann die verlängerte Reaktionszeit in Durchgängen mit anwesender Regelverletzung im gegenwärtigen Experiment ebenfalls als Konsequenz von einer Aufmerksamkeitszuweisung auf die Regelverletzung interpretiert werden.

Einen weiteren Hinweis darauf, dass es zu einer Aufmerksamkeitsablenkung kam, gibt der signifikante Unterschied der Bearbeitungsgenauigkeit zwischen Durchgängen mit und ohne Regelverletzung. In Durchgängen mit Regelverletzung zeigten die Versuchspersonen signifikant schlechtere Bearbeitungsleistungen. Der hier berechnete Signalentdeckungsparameter (d') ist ein Maß für die Erkennbarkeit eines Zielreizes für einen bestimmten Beobachter (Swets, Tanner & Birdsall, 1961), er besagt demnach wie sensitiv eine Person gegenüber dem Zielreiz ist. Diese Sensitivität gegenüber dem Zielreiz wird in der gegenwärtigen Studie signifikant von der Anwesenheit der Regelverletzung beeinflusst. Das

heißt im Umkehrschluss wiederum, dass die Regelverletzung einen Effekt in Form von verminderter Antwortgenauigkeit hat.

Diese beiden genannten Hinweise für eine Aufmerksamkeitsablenkung durch die Regelverletzung sind nicht von visuell-räumlicher Natur. Eine tatsächliche visuell-räumliche Aufmerksamkeitsablenkung lässt sich erst durch die Exploration der Augenbewegungen darlegen. Ein Zusammenhang zwischen Augenbewegungen, bzw. Fixation und den Wahrnehmungsinhalten wird u.a. von Fuchs et al. (2010) und Henderson (2003) postuliert. Henderson (2003) spricht von einem Einblick in die Funktionen Aufmerksamkeitssystems durch Augenbewegungen. Der Wahrnehmungsgegenstand einer Person kann demzufolge mit der Blickausrichtung in Einklang gebracht werden. Wird der Blick auf die Regelverletzung ausgerichtet, so kann von einer visuell-räumlichen Aufmerksamkeitsablenkung durch die Regelverletzung ausgegangen werden. Obwohl die Regelverletzung, wie bereits beschrieben, keine Informationen lieferte um die Suchaufgabe zu bewältigen, wurde sie in knapp über der Hälfte (51,1%) der Durchgänge mit Regelverletzung fixiert. Die gegenwärtigen Ergebnisse zeigten weiters eine häufigere Fixation der Regelverletzung, genau wie diese auch von längerer Dauer war, verglichen mit einem Referenzwert, der sich aus allen Fixationen durch die Anzahl der Kacheln im Referenzbereich ergibt (32). Weiters zeigte sich eine frühere mittlere Blickausrichtung auf die Regelverletzung als auf alle anderen Kacheln. Eine visuell-räumliche Aufmerksamkeitsablenkung durch die Regelverletzung kann demzufolge durch die Ergebnisse der Analyse der Augenbewegungen als gegeben angesehen werden.

Die große Frage, die sich aufgrund der gegenwärtigen Ergebnisse stellt, ist, warum es nicht zu dem erwarteten Unterschied zwischen den beiden Stimulusgruppen kommt. Eine Regelverletzung sollte deutlich mehr ins Gewicht fallen, wenn die Stimulusbilder eine klare Homogenität der Orientierungen auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen aufweisen. Bei Bildern der Stimulusgruppe „orientiert“ wurden folglich deutlichere Effekte von Aufmerksamkeitsablenkung, in Form von verlängerter Reaktionszeit und häufigerer, längerer und früherer Fixation, durch die Regelverletzung erwartet. Diese Erwartung wurde in den gegenwärtigen Ergebnissen nicht bestätigt. Obwohl sich unter den Durchgängen mit Regelverletzung, in denen diese auch mit dem Blick bedacht wurde, mehr Durchgänge mit Stimulusbildern der Kategorie „orientiert“ (58,5%) befinden, als Durchgänge mit nicht-orientierten Stimulusbildern (41,5%), kam es aber zu keinem signifikanten Unterschied zwischen beiden Stimulusgruppen. Warum konnte dieser erwartete Unterschied nicht gefunden werden?

Zum einen könnte dies den Grund haben, dass in beiden Stimulusgruppen die Regelverletzung nicht ins Gewicht fällt. Gegen diese Vermutung sprechen eindeutig die oben genannten Ergebnisse, die einen Einfluss der Regelverletzung deutlich erkennen lassen. Wie bereits erläutert, gibt es ausschlaggebende Hinweise, dass die Regelverletzung zu einer sich signifikant auswirkenden Aufmerksamkeitsablenkung führt, die sich in einer Beeinflussung der Antwortgenauigkeit, verlängerten Reaktionszeiten und früheren, häufigeren und längeren Fixationen auf die Regelverletzung zeigen. Eine Regelverletzung fällt deutlich ins Gewicht.

Auf der anderen Seite könnte es zu keinem Unterschied zwischen den Stimulusgruppen gekommen sein, da bei der gegenwärtigen Studie andere Einflüsse aufgetreten sein könnten, die sich unabhängig von der globalen Regularität ausgewirkt haben könnten. Diese werden im Folgenden diskutiert.

Das Augenmerk wurde in dieser Studie explizit auf die niedrigen Raumfrequenzen gelegt. Diese wurden als Gamma-Funktion in Polardiagrammen dargestellt, wobei die Gestalt der Gamma-Funktion als Kriterium für die Unterteilung der Bilder in die Stimuluskategorien (orientiert vs. nicht-orientiert) diente. Die niedrigen Raumfrequenzen repräsentieren die grobe Struktur eines Bildes (Bar, 2004), die v.a. dann relevant sind, wenn es darum geht einen möglichst schnellen ersten Eindruck einer Szene zu generieren (Schyns & Oliva, 1994). Niedrige Raumfrequenzen konnten schon nach 30 ms zu einer Szenenidentifikation führen, während nach 150 ms die hohen Raumfrequenzen zur Szenenidentifikation herangezogen werden. Bekannterweise werden niedrige Raumfrequenzen sehr schnell verarbeitet (Bar, 2004; Schyns & Oliva, 1994). Dies entspricht auch der hohen Geschwindigkeit der Verarbeitung im magnozellulären Pfad (Thielsch & Hirschfeld, 2011), in dem die niedrigen Raumfrequenzen verarbeitet werden. In der gegenwärtigen Studie bewegt man sich aber bei der Analyse der Reaktionszeiten im Bereich von durchschnittlich über 2000 ms bis zu 8000 ms, sowie einem mittleren Beginn der Fixation von über 2000 ms. In diesem zeitlichen Bereich ist ein Einfluss der hohen Raumfrequenzen wahrscheinlich und lässt einen Einfluss dieser auf die gegenwärtigen Ergebnisse vermuten.

Da es sich beim gegenwärtigen Stimulusmaterial um Fotografien von natürlichen Szenen handelt, die keine gleichmäßige Verteilung der Salienz über das komplette Bild zeigen, wie es bei den Vorexperimenten mit Reizmosaik der Fall war, stellt sich die Frage, ob sich Versuchspersonen von hoch-salienten Bildregionen nach dem Salienzmodell von Itti, Koch und Niebur (1998) ablenken lassen. Auch wenn bei Erstellen des Stimulusmaterials darauf geachtet wurde, dass Bildinhalte, die die visuelle Aufmerksamkeit auf besondere Weise beeinflussen, wie z.B. Personen, Schriftzüge und Tiere (Bindemann, Burton, Hooge,

Jenkins & de Haan, 2005; Cerf, Frady & Koch, 2008, Kirchner & Thorpe, 2006), vermieden wurden, so sind deutlich auffälligere Bildregionen nach dem Salienzmodell nicht auszuschließen, die die Aufmerksamkeitszuweisung beeinflussen könnten. Ein Einfluss des Salienzmodells auf die Blickausrichtung bei Fotografien konnte bereits von mehreren Autoren nachgewiesen werden (z.B. Fuchs et al., 2010; Parkhurst et al., 2000; Peters, Iyer, Itti & Koch, 2004). Trotzdem Versuchspersonen bei Fuchs et al., 2010 bereits mit einem Stimulusbild vertraut waren, bei dem ein aufzusuchender Zielreiz in einer niedrig-salienten Bildregion platziert war, konnte bei erneuter Präsentation des selben Bildes eine Präferenz für hoch-saliente Bildregionen dieses Bildes festgestellt werden. Ebenfalls präferierten Versuchspersonen hoch-saliente Regionen, wenn kein Zielreiz im Bild präsent war und dieses vorher nicht bereits betrachtet wurde. Ein Einfluss von hoch-salienten Bildregionen konnte deutlich nachgewiesen werden und könnte im gegenwärtigen Experiment Einfluss genommen haben.

Ein weiterer Effekt der aufgetreten sein könnte, ist der, dass Versuchspersonen sehr schnell in der Lage sind eine Szene zu erkennen, woraufhin aufgebaute Erwartungen und Vorstellungen über die Gestaltung der gerade identifizierten Szene aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden. Abweichungen von diesen Erwartungen, bzw. von abgespeichertem Vorwissen über die Gestalt von natürlichen Szenen könnten dann, wiederum unabhängig von der globalen Regularität, rein auf Basis von Erwartungsverletzungen, die Aufmerksamkeit in besonderer Weise ablenken. Dass das Wesentliche bzw. die Bedeutung einer Szene durch einen flüchtigen Eindruck knapp über 100 ms herausgefiltert werden kann, konnte u.a. von Intraub (1981), Potter (1975) und Thorpe, Fize und Marlot (1996) nachgewiesen werden. Schnys und Oliva (1994) zeigten, dass bereits nach einem ersten Eindruck von 30 ms die betrachtete Szene auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen identifiziert werden kann. Also reicht ein erster Eindruck von 30-100 ms demnach aus um eine Szene zu identifizieren. Auf dieser Basis kann sehr schnell Vorwissen über die erwartete Gestalt der Szene aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden. Weicht die betrachtete Szene von dem aus dem Gedächtnis aktivierten Vorwissen ab, ist damit also nicht mit diesem konsistent, könnte dies zu Aufmerksamkeitsablenkungen führen. Solche Szenenkonsistenzeffekte konnten z.B. Davenport und Potter (2004), bzw. Davenport (2007) nachweisen. Objekte im Vordergrund bzw. Szenenhintergründe, die jeweils miteinander konsistent waren, konnten genauer benannt werden, im Gegensatz zu inkonsistenten Kombinationen von Objekten und Szenenhintergründen, wobei sich diese Effekte schon nach einer Bildpräsentation von nur 80 ms erkennen ließen. So könnte es in der gegenwärtigen

Studie möglich gewesen sein, dass eine Regelverletzung als inkonsistent mit dem Vorwissen über die gezeigte Szene ist, und deshalb Aufmerksamkeit auf sich zieht, wobei dies unabhängig von der globalen Regularität für Bilder aus beiden Stimulusgruppen zutreffen könnte.

Es ist auch möglich, dass sich die Erwartungen der Versuchspersonen gegenüber der Gestalt der präsentierten Stimulusbilder erst im Laufe des Experiments aufgebaut haben. Die Versuchspersonen durchlaufen insgesamt vier Blöcke in denen alle 64 Stimulusbilder einmal gezeigt werden. Insgesamt sieht eine Versuchsperson demnach ein Bild vier Mal. Im ersten Block, in dem alle Bilder ein erstes Mal gezeigt wurden, konnte in Bezug auf die Analyse der Reaktionszeiten nur ein Haupteffekt für den Zielreiz nachgewiesen werden, Versuchspersonen beantworteten die Suchaufgabe bei anwesendem Zielreiz signifikant schneller. Einen Einfluss auf die Reaktionszeiten durch die Regelverletzung konnte im ersten Block nicht gefunden werden. Wird ein Bild zum wiederholten Male gezeigt, so ist die Gestaltung der Szene bereits bekannt, ausgenommen der Stellen, die von der Gestalt der ersten Präsentation abweichen. Wird ein Bild beim ersten Mal ohne Regelverletzung präsentiert und beim zweiten Mal mit dieser, so kann die Regelverletzung allein deswegen den Blick auf sich ziehen, da sie als abweichend von der ursprünglichen Gestaltung der Szene angesehen wird. Sie kann also als neue, unerwartete Bildregion oder neuer, ablenkender Reiz angesehen werden. Dass neue ablenkende Reize (= Distraktoren), unter bereits bekannten, in Zielreiz abwesenden Durchgängen bevorzugt betrachtet werden, zeigten u.a. Yang, Chen und Zelinsky (2009). Sie bezeichnen dieses Phänomen als „negative Ablenkung“ (engl. „negative guidance“). Darunter verstehen sie, dass Probanden die visuellen Merkmale, die mit bekannten Distraktoren in Verbindung gebracht werden, lernen, und ihren Blick folglich weg von diesen Merkmalen auf neue Distraktoren lenken, die mit größerer Präferenz fixiert werden. Johnston, Hawley, Plewe, Elliot und DeWitt (1990) bezeichneten diesen Effekt auch als „Herausstechen von Neuartigkeit“ (engl. „novel popout“). Versuchspersonen hatten bei diesen Experimenten die Platzierung von Wörtern rückzumelden. Anfangs wurden dazu vier Wörter auf einem Bildschirm gezeigt, gefolgt von diversen Masken bevor das Wort präsentiert wurde, dessen Platzierung auf dem anfänglichen Bildschirm rückgemeldet werden musste. Versuchspersonen konnten die Platzierung von neuen Wörtern auf dem anfänglichen Bildschirm am genauesten rückmelden. Mit diesem „Herausstechen von Neuartigkeit“ meinen sie demnach, dass die Aufmerksamkeit weg von bereits vertrauten Bildregionen (oder Objekten) hin zu weniger vertrauten Regionen (oder Objekten) gelenkt wird. Ein ähnlicher Effekt könnte sich bei der gegenwärtigen Studie gezeigt haben, wobei die erste Präsentation

eines Stimulusbildes, zur Erwartungsgenerierung diene und folglich bei weiteren Präsentationen des selben Bildes alle anders gestalteten Kacheln allein deswegen die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, da sie als unerwartet und neuartig eingestuft werden, unabhängig davon, ob eine globale Regularität in einem Bild gegeben ist.

Ebenfalls unabhängig von der globalen Regularität könnte sich der Einfluss von Farbe in der gegenwärtigen Studie ausgewirkt haben. Evolutionär bedingt ist der Mensch vertrauter mit Naturszenen und den darin vorkommenden Farben. Von einem erfahrungsbasierten Wissen um Farbe kann ausgegangen werden. Dass Farbe bei der Verarbeitung von Szenen eine Rolle spielt, konnten Oliva und Schyns (2000) zeigen. In ihren Experimenten waren Versuchspersonen langsamer und weniger effizient bei der Kategorisierung von Szenen, wenn diese achromatisch gezeigt wurden. Dieses Phänomen konnte aber nur für Naturszenen, wie z.B. Felder, Täler oder Wälder, beobachtet werden, wobei hier auch eine Verlangsamung der Reaktionszeit auftrat, wenn diese genannten Szenen in untypischen Farben gezeigt werden (beispielsweise, ein blauer Strand mit gelbem Wasser). Bei künstlich erschaffenen Szenen hingegen (z.B. Innenräume, Städte, Straßen) zeigte sich kein Unterschied in Bezug auf die Kategorisierungsleistung von Versuchspersonen, wenn diese achromatisch oder farbig gezeigt wurden. Dies lässt einen verminderten Einfluss von Farbe auf künstlich erschaffene Szenen erkennen und damit eine verminderte Vertrautheit mit der Farbgebung in diesen Szenen. In der gegenwärtigen Studie kann dies in einem unterschiedlichen Farbeinfluss auf orientierte Stimulusbilder resultieren, die zumeist solche künstlich geschaffenen Szenen sind. Dazu kommt, dass das menschliche Auge für Licht mit grünen Wellenlängen am empfindlichsten reagiert (Bear, Connors, & Paradiso, 2009a). Stäbchen haben ihre maximale Empfindlichkeit bei einer Wellenlänge von 500nm, was unter photopischen Bedingungen als blau-grün wahrgenommen werden würde, während Zäpfchen ihre maximale Empfindlichkeit bei ca. 560nm haben, d.h. im grün-gelben Bereich (Pinel, 2007). Dieser Tatsache, dass das menschliche Auge empfindlicher auf grün reagiert, und, um dem Schärfeeindruck des menschlichen Auges entgegen zu kommen, macht man sich dies auch in der digitalenameratechnik bei den eingebauten Farbsensoren zu Nutze (Che'Rose, 2008; Maschke, 2004). Der Grünkanal ist hier in besonderer Weise berücksichtigt, bzw. überrepräsentiert. Grünabstufungen sind für den Menschen demnach deutlich vertrauter, da sie überwiegend in der Natur vorkommen. Da nicht-orientierte Bilder überwiegend Naturszenen zeigen, sind Grünabstufungen hier deutlich überrepräsentiert. Unterstützt wird diese Vermutung, dass natürlich vorkommende Farbabstufungen valider sind auch durch die Aussage einer

Versuchsteilnehmerin, die am Ende des Experiments anmerkte bei „grünen Bildern“ eine deutliche Erleichterung der Bewältigung der Suchaufgabe festgestellt zu haben.

Ein weiterer Faktor, der unabhängig von globaler Regularität eingewirkt haben könnte, sind unterschiedliche Betrachtungsvoraussetzungen für Bilder aus den verschiedenen Stimulusgruppen. Orientierte Stimulusbilder zeigen überwiegend künstlich erschaffene Szenen, wie Häuserfronten oder -fluchten, wohingegen nicht-orientierte Stimulusbilder überwiegend Naturszenen abbilden. Es konnte von Kaplan, Kaplan und Wendt (1972) eine deutliche Präferenz für Bilder mit Naturszenen nachgewiesen werden. Das Betrachten von Naturszenen wurde als erfrischender und angenehmer eingestuft als das Betrachten von städtischen Szenen (Berman, Jonides & Kaplan, 2008). Das Interagieren mit der Natur, bzw. das alleinige Betrachten von abgebildeten Naturszenen wirkt sich auch positiv auf die emotionale Befindlichkeit aus, sowie es auch zu einer Reduktion von Ärger und Aggression und einem Absinken von Stresswerten gekommen ist (Hartig et al., 2003; Ulrich, 1979; Ulrich, Simons, Losito, Fiorito, Miles & Zelson, 1991). Bei der Betrachtung von Bildern mit städtischen Szenen zeigten sich gegensätzliche Effekte (Hartig et al., 2003), wie ein negativer Einfluss auf das emotionale Wohlbefinden und ansteigende Stresswerte (Hartig et al., 2003; Ulrich, 1979). Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass die Interaktion mit der Natur, sei es durch tatsächliches aktives Aufhalten in der Natur, oder allein durch Betrachtung von Bildern mit Naturszenen, sich positiv Aufmerksamkeits-, bzw. Konzentrationsleistungen auswirkten (Berman, Jonides & Kaplan, 2008; Berto, 2005; Cimprich & Ronis, 2003; Hartig, Evans, Jamner, Davis & Gärling, 2003; Ottosson & Grahn, 2005; Taylor, Kuo, & Sullivan, 2002). Eine über alle Stimulusbilder aus den unterschiedlichen Gruppen gleiche emotional-neutrale Betrachtungsvoraussetzung kann demnach nicht als uneingeschränkt gegeben angesehen werden und könnte unabhängig von der globalen Regularität auf die Ergebnisse eingewirkt haben.

Einen Hinweis auf einen Unterschied zwischen den Stimulusgruppen (orientiert vs. nicht-orientiert) ergab sich, wie oben bereits angedeutet, bei der Analyse der Reaktionszeiten bei der durchgeführten Varianzanalyse aus der dreifachen Interaktion zwischen den drei Faktoren Zielreiz (anwesend vs. abwesend), Regelverletzung (anwesend vs. abwesend) und Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert). Es zeigte sich ein Unterschied zwischen den Stimulusgruppen bei Durchgängen mit Zielreiz, aber ohne Regelverletzung: Die Versuchspersonen reagierten hier bei nicht-orientierten Stimulusbildern signifikant schneller als bei orientierten Stimulusbildern. Dieses Ergebnis könnte für eine erhöhte Sensibilität von

Naturszenen sprechen, z.B. durch vertrautere Farbgebung oder durch abgespeichertes Vorwissen. Weiters zeigte sich ein unterschiedlicher Einfluss der Regelverletzung auf die Reaktionszeit in den verschiedenen Stimulusgruppen: Bei orientierten Stimulusbildern in Durchgängen ohne Zielreiz reagierten Versuchspersonen langsamer bei anwesender Regelverletzung. Hingegen war dies bei nicht-orientierten Stimulusbildern bei Durchgängen mit Zielreiz der Fall, hier verlängerte sich die Reaktionszeit durch Anwesenheit der Regelverletzung. Dieses Ergebnis gibt einen Hinweis für einen unterschiedlichen Effekt der Regelverletzung auf die beiden Stimulusgruppen, die sich aufgrund der diskutierten Einflüsse ergeben haben könnten.

Conclusio. Zusammenfassend lässt sich damit aufgrund der gegenwärtigen Ergebnisse sagen, dass eine Regelverletzung zu einer Aufmerksamkeitsablenkung führt. Dies geschieht nach den gegenwärtigen Ergebnissen unabhängig von der Stimulusgruppe (orientiert vs. nicht-orientiert). Einflüsse, die unabhängig von der globalen Regularität auf Basis der niedrigen Raumfrequenzen wirken, können nicht ausgeschlossen werden und sollten in weiteren Analysen, bzw. Folgestudien näher beleuchtet werden.

Ausblick. Um mögliche Einflüsse unabhängig der globalen Regularität ausschließen zu können, sollten für zukünftige Analysen bzw. Folgestudien oben diskutierte Einflüsse berücksichtigt werden. Zum einen sollten die hohen Raumfrequenzen mit in die Analyse einbezogen werden und deren Auswirkung auf die Orientierung in Bildern kontrolliert werden. Des Weiteren sollte ein Reizset angestrebt werden, das unterschiedliche Voraussetzungen der Bildbetrachtung sowohl in Bezug auf die Farbgebung als auch in Bezug auf das Vorwissen, bzw. der emotionalen Neutralität, ausschließt. Beispielsweise könnte hier angestrebt werden für Stimulusbilder beider Kategorien Naturszenen zu verwenden, bzw. für beide künstliche Szenen, wie städtische Szenen. Um dem möglichen Farbeinfluss in Naturszenen entgegenzuwirken, könnte auch eine achromatische Bildpräsentation angestrebt werden. Weiters sollte eine genauere Analyse der Augenbewegungen des ersten Versuchsblockes, die weiteren Aufschluss über die tatsächliche visuell-räumliche Aufmerksamkeitsausrichtung im ersten Versuchsblock gibt, sowie eine nach Versuchsblöcken aufgetrennte Analyse der Augenbewegungs- und behavioralen Daten angestrebt werden um mögliche Effekte einer Erwartungsgenerierung während des Experiments näher beleuchten zu können. Und schließlich sollte für zukünftige Studien in die Analyse der Augenbewegungen ein möglicher Einfluss der hoch-salienten Bildregionen nach dem Salienzmodell mit

einbezogen werden. Ein weiterer Ansatz, der eine Aufmerksamkeitsablenkung durch die Regelverletzung zusätzlich überprüfen könnte, wäre prädiktive Durchgänge in den Versuchsaufbau einzuschließen, d.h. Durchgänge in denen die Regelverletzung mit dem Zielreiz zusammenfällt. Kommt es zu einer Aufmerksamkeitsablenkung durch die Regelverletzung, sollten Reaktionszeiten für prädiktive Durchgänge, in denen die Regelverletzung gleichzeitig die relevante Information für die Bewältigung der Suchaufgabe enthält, kürzer ausfallen.

Literatur

- Albright, T.D. (1995). „My most true mind thus makes mine eye untrue“. *Trends in Neurosciences*, 18, 331-333.
- Ansorge, U., & Leder, H. (2011). Wahrnehmung und Aufmerksamkeit. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften - Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011.
- Baldi, P., & Itti, L. (2005). Attention: bits versus wows. *Proceedings of 2005 International Conference on Neural Networks and Brain*, PL-56-61.
- Bar, M. (2004). Visual objects in context. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 617-629.
- Bear, M. F., Connors, B.W., & Paradiso, M.A. (2009a). Das Auge. In A. K. Engel (dt. Hrsg.), Neurowissenschaften - ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie (3. Auflage) (S.303-337). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Bear, M. F., Connors, B.W., & Paradiso, M.A. (2009b). Das zentrale visuelle System. In A. K. Engel (dt. Hrsg.), Neurowissenschaften - ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie (3. Auflage) (S.339-376). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Becker, S. I., & Horstmann, G. (2011). Novelty and saliency in attentional capture of unannounced motion singletions. *Acta Psychologica*, 136, 290-299.
- Berman, M.C., Jonides, J. & Kaplan, S. (2008). The Cognitive Benefits of Interacting With Nature. *Psychological Science*, 19(12), 1207-1212.
- Berto, R. (2005). Exposure to restorative environments helps restore attentional capacity. *Journal of Environmental Psychology*, 25, 249–259.
- Bindemann, M., Burton, A., Hooze, I., Jenkins, R., & de Haan, E. (2005). Faces retain attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1048–1053.

Bortz, J., & Döring, N., 2006. Forschungsmethoden und Evaluation. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Cerf, M., Frady, E., & Koch, C. (2008). Using semantic content as cues for better scanpath prediction. *Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research & applications*, 143-146.

Cerf, M., Frady, E., & Koch, C. (2009). Faces and text attract gaze independent of the task: Experimental data and computer model. *Journal of Vision*, 9(12/10), 1-15.

Che'Rose, S. (2008). Farbe besser sehen. *Industrial Vision*, 2, 34-35.

Cimprich, B. & Ronis, D.L. (2003). An environmental intervention to restore attention in women with newly diagnosed breast cancer. *Cancer Nursing*, 26(4), 284-292.

Collin, C.A., & McMullen, P.A. (2005). Subordinatelevel categorization relies on high spatial frequencies to a greater degree than basic--level categorization. *Perception & Psychophysics*, 67(2), 354-364.

Darwin, C. (1965). *The expression of the emotions in man and animals*. Chicago: The University of Chicago Press. (Original work published 1872).

Davenport, J.L. (2007). Consistency effects between objects in scenes. *Memory & Cognition*, 35(3), 393-401.

Davenport, J.L. & Potter, M.C. (2004). Scene consistency in object and background perception. *Psychological Science*, 15, 559-564.

Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual review of neuroscience*, 18, 193-222.

Eysenck, M.W., & Keane, M.T. (2010). Cognitive Psychology: A student's handbook (6th edition). Hove: Psychology Press.

- Feldman, J.A. (1982). Dynamic connections in neural networks. *Biological Cybernetics*, 46(1), 27-39.
- Feldman, J.A., & Ballard, D.H. (1982). Connectionist models and their properties. *Cognitive Science*, 6(3), 205-254.
- Findlay, J.M., & Walker, R. (1999). A model of saccade generation based on parallel processing and competitive inhibition. *Behavioral and brain sciences*, 22, 661–721.
- Fuchs, I., Ansorge, U., Redies, C., & Leder, H. (2010). Saliency in paintings: bottom-up influence on eye fixations. *Cognitive Computation*, 3(1), 25-36.
- Hartig, T., Evans, G.W., Jamner, L.D., Davis, D.S. & Gärling, T. (2003). Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23, 109–123.
- Henderson, J.M. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 498-504.
- Horstmann, G. (2002). Evidence for attentional capture by a surprising colour 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 Psychology: Human Perception and Performance*, 31(5), 1039–1060.
- Horstmann, G., & Becker, S.I. (2011). Evidence for goal-independent attentional capture from validity effects with unexpected novel color cues - A response to Burnham (2007). *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(3), 512-517.
- Horstmann, G., & Schützwohl, A. (1998). Der Einfluss der Verknüpfungsstärke von Schemaelementen auf die Stärke der Überraschungsreaktion. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 45, 203-217.

- Hu, F. K., Samuel, A. G., & Chan, A. S. (2011). Eliminating Inhibition of Return by Changing Salient Nonspatial Attributes in a Complex Environment. *Journal of Experimental Psychology – General*, 140(1), 35-50.
- Intraub, H. (1981). Rapid conceptual identification of sequentially presented pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 7, 604-610.
- Itti, L., & Baldi, P. (2005). A Principled Approach to Detecting Surprising Events in Video. *Proceedings in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 631-637.
- Itti, L., & Baldi, P. (2009). Bayesian surprise attracts human attention. *Vision Research*, 49, 1295–1306.
- 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.
- Itti, L., & Koch, C. (1999). A comparison of feature combination strategies for saliency-based visual attention systems. In *SPIE Human Vision and Electronic Imaging IV (HVEI'99)*, Volume 3644 (S. 473–482). San Jose.
- 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. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature Reviews. Neuroscience*, 2(3), 194-203.
- Jin, D.Z., & Seung, H.S. (2002). Fast computation with spikes in a recurrent neural network. *Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics*, 65(5 Pt1), 051922-1 - 051922-4.
- Johnston, W.A., Hawley, K.J., Plewe, S.H., Elliott, J.M.G. & DeWitt, M. J. (1990). Attention capture by novel stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 397-411.

- Kaplan, S., Kaplan, R. & Wendt, J.S. (1972). Rated preference and complexity for natural and urban visual material. *Perception & Psychophysics*, 12 (4), 354-356.
- Kirchner, H., & Thorpe, S. J. (2006). Ultra-rapid object detection with saccadic eye movements: Visual processing speed revisited. *Vision Research*, 46(11), 1762–1776.
- Klein, R.M. (2000). Inhibition of return. *Trends in cognitive Sciences*, 4(4), 138-147.
- Koch, C., & Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4(4), 219-227.
- Kveraga, K., Boshyan, J., & Bar, M. (2007). Magnocellular projections as the trigger of top-down facilitation in recognition. *Journal of Neuroscience*, 27, 13232-13240.
- Kwak, H.-W., & Egeth, H. (1992). Consequences of allocating attention to locations and to other attributes. *Perception & Psychophysics*, 51(5), 455-464.
- Li, Z. (2002). A saliency map in primary visual cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 9-16.
- Love, B.C., Rouder, J.N., & Wisniewski, E.J. (1999). A Structural Account of Global and Local Processing. *Cognitive Psychology*, 38, 291–316.
- Maass, W. (2000). On the computational power of winner-take-all. *Neural Computation*, 12(11), 2519-2535.
- Maschke, T. (2004). *Digitale Kameratechnik: Technik digitaler Kameras in Theorie und Praxis*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Meyer, W.-U., & Niepel, M. (1994). Surprise. In V.S. Ramachandran (Hrsg.), *Encyclopedia of human behavior – Volume 4* (S. 353-358). Orlando: Academic Press.

- Meyer, W.-U., Niepel, M., & Schützwohl, A. (1994). Überraschung und Attribution. In F. Fösterling & J. Stiensmeier-Pelster (Hrsgs.), *Attributionstheorie* (S. 105-121). Göttingen: Hogrefe.
- Milanese, R., Gil, S., & Pun, T. (1995). Attentive mechanisms for dynamic and static scene analysis. *Optical Engineering*, 34(8), 2428-2434.
- Müsseler, J. (2008). Visuelle Wahrnehmung. In J. Müsseler [Hrsg.], *Allgemeine Psychologie* (2. Ausgabe., S. 15-58). Berlin, Deutschland: Springer-Verlag.
- Oliva, A., & Torralba, A. (2001). Modeling the Shape of the Scene: A Holistic Representation of the Spatial Envelope. *International Journal of Computer Vision*, 42(3), 145–175.
- Oliva, A. & Schyns, P. G. (2000). Diagnostic colors mediate scene recognition. *Cognitive Psychology*, 41, 176–210.
- Oster, M., & Liu, S.-C. (2004). A winner-take-all spiking network with spiking inputs. *ICECS 2004: 11th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems*, 203-206.
- Ottosson, J. & Grahn, P. (2005). A Comparison of Leisure Time Spent in a Garden with Leisure Time Spent Indoors: On Measures of Restoration in Residents in Geriatric Care. *Landscape Research*, 30(1), 23 – 55.
- Parkhurst, D., Law, K., & Niebur, E. (2002). Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention. *Vision Research*, 42, 107-123.
- Peters, R.J., Iyer, A., Itti, L. & Koch, C. (2004). Components of bottom-up gaze allocation in natural images, *Vision Research*, 45, 2397–416.
- Pinel, J.P.J. (2007). Das visuelle System. In P. Pauli (Hrsg.), *Biopsychologie* (S.165-199). München: Pearson Studium.
- Porac, C., & Coren, S. (1976). The dominant eye. *Psychological Bulletin*, 83(5), 880-897.

- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of Visual Orienting. *Attention and Performance*, 10, 531-556.
- Posner, M.I., Cohen, Y., & Rafal, R.D. (1982). Neural Systems Control of Spatial Orienting. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B - Biological Sciences*, 298(1089), 187-198.
- Potter, M. C. (1975). Meaning in visual search. *Science*, 187, 965-966.
- Rauschenberger, 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.
- Rumelhart, D.E. (1984). Schemata and the cognitive system. In R.S. Wyer & T.K. Srull (Hrsg.), *Handbook of social cognition, Volume 1* (S.161–188). Hillsdale: Erlbaum.
- Schyns, P.G., & Oliva, A. (1994). From blobs to boundary edges: Evidence for time- and spatial-scale-dependent scene recognition. *Psychological Science*, 5(4), 195-200.
- Schützwohl, A. (1998). Surprise and schema strength. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(5), 1182–1199.
- Schützwohl, A., & Horstmann, G. (1999). Überraschung, Handlungsunterbrechung und Schemarevision. In M. Jerusalem & R. Pekrun (Hrsg.), *Emotion, Motivation, und Leistung* (S. 65-78). Göttingen: Hogrefe.
- Swets, J.A., Tanner, W.P., & Birdsall, T.G. (1961). Decision process in perception. *Psychological Review*, 68(5), 301-340.

- Taylor, A.F., Kuo, F.E. & Sullivan, W.C. (2002). Views of nature and self-discipline: Evidence from inner city children. *Journal of Environmental Psychology*, 22 (1-2), 49-63.
- Theeuwes, J. (1995). Abrupt luminance change pops out; abrupt color change does not. *Perception & Psychophysics*, 57(5), 637-644.
- Thielsch, M.T., & Hirschfeld, G. (2010). High and low spatial frequencies in website evaluations. *Ergonomics*, 53(8), 972-978.
- Thielsch, M.T., & Hirschfeld, G. (2011). Verarbeitungsprinzipien des visuellen Systems in der Websitewahrnehmung. In M. Eibl (Hrsg.), *Mensch & Computer 2011 – 11. Fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien* (S. 331-334). München: Oldenbourg Verlag München.
- Thorpe, S., Fize, D., & Marlot, C. (1996). Speed of processing in the human visual system. *Nature*, 381, 520-522.
- Torralba, A., & Oliva, A. (2003). Statistics of natural image categories. *Network: Computation in Neural Systems*, 14, 391-412.
- Treisman, A.M., & Gelade, G. (1980). A Feature-Integration Theory of Attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136.
- Ulrich, R.S. (1979). Visual landscapes and psychological well-being. *Landscape Research*, 4(1), 17-23.
- Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fiorito, E., Miles, M.A. & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments, *Journal of Environmental Psychology*, 11, 201-230.
- Yang, H., Chen, X. & Zelinsky, G.J. (2009). A new look at novelty effects: Guiding search away from old distractors. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(3), 554-564.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

<i>Abbildung 1: schematische Darstellung des Salienzmodells (modifiziert nach Itti, Koch & Niebur, 1998)</i>	14
<i>Abbildung 2: Stimulusmaterial von Rauschenberger und Yantis (2001) (modifiziert nach Rauschenberger und Yantis, 2001)</i>	21
<i>Abbildung 3: Beispiele für die Gamma-Funktion in Polardiagrammen mit den dazugehörigen Fotografien, a) Beispiel für eine natürliche Szene, b) Beispiel für eine künstlich geschaffene Szene</i>	23
<i>Abbildung 4: a-c) Stimulusmaterial der drei bereits erfolgten Vorexperimente; d) als Zielreiz dienende Kachel mit verschwommener Scheibe in den Vorexperimenten; e) als Regelverletzung dienende um 90° verdrehte Kachel in den Vorexperimenten</i>	25
<i>Abbildung 5: vollständiges verwendetes Set an Stimulusbildern</i>	31
<i>Abbildung 6: a) nicht orientiertes Stimulusbild mit dazugehörigem Leistungsspektrum b); c) orientiertes Stimulusbild mit dem dazu gehörigen Leistungsspektrum d)</i>	32
<i>Abbildung 7: a) Vergrößerung der kreisförmigen Trübung, bzw. verschwommenen Scheibe, die als Zielreiz diente; b) um 90° gedrehte Kachel als Regelverletzung; c) Relevanzbereich (grün) bestehend aus 32 Kacheln, die für die Belegung mit Zielreiz und Regelverletzung dienen, von einer Positionierung des Zielreizes, bzw. der Regelverletzung auf den roten Kacheln wird abgesehen</i>	33
<i>Abbildung 8: schematische Darstellung der Abfolge eines Durchgangs. Zu Beginn wird bis zur Fixation ein Fixationskreuz dargeboten. Nach Fixation dieses Kreuzes kommt es zur Stimulusbildvorgabe bis zur Betätigung der entsprechenden Antworttaste. Darauf folgt eine Rückmeldung („richtig“ oder „falsch“) auf die gegebene Antwort. Beendet wird ein Durchgang mit einem leeren, grauen Bildschirm.</i>	35

Abbildung 9: Profildiagramme zur Darstellung der Dreifach-Interaktion zwischen den Faktoren Zielreiz, Regelverletzung und Stimulusgruppe: a) Profildiagramm für Durchgänge bei abwesendem Zielreiz, b) Profildiagramm für Durchgänge bei anwesendem Zielreiz **39**

Abbildung 10: Analyseergebnisse der durchschnittlichen Reaktionszeiten pro Quintil **41**

Tabelle 1: Anzahl der richtigen Antworten (Trefferquote) in Prozent und die Sensitivitätsmaße pro Versuchsperson **38**

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name	Kristina Anna Staudt
Geburtsdatum:	24. Januar 1982
Geburtsort:	München – Pasing, Deutschland
Email-Adresse:	kristina.staudt@gmail.com

Schulische Ausbildung/Studium

seit 10/2006	Diplomstudium Psychologie Universität Wien 1. Diplomprüfung 30.6.2008
09/2003 – 09/2006	Ausbildung zur Physiotherapeutin Döpfer Schulen, Schwandorf Abschluss: staatlich geprüfte Physiotherapeutin, 13.9.2006
09/1993 – 06/2002	König Karlmann Gymnasium, Altötting Abschluss: Abitur, 28.6.2002
09/1988 – 07/1993	Grund- und Hauptschule Winhöring, Winhöring

Berufliche Erfahrungen

04/2003 – 05/2003	Praktikum im Kindergarten Unterau, Winhöring
10/2002 – 12/2002	Praktikum im Sozial Pädiatrischem Zentrum Altötting, Altötting
02/2011 – 03/2011	Praktikum im Zentrum für Autismus und spezielle Entwicklungsstörungen (ZASPE), Wien (im Rahmen des Psychologiestudiums)