

Gedächtnisbasierte Blickbewegungen

**Der Einfluss des Gedächtnisses auf das Blickverhalten bei komplexen
visuellen Stimuli**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

vorgelegt von

Benjamin Reichelt

an der Universität Bielefeld

April 2014

Abdruck der genehmigten Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.). Der Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaften vorgelegt am 28.04.2014 und verteidigt sowie genehmigt am 03.07.2014.

Gutachter

Prof. Dr. Hans J. Markowitsch

JProf. Dr. Friederike Eyssel

Prüfungsausschuss

JProf. Dr. Friederike Eyssel

Prof. Dr. Hans J. Markowitsch

Dr. Philip Grewe

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier gemäß ISO 9706.

Danksagung

Ohne das Mitwirken zahlreicher Beteiligter wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Daher gilt mein ausdrücklicher und herzlicher Dank folgenden Personen:

Zunächst danke ich Prof. Dr. Hans J. Markowitsch für die Betreuung und Begutachtung dieser Arbeit – ohne ihn wäre sie nicht möglich gewesen.

Des Weiteren möchte ich JProf. Dr. Friederike Eyssel danken, die sich ohne Zögern bereit erklärte, diese Arbeit zu begutachten.

Mein besonderer Dank geht an Dr. Sina Kühnel, der Betreuerin dieser Arbeit. Sie gab mir den nötigen Freiraum, stand aber auch immer mit Rat und Tat zur Seite.

Ebenso bin ich den Probandinnen und Probanden für die Teilnahme an den Experimenten dankbar. Außerdem möchte ich den Kolleginnen und Kollegen aus der AG „Angewandte Informatik“ danken, die mir ein angenehmes und hilfsbereites Arbeitsumfeld geboten haben. Stellvertretend sei hierfür Prof. Dr. Franz Kummert gedankt. Schließlich gilt mein Dank meiner Familie und meinen Freunden. Vielen Dank für Euren Rückhalt und Eure Geduld, die aufbauenden Gespräche bei einer Tasse Kaffee sowie eine schöne und tolle Zeit trotz dieser Arbeit.

Insbesondere danke ich Steffi, die dafür gesorgt hat, dass ich auf den letzten Metern nicht stolpere.

Zuletzt geht mein Dank an die deutsche Forschungsgesellschaft (DFG) und das Center of Excellence 277 „Cognitive Interaction Technology“ (CITEC) für die finanzielle Unterstützung und Ermöglichung dieser Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Theoretischer Hintergrund	13
2.1	Das menschliche Gedächtnis	13
2.1.1	Gedächtnisprozesse	13
2.1.2	Modelle der Gedächtnisstruktur	15
2.2	Das menschliche Auge	26
2.2.1	Anatomie, Funktion und Bewegung des Auges	26
2.2.2	Blickbewegung und visuelle Wahrnehmung von Szenen	33
3	Experimente	39
3.1	Methode: Eye-Tracking	39
3.1.1	Vergleich und Diskussion verschiedener Methoden zur Registrierung von Blickbewegungen	39
3.1.2	Apparatur und technischer Aufbau der Experimente	44
3.1.3	Analyse und Interpretation von Blickbewegungsdaten	46
3.2	Experiment I	51
3.2.1	Einleitung	51
3.2.2	Fragestellung und Hypothesen	54
3.2.3	Methode	56
3.2.4	Ergebnisse	61
3.2.5	Zusammenfassende Diskussion	67
3.3	Experiment II	70
3.3.1	Einleitung	70
3.3.2	Hypothesen	71
3.3.3	Methode	72
3.3.4	Ergebnisse	74
3.3.5	Zusammenfassende Diskussion	78

3.4	Experiment III	80
3.4.1	Einleitung	80
3.4.2	Hypothesen	82
3.4.3	Methode	83
3.4.4	Ergebnisse	85
3.4.5	Zusammenfassende Diskussion	90
4	Diskussion	93
4.1	Verhaltensdaten	94
4.1.1	Erkennungsrate	94
4.1.2	Gedächtnistest	97
4.2	Blickbewegungsdaten	98
4.2.1	Auswertung der Blickbewegungsdaten	98
4.2.2	Blickbewegungsarten beim Wiederholungs- und Manipulations- effekt	100
5	Fazit	107
	Literaturverzeichnis	111
	Abbildungsverzeichnis	129
	Tabellenverzeichnis	131

1 Einleitung

Unsere Blickbewegungen sind nicht willkürlich oder zufällig, sondern werden hauptsächlich von zwei Faktoren bestimmt. Der erste Faktor umfasst dabei die Charakteristika eines visuellen Elements oder Objekts. Dies bedeutet, dass die physikalischen Eigenschaften wie beispielsweise Helligkeit oder Färbung eines Elements Auswirkungen darauf haben, wie stark wir unsere Aufmerksamkeit auf jenes Element richten (Mackworth & Morandi, 1967).

Der zweite Faktor beinhaltet dagegen kognitive Prozesse (Henderson, Weeks & Hollingworth, 1999), die nicht nur das Arbeits- und Kurzzeitgedächtnis (Castelhano & Henderson, 2007; Henderson & Hollingworth, 2003; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001), sondern auch das Langzeitgedächtnis umfassen. Demnach kann durch unser Vorwissen, welches wir über bestimmte Objekte und die Umwelt haben, das Blickbewegungsverhalten beeinflusst werden.

Darüber hinaus finden sich in der Literatur Hinweise, dass unsere Blickbewegungen nicht nur durch Wissen, sondern auch durch Erinnerungen an bekannte Reize, sowie durch vorherige Erfahrungen mit den Stimuli bestimmt werden. In einer Reihe von Studien wurde das Blickbewegungsverhalten bei berühmten und nicht berühmten Gesichtern (Althoff & Cohen, 1999), bekannten und unbekanntem Gebäuden (Althoff et al., 1998), sowie neuen und wiederholten Szenen (Ryan, Althoff & Whitlow, 2000) untersucht. Dabei wurde beobachtet, dass die Anzahl an Fixationen bei den Stimuli, die bereits vor dem Experiment bekannt waren, geringer war als bei unbekanntem Stimuli. Dieser Wiederholungseffekt trat ebenfalls auf, wenn Probanden erst während des Experiments mit den Stimuli vertraut gemacht wurden. Beispielsweise präsentierten Ryan et al. (2000) in einem Experiment zunächst eine Reihe von unbekanntem fotografierten Szenen. In einem zweiten darauf folgenden Block zeigten sie einen Teil der zuvor gezeigten Szenen abermals (als wiederholte Szenen), sowie eine Reihe von neuen Szenen. Bei den wiederholten Szenen fiel die Anzahl der Fixationen signifikant geringer aus als bei den neuen Szenen. Außerdem betrachteten die Probanden bei wiederholten im Vergleich zu neuen Szenen deutlich weniger Regionen.

Des Weiteren untersuchten Ryan et al. (2000) in ihrer Studie, wie sich Veränderun-

gen in Szenen auf das Blickbewegungsverhalten auswirken: Ein Teil der wiederholten Szenen des ersten und zweiten Blockes wurde ein weiteres Mal in einem dritten Block gezeigt. Diesmal jedoch mit einer Manipulation in der Szene. Dabei wurde ein Objekt entweder hinzugefügt, entfernt oder an einer anderen Stelle in der Szene neu positioniert (Links-Rechts-Verschiebung). Zusätzlich zu den manipulierten Szenen wurden die restlichen wiederholten Szenen sowie weitere neue Szenen präsentiert. Bei manipulierten Szenen blickten die Probanden proportional häufiger in die Region mit der Veränderung im Vergleich zu derselben, unveränderten Region bei den Szenen im ersten Block (originale Szenen). Zudem war die Betrachtungszeit in der manipulierten Region höher und die Probanden wechselten den Blick deutlich öfter aus bzw. in die manipulierte Region. Diese Anpassung im Blickbewegungsverhalten bezeichnen Ryan et al. (2000) als Manipulationseffekt. Den Autoren zufolge tritt dieser Effekt nur auf, wenn die Probanden die Veränderungen in den Szenen nicht bewusst wahrgenommen bzw. bei einem anschließenden Gedächtnistest manipulierte Szenen nicht korrekt als solche erkannt hatten. Der Manipulationseffekt wurde in einer weiteren Studie bestätigt (Ryan & Cohen, 2004). Demnach ist anzunehmen, dass die Veränderungen im Blickbewegungsverhalten von impliziten Gedächtnisprozessen bestimmt werden.

Jedoch kommen Smith, Hopkins und Squire (2006) in ihrer Studie zu einer gegensätzlichen Schlussfolgerung. In ihrer Studie war der Manipulationseffekt nur beobachtbar, wenn die Probanden in dem Gedächtnistest die manipulierten Szenen korrekt als solche erkannt hatten und sich folglich der Manipulationen bewusst waren. Daher postulieren Smith et al. (2006), dass die Veränderungen im Blickbewegungsverhalten auf explizite Gedächtnisprozesse zurückzuführen sind.

Demnach ist die übergeordnete, leitende Frage der vorliegenden Arbeit folgende: Werden Veränderungen im Blickverhalten primär von impliziten oder expliziten Gedächtnisprozessen beeinflusst?

Bevor diese Frage geklärt wird, erfolgt im nächsten Kapitel die Darstellung der theoretischen Grundlagen. Diese umfassen zum einen das Gedächtnis, wobei zunächst die Prozesse und anschließend die Strukturen des Gedächtnisses erklärt werden. Zum anderen werden die Anatomie, Funktionalität und die Bewegungsarten des Auges beschrieben. In diesem Zusammenhang wird zudem erläutert, wie Szenen visuell wahrgenommen werden.

Anschließend folgt im dritten Kapitel der empirische Teil dieser Arbeit. Dieser Teil wird mit der Beschreibung der verwendeten Methoden eingeleitet. Dabei werden

zunächst verschiedene Methoden zur Aufzeichnung der Blickbewegungen diskutiert. Darauf folgt die Darstellung des allgemeinen Aufbaus in den folgenden Experimenten sowie der grundlegend verwendeten Apparatur. Abschließend werden die Ansätze zur Analyse und Auswertung der Blickbewegungsdaten beschrieben.

Nach der Einleitung in die Methode werden im dritten Kapitel die drei durchgeführten Experimente dargestellt, in denen der leitenden Forschungsfrage nachgegangen wird. Dabei folgt jedes Experiment einem eigenen Schwerpunkt, der um weitere Fragen und Aspekte erweitert wird. In dem ersten Experiment, welches an die Studien von Ryan et al. (2000) und Smith et al. (2006) angelehnt ist, wird zunächst überprüft, ob der Wiederholungs- und der Manipulationseffekt repliziert werden können. Des Weiteren wird getestet, inwiefern der Manipulationseffekt in Abhängigkeit einer impliziten oder expliziten Aufgabenstellung nachweisbar ist. Der Wiederholungseffekt wird dagegen schwerpunktmäßig in dem zweiten Experiment untersucht. In dem dritten Experiment wird die Fragestellung schließlich um einen anwendungsbezogenen Aspekt erweitert. Die Szenen werden durch Websites ersetzt und es wird überprüft, inwiefern beide Effekte beim Betrachten der Seiten auftreten. Nach jedem Experiment werden die Ergebnisse im Hinblick auf die experimentsspezifischen Hypothesen kurz diskutiert.

Anschließend werden im vierten Kapitel die Ergebnisse übergreifend über alle drei Experimente im Hinblick auf die leitende Forschungsfrage diskutiert. Dabei erfolgen ein Schwerpunkt auf die Verhaltensdaten aus dem Gedächtnistest und ein anderer Schwerpunkt auf die Blickverhaltensdaten.

Abschließend wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick über mögliche Folgestudien gegeben.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Das menschliche Gedächtnis

2.1.1 Gedächtnisprozesse

Bevor wir Informationen aus unserem Gedächtnis abrufen können, müssen diese zunächst wahrgenommen, enkodiert, konsolidiert und gespeichert werden (siehe Abbildung 2.1). Dabei erfolgt die Wahrnehmung neuer Informationen über die fünf Sinne. Visuelle, auditive, taktile, olfaktorische und gustatorische Informationen werden vom sensorischen System registriert und gefiltert. Die Unterscheidung zwischen wichtigen und unwichtigen Inhalten ist nötig, da ansonsten die große Menge an Informationen die kognitiven Kapazitäten überschreiten würde (Markowitsch, 2003). Wie genau die Mechanismen der Filterung funktionieren, wird anhand des visuellen Systems in Kapitel 2.2.1 verdeutlicht.

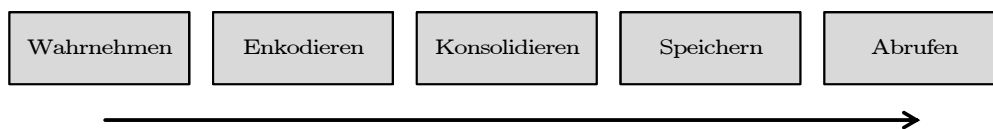


Abbildung 2.1: Darstellung der Gedächtnisprozesse von der Wahrnehmung neuer Informationen bis hin zum Abruf (modifiziert nach Markowitsch (2003)).

Nach der Registrierung neuer Informationen folgt die Encodierung derselben. Dabei kann der Prozess der Encodierung entweder intentional oder beiläufig erfolgen (Craik & Lockhart, 1972; Craik & Tulving, 1975). Intentionale Encodierungsprozesse finden statt, wenn wir neue Informationen bewusst verarbeiten: Beispielsweise beim Lernen für eine Klausur. Dem gegenüber steht die beiläufige Encodierung, bei der wir neue Informationen unbewusst aufnehmen und uns aneignen. Diese zweite Art der Encodierung findet sich in einer Vielzahl von Studien zum Priming wieder (Demb et al., 1995; Moss & Tyler, 2000; Tyler, Moss, Durrant-Peatfield & Levy, 2000). In

solchen Studien bekommen die Probanden eine Reihe von Reizen dargeboten, die mit einer bestimmte Aufgabe zusammenhängen. Beispielsweise sollen die Probanden beurteilen, ob ein gezeigtes Objekt belebt oder unbelebt ist (Wagner, Desmond, Domb, Glover & Gabrieli, 1997). Bei der Lösung der Aufgabe werden jedoch ebenfalls die Reize encodiert und verarbeitet.

Anhand dieses Beispiels wird zudem ein weiterer Aspekt der Encodierung neuer Informationen deutlich. Die Qualität der Encodierung steht in Abhängigkeit zum kognitiven Aufwand. Wäre beispielsweise die Aufgabe in dem genannten Experiment kognitiv anspruchsvoller, würden die Reize schlechter encodiert werden. Des Weiteren spielt die Tiefe der Verarbeitung bei der Encodierung eine Rolle. Beispielsweise erinnern wir uns besser an Wörter, indem wir deren Sinn wir verstehen, als wenn wir die Anzahl der Konsonanten und Vokale zählen.

Das Resultat der Encodierung ist, dass die neuen Informationen in einen internen Code transferiert werden, wodurch eine Gedächtnisspur bzw. ein sogenanntes Engramm entsteht (Lashley, 1950; Walker & Stickgold, 2006). Ein Engramm stellt eine physiologische Spur im Gehirn dar, die durch Reizeinwirkung zu einer andauernden strukturellen Veränderung führt. Diese Veränderung entsteht dadurch, dass sich neue Synapsen zwischen zwei Nervenzellen bilden und so eine chemische oder elektrische Signalübertragung ermöglichen.

Durch den häufigen Gebrauch, eine ausbleibende Verwendung oder die Koinzidenz dieser entstandenen Signalwege, werden diese gestärkt, gelöst oder untereinander neu verbunden. Dieser Prozess wird als Konsolidierung bezeichnet und dient der Stabilisierung des Gedächtnisses (Tronel, Milekic & Alberini, 2005). Dabei können die Prozesse zwischen ein paar Minuten, über mehrere Stunden bis hin zu einigen Jahren andauern (McGaugh, 2000). Hauptsächlich erfolgen die Konsolidierungsprozesse während des Schlafes (Stickgold, 2005; Walker & Stickgold, 2006), jedoch wird auch angenommen, dass bestimmte Prozesse nur während des Wachzustandes oder in spezifischen Schlafphasen ablaufen können (Muellbacher, Ziemann, Weissel, Dang & Koffler, 2002; Walker, 2005).

Die beiden beschriebenen Prozesse der Encodierung und der Konsolidierung führen folglich zur Speicherung von Informationen. Entsprechend besteht unser Gedächtnis aus einem Netz von Engrammen. Aufgrund dieser netzartigen Struktur des Gedächtnisses wird eine Information nicht als zusammenhängende Einheit an einem zentralen Platz gespeichert. Vielmehr werden Teile der Informationen innerhalb des weiten

neuronalen Netzes dezentral abgelegt und mit anderen Teilinformationen verknüpft (Markowitsch, 2003; Mesulam, 1994).

Der Abruf von Informationen kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Erstens können Informationen frei abgerufen werden (*free recall*). Zweitens ist es möglich, dass Informationen anhand von Hinweisreizen erinnert werden (*cued recall*) oder drittens einfach wiedererkannt werden (*recognition*). Die Unterschiede zwischen diesen drei Abrufarten werden an folgendem Beispiel verdeutlicht:

Eine Person bekommt die Aufgabe, sich Wörter auf einer Liste zu merken. Bei einem freien Abruf, müsste die Person beispielsweise jene Wörter aufschreiben, an die sie sich erinnern kann. Im Gegensatz dazu würde die Person bei einem Abruf mit Hinweisreizen beispielsweise eine Liste mit den Anfangsbuchstaben der Wörter der ursprünglichen Wortliste bekommen und müsste nun die Wörter richtig ergänzen. Dabei dienen die Anfangsbuchstaben als Hinweisreize, um die gelernten Wörter besser erinnern zu können. Wiederum würde es sich bei dem Abruf um Wiedererkennen handeln, wenn die Person eine Liste vorgelegt bekommt, die aus den zu lernenden Wörtern zusammen mit weiteren neuen Wörtern besteht. Anschließend muss die Person dann benennen, ob ein Wort auf der vorherigen Liste war oder neu dazu gekommen ist.

Anhand des Beispiels wird zudem deutlich, dass die Erkennungsleistung vom freien Abruf hin zum Wiedererkennen zunimmt.

Ferner unterscheiden Yonelinas und Jacoby (1994) bei dem Abruf von Informationen zwischen zwei Elementen. Zum einen kann der Prozess des Abrufs mit einem starken Gefühl der Vertrautheit einhergehen (*familiarity*). Zum anderen ist der Kontext von Bedeutung, in dem die Information wahrgenommen wurde. Für einen erfolgreichen Abruf einer Information ist es notwendig, dass beide Prozesse gemeinsam einhergehen (Yonelinas & Levy, 2002).

Die hier beschriebene Sequenz der Gedächtnisprozesse muss nicht zwangsweise nach dieser Reihenfolge ablaufen. Beispielsweise können beim Abruf von Informationen diese re-encodiert oder re-konsolidiert werden (Buckner, Wheeler & Sheridan, 2001; Walker & Stickgold, 2006).

2.1.2 Modelle der Gedächtnisstruktur

Zeitbasiertes Gedächtnismodell

In unserem Gedächtnis werden einige Informationen lediglich für wenige Sekunden vorgehalten, während andere Informationen über mehrere Stunden bis hin zu vielen

Jahren oder sogar für immer gespeichert werden Markowitsch (1999). Diesen Umstand erklären Atkinson und Shiffrin (1967) in ihrem Gedächtnismodell, das auf der seriellen Verarbeitung von Informationen entlang der Zeitachse basiert. Wie in Abbildung 2.2 dargestellt, wird das Gedächtnis daher in drei aufeinander aufbauende Komponenten gegliedert: Erstens das Sensorische Register (auch Ultra-Kurzzeitgedächtnis), zweitens das Kurzzeitgedächtnis (*short-term memory*; STM) und drittens das Langzeitgedächtnis (*long-term memory*; LTM).

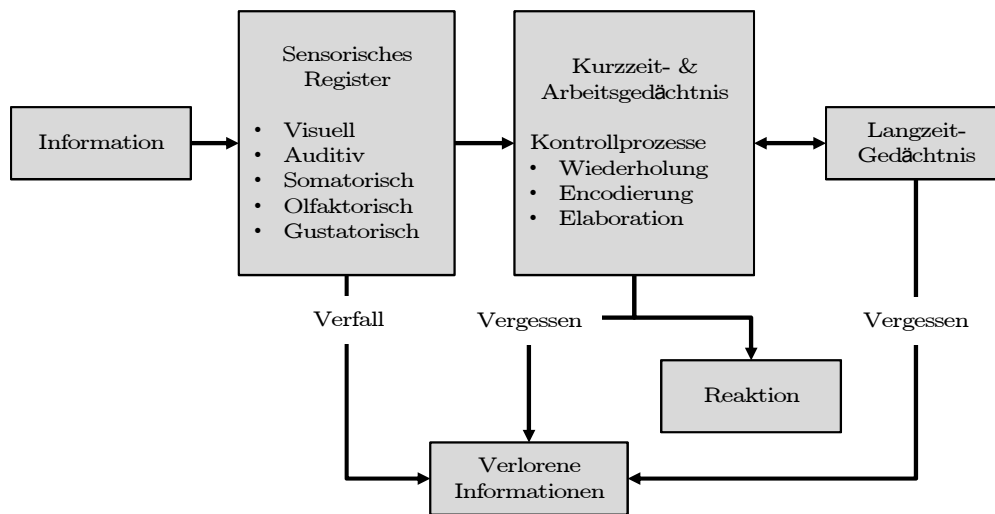


Abbildung 2.2: Verarbeitung von Informationen entlang der Zeitachse im dreistufigen Komponentenmodell (modifiziert nach Atkinson und Shiffrin (1967)).

Zunächst werden Informationen getrennt nach visuellen, auditorischen, somatosensorischen, olfaktorischen und gustatorischen Kanälen im sensorischen Register verarbeitet. Dabei werden die Informationen für 50 bis 500 Millisekunden vorgehalten (Loftus, Duncan & Gehrig, 1992; Markowitsch, 2003), bevor sie von dort aus ins Kurzzeitgedächtnis gelangen. Bereits dieser Übergang ist Verlustbehaftet, wie beispielsweise anhand des temporalen Integrationsparadigmas belegt wurde. Di Lollo (1977) zeigte in einer Studie den Probanden nacheinander in verschiedenen Zeitintervallen zwei Bilder auf einem Monitor. Jedes Bild enthielt eine fünf mal fünf Matrix, wobei die Felder der Matrix zufällig mit Punkten gefüllt waren. Beide Matrizen hatten übereinander gelegt, nur in einem Feld keinen Punkt. Diese Feld sollte durch die Probanden benannt werden. Nur wenn das Zeitintervall zwischen beiden Feldern un-

ter einer Sekunde lag, konnten die Probanden in den meisten Fällen das Feld korrekt angeben. Das bedeutet, dass beide Bilder innerhalb dieser Zeitspanne als ein visuelles Perzept wahrgenommen werden.

Im Gegensatz zum sensorischen Register überdauern die Informationen im Kurzzeitgedächtnis einen Zeitraum von einigen Sekunden (Waugh & Norman, 1965). Allerdings ist die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses auf sieben Informationseinheiten (Chunks) mit einer Abweichung von plus-minus zwei Chunks beschränkt (Miller, 1956), wobei in neueren Studien eine geringere Kapazität von nur vier Chunks belegt wurde (Cowan, 2001; Conners, Rosenquist & Sligh, 2006). Mit einem Chunk ist gemeint, dass eine Information in kleinere, zusammenhängende Einheiten unterteilt wird. Beispielsweise lässt sich eine elfstellige Telefonnummer (05212080141) in die drei- bzw. vierstelligen Chunks (0521), (2080) und (141) unterteilen. Dabei kann ein Chunk aus unterschiedlichen sprachlichen Informationen wie Wörter, Buchstaben, Binär- oder Dezimalzahlen bestehen.

Jedoch ist die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses nicht nur durch die Anzahl, sondern auch durch die Länge, die Reihenfolge und die Bedeutung der Chunks limitiert. Baddeley, Thomson und Buchanan (1975) zeigten in ihrer Studie, dass Chunks aus kürzeren Wörtern besser erinnert werden konnten als aus längeren Wörtern. Die Reihenfolge der Chunks wird wiederum durch den sogenannten *Primacy-* und *Reccency*-Effekt beeinflusst (Demaree, Shenal, Everhart & Robinson, 2004). Das bedeutet, dass die ersten und die letzten Chunks besser erinnert werden als die Chunks in der Mitte. Schließlich hat die Bedeutung bzw. die Sinnhaftigkeit der Chunks einen Einfluss auf die Erinnerungsleistung (Chase & Ericsson, 1982). Beispielsweise berichten Ericsson und Staszewski (1989) von Mathematikern, die sich über Primfaktorzerlegung bis zu hundertstellige Nummern merken können.

Eine besondere Form des Kurzzeitgedächtnisses stellt das von Baddeley und Hitch (1974) entwickelte Konzept des Arbeitsgedächtnisses (*working memory*; WM) dar. Während das Kurzzeitgedächtnis eher als ein passiver temporärer Gedächtnisspeicher verstanden wird, handelt es sich bei dem Konzept des Arbeitsgedächtnisses um ein dynamisches System, in dem aktiv Informationen analysiert und verarbeitet werden (Emilien, 2004). Somit dient das Arbeitsgedächtnis als Grundlage für das Begreifen (Rosenquist, Conners & Roskos-Ewoldsen, 2003), Schlussfolgern und Planen (Baddeley, 1992; Wickelgren, 1997), wodurch diverse kognitive Aufgabe, wie beispielsweise das Lesen ermöglicht werden (Adams & Gathercole, 2000; Conners, Atwell, Rosenquist & Sligh, 2001; Conners et al., 2006). Zudem werden über das Arbeitsge-

dächtnis wahrgenommene Informationen mit dem Langzeitgedächtnis verknüpft.

Ursprünglich bestand das Konzept des Arbeitsgedächtnisses aus der zentralen Exekutiven und aus zwei temporären Speichern: dem räumlich-visuellem Notizblock (*visuospatial sketchpad*) und der phonologischen Schleife (Baddeley & Hitch, 1974). Im Laufe der Zeit wurde das Konzept um weitere Komponenten, wie beispielsweise den episodischen Puffer (Baddeley, 2000) erweitert. In Abbildung 2.3 ist das überarbeitete Konzept des Arbeitsgedächtnisses als Mehrkomponentenmodell dargestellt (Baddeley, 2003).

Zunächst dienen die beiden Komponenten, der räumlich-visuelle Notizblock und die phonologische Schleife, der Verarbeitung von Informationen: Über den räumlich-visuellen Notizblock werden räumliche Informationen (z.B. Bewegung und Position von Objekten) mit visuellen Informationen (z.B. Form und Farbe von Objekten) verbunden. Daher ist der räumlich-visuelle Notizblock maßgeblich an der Planung von Handlungen beteiligt, die räumliche und visuelle Informationen benötigen, wie beispielsweise das Fahren oder Parken eines Autos (Baddeley, 1987, 1992, 2000).

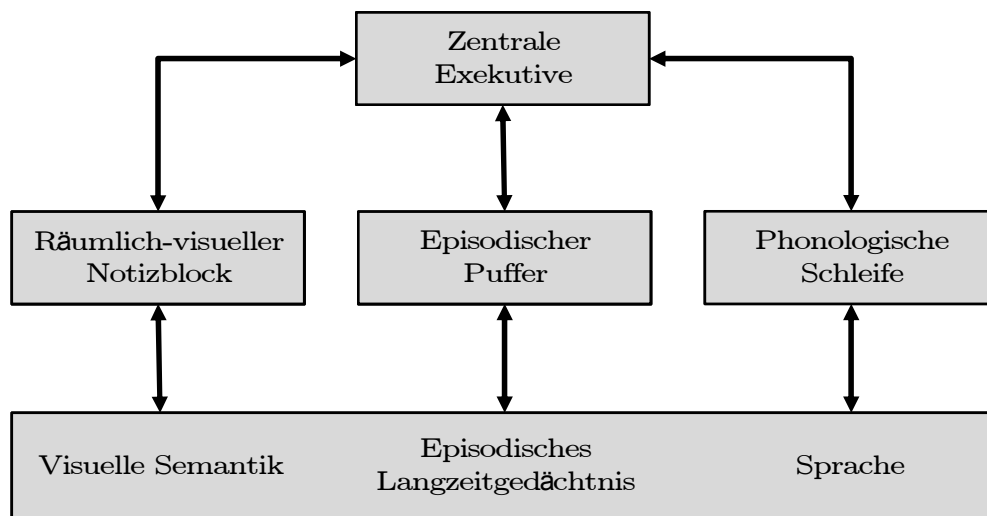


Abbildung 2.3: Das Mehrkomponentenmodell des Arbeitsgedächtnisses (modifiziert nach Baddeley (2003)).

Dagegen werden in der phonologischen Schleife sprachliche Informationen verarbeitet und gespeichert. Dies geschieht über zwei Subsysteme: den passiven phonologischen Speicher und den artikulatorischen Kontrollprozess.

In dem phonologischem Speicher können sprachliche Informationen in Lautform

(Phonem) bis zu zwei Sekunden vorgehalten werden. Geschriebene sprachliche Informationen (Grapheme) haben im Gegensatz dazu keinen direkten Zugang zu dem phonologischen Speicher. Daher müssen Grapheme in Phoneme konvertiert werden. Diese Veränderung erfolgt, indem das Graphem verbalisiert wird – entweder über lautes Aussprechen oder durch innere Sprache. Paulesu, Frith und Frackowiak (1993) zeigten in ihrer Untersuchung, dass die notwendigen Sprachmuskeln selbst bei innerer Sprache geringfügig aktiviert werden.

Schließlich stellt die zentrale Exekutive die Hauptstruktur des Modells dar. Dennoch ist sie die am wenigsten untersuchte Komponente (Baddeley, 1998, 1996). Im Wesentlichen erfüllt die zentrale Exekutive drei Aufgaben. Zunächst werden dort alle Informationen verarbeitet, die sich nicht eindeutig zu einem der beiden vorherigen Subsysteme zuordnen lassen (Baddeley, 2003). Zweitens stellt die zentrale Exekutive die Verbindung zum Langzeitgedächtnis her und drittens dient sie dazu, die Aufmerksamkeit zu fokussieren.

In einem Experiment zur geteilten Aufmerksamkeit sollten sich die Probanden eine Reihe von Zahlen merken und gleichzeitig einen Lichtpunkt mit den Augen verfolgen. Probanden, deren Arbeitsgedächtnis aufgrund von Morbus Alzheimer beeinträchtigt war, führten die Aufgabe deutlich schlechter als gesunde Probanden aus (Baddeley, 2003). Durch die enge Verbindung des Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeit wird das Modell auch als „*working-attention*“-Modell bezeichnet (Shah & Miyake, 1999).

Da die genannten Aufgaben der zentralen Exekutiven sehr vielseitig und komplex sind, wurde das Modell des Arbeitsgedächtnisses um den episodischen Puffer erweitert. (Baddeley, 2000). Der Puffer wird von der zentralen Exekutiven gesteuert und stellt eine zusätzliche Speicherkomponente dar, die zwar in ihrer Kapazität limitiert ist, aber dennoch eine unterstützende Funktion hat. Diese Funktion besteht darin, Informationen aus den beiden anderen Komponenten, dem räumlich-visuellem Notizblock und der phonologischen Schleife, zu integrieren und zu kohärenten Episoden zusammenzufügen. Daher stellt der episodische Puffer die Schnittstelle zwischen den eben genannten Komponenten und dem Langzeitgedächtnis dar.

Aus dem Kurzzeitgedächtnis gelangen die Informationen schließlich in unser Langzeitgedächtnis. Im Gegensatz zu den bisherigen Komponenten, können im Langzeitgedächtnis nahezu unbegrenzt viele Informationen über eine beinahe unbegrenzt lange Zeitspanne vorgehalten werden Markowitsch (1999). Dabei wird zwischen neuen und alten Erinnerungen differenziert. Diese Einteilung wird primär bei Amnesie-Patienten

verwendet, wird jedoch ebenfalls bei gesunden Personen genutzt. In der Abbildung 2.4 wird der Zeitpunkt durch ein bestimmtes Ereignis festgelegt. Alle Informationen die vor diesem Zeitpunkt gespeichert wurden, sind retrograde Erinnerungen. Dagegen sind Informationen nach diesem Zeitpunkt anterograde Erinnerungen. Das bedeutet, dass Patienten mit retrograder Amnesie nicht auf Erinnerungen aus der Vergangenheit zugreifen können, während Patienten mit anterograder Amnesie keine neuen Erinnerungen aufbauen können.

Im Zusammenhang mit der retrograden Amnesie tritt zudem folgendes Phänomen auf: Je weiter eine Erinnerung in der Vergangenheit zurückliegt, desto weniger wahrscheinlich ist es, dass diese Erinnerung gelöscht wird. Demnach gilt das „*first in, last out*“-Prinzip (Markowitsch, 1999, 2003; Pritzel, Brand & Markowitsch, 2003).

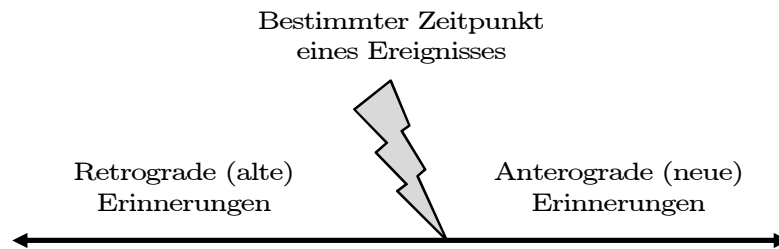


Abbildung 2.4: Klassifizierung von anterograder und retrograde Amnesie an einem Ereignis zu einem bestimmten Zeitpunkt (modifiziert nach Brand und Markowitsch (2003)).

Obwohl das dreistufige Komponentenmodell von Atkinson und Shiffrin (1967) weit verbreitet ist, existiert in der Literatur Kritik an dem Modell. In dieser wird das Gedächtnis nicht als Summe einzelner Komponenten gesehen, sondern als ein einheitliches System (Bjork & Whitten, 1974; Brown, Neath & Chater, 2007; Nairne & Dutta, 1992). Beispielsweise zeigte Tarnow (2008) in einer Studie, dass bei einer Erinnerungsaufgabe das Verhältnis zwischen vergangener Zeit und der Fehlerrate in einem Zeitraum von 6 bis 600 Sekunden einen annähernd linearen Verlauf besitzt. Erst nach den 600 Sekunden erfolgt eine Sättigung der Fehlerrate. Jedoch sind in dem dreistufigen Modell in dem Zeitraum von 6 bis 600 Sekunden zwei verschiedene Komponenten involviert, wodurch eine Diskontinuität in dem Anstieg zu erwarten wäre.

Inhaltsbasiertes Gedächtnismodell

Neben der Einordnung von Gedächtnisprozessen entlang der Zeitachse, erfolgt bei dem Langzeitgedächtnis die Kategorisierung der Prozesse zusätzlich auf Basis der Inhalte. Dazu existieren in der Literatur maßgeblich zwei Modelle:

Das erste Gedächtnismodell besteht aus mehreren Gedächtnissystem, die unabhängig und parallel operieren. Zunächst erfolgt in diesem Modell von Squire (2004) eine Unterscheidung zwischen einem deklarativen und einem non-deklarativen Gedächtnissystem.

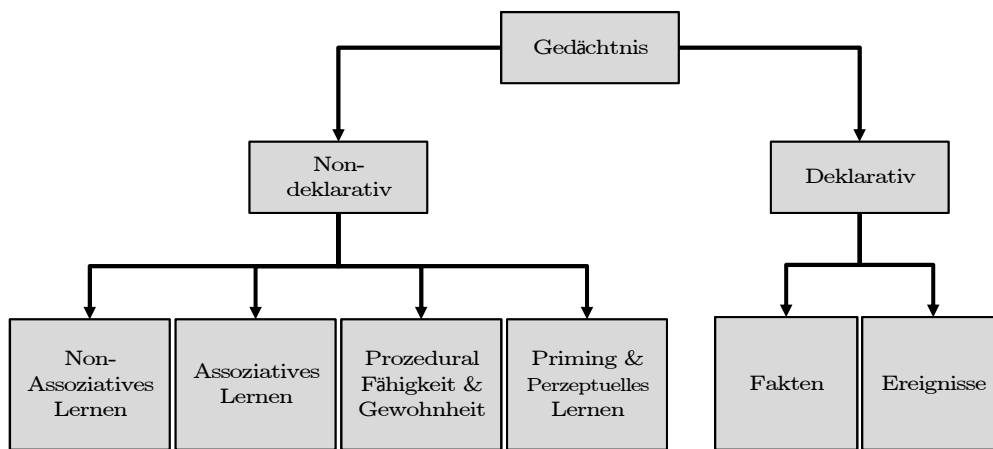


Abbildung 2.5: Das Modell des Langzeitgedächtnisses klassifiziert nach deklarativen und non-deklarativen Gedächtnissystem (modifiziert nach Squire (2004)).

Wie in Abbildung 2.5 dargestellt, umfasst dabei das deklarative Gedächtnissystem zum einen das semantische und zum anderen das episodische Gedächtnis. Im semantischen Gedächtnis werden Ereignisse und Tatsachen des allgemeinen Welt- und Faktenwissens gespeichert, welches unabhängig von der eigenen Person ist (z.B. „Berlin ist die Hauptstadt von Deutschland“). Im Vergleich dazu, enthält das episodische Gedächtnis Ereignisse und Tatsachen, die die eigene Person betreffen (z.B. die Erlebnisse bei einem Besuch in Berlin).

Das non-deklarative Gedächtnissystem umfasst wiederum das assoziative, das non-assoziative, das prozedurale und das perzeptuelle Lernen, sowie das Priming (Squire, 1987; Squire & Zola-Morgan, 1988). Daher ist dieses Gedächtnissystem bei-

spielsweise maßgeblich beim Erlernen von motorischen Fähigkeiten, bei kognitiven Prozessen oder bei der klassischen Konditionierung beteiligt (Pritzel et al., 2003).

Eine weitere Unterscheidung zwischen dem deklarativen und dem non-deklarativen Gedächtnissystem existiert in Bezug auf den bewussten Zugang (*consciousness*) zu den gespeicherten Informationen. Auf die Inhalte des deklarativen Gedächtnisses können wir in der Regel bewusst zugreifen. Wenn wir beispielsweise nach unserem letzten Urlaub oder nach der Hauptstadt Deutschlands gefragt werden, können wir entsprechend antworten. Im Gegensatz dazu entziehen sich die Inhalte des non-deklarativen Gedächtnisses unserem bewussten Zugang.

In dem zweiten Gedächtnismodell unterteilt Tulving (2005) das Langzeitgedächtnis ebenfalls in einzelne Systeme: das prozedurale Gedächtnis, Priming, das perzeptuelle, das semantische und das episodische Gedächtnis. Ebenso wie in dem Modell von Squire (2004) operieren die Gedächtnissysteme parallel, jedoch besteht in dem Modell von Tulving (2005) eine hierarchische Reihenfolge zwischen den jeweiligen Gedächtnissystemen. Zudem nimmt Tulving (2005) eine andere Einteilung der Gedächtnissysteme in Bezug auf die Zugänglichkeit der gespeicherten Informationen vor:

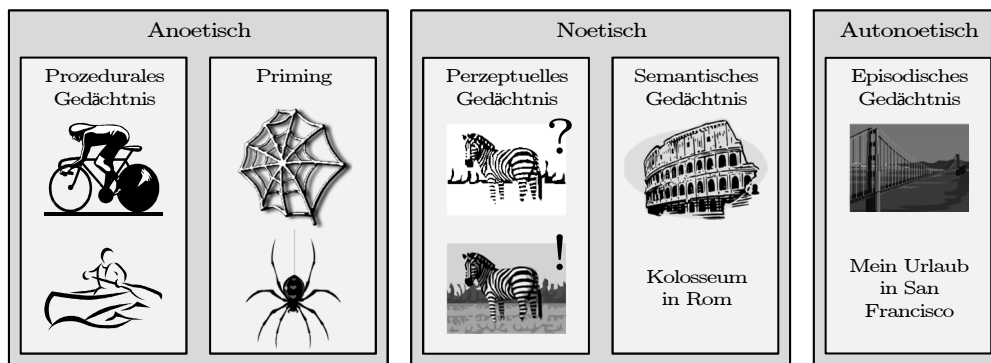


Abbildung 2.6: Die fünf Gedächtnissysteme des Langzeitgedächtnisses mit Beispielen (modifiziert nach Reinhold und Markowitsch (2009)).

Wie in Abbildung 2.6 dargestellt, besteht das Gedächtnis zunächst aus zwei anoetischen, also „vom Denken befreiten“, Gedächtnissystemen. Dabei ist das grundlegendste System das prozedurale Gedächtnis, welches die motorischen und kognitiven Fähigkeiten beinhaltet. Danach folgt Priming als zweites Gedächtnissystem. Priming ermöglicht das leichtere und schnellere Erkennen eines Reizes, der einem zuvor in

der gleichen oder einer ähnlichen Form begegnet ist. Zudem wird zwischen semantischem Priming, Wiederholungs- und Assoziationspriming unterschieden. Wiederholungspriming erleichtert und beschleunigt das Erkennen eines Reizes, indem der Reiz zuvor wiederholt präsentiert wurde. Dagegen wird die Erkennungsleistung eines Reizes (z.B. Kuh) beim semantischen Priming dadurch verbessert, dass zuvor semantisch verwandte Reize (z.B. Glas Milch) gezeigt wurden. Das Assoziationspriming ermöglicht wiederum ein schnelleres und besseres Erkennen eines Reizes, wenn dieser zuvor mit einem nicht semantisch verwandten Reiz dargeboten wurde (Wagner & Koutstaal, 2002).

Als drittes Gedächtnissystem beschreibt Tulving (2005) in seinem Modell das perzeptuelle Gedächtnis. Durch dieses sind wir in der Lage eine inhaltlich gleiche Information trotz unterschiedlicher Ausprägung als dieselbe zuerkennen. Beispielsweise erkennen wir anhand der Silhouette eines Tieres, um welches Tier es sich handelt. Danach folgt das semantische Gedächtnis, welches das allgemeine Welt- und Faktenwissen beinhaltet. Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Gedächtnissystemen verfügen wir über einen bewussten Zugang (*noetic consciousness*) zu den Informationen des perzeptuellen und semantischen Gedächtnisses. Ebenso bedarf der Prozess der Encodierung und Speicherung von Informationen einen höheren Grad an kognitiver Verarbeitung.

Abschließend enthält das episodische Gedächtnis als hierarchisch höchstes Gedächtnissystem Ereignisse und Tatsachen, die die eigene Person betreffen. Aufgrund der engen Verbindung zwischen dem episodischen Gedächtnis und der eigenen Person, können wir gedanklich in der Zeit zurückreisen und uns zurückliegende Ereignisse bis hin zu den damit verbundenen sensorischen Informationen, wie beispielsweise Gerüche, in Erinnerung rufen (Tulving, 2002). Dieses Bewusstsein unserer selbst und die Möglichkeit Vergangenes zu reflektieren wird daher als auto-noetisches Bewusstsein (*auto-noetic consciousness*) bezeichnet (Wheeler, Stuss & Tulving, 1997).

Des Weiteren wird in dem *serial-parallel-independent* (SPI) Modell die Beziehung zwischen dem perzeptuellen, semantischen und episodischen Gedächtnissystem näher beschrieben (Tulving (1995, 2001)). Dabei steht SPI für ein serielles encodieren, ein paralleles speichern sowie ein unabhängiges (*independent*) abrufen von Informationen (siehe Abbildung 2.7) Demnach durchlaufen die Informationen beim Encodierungsprozess nacheinander zunächst das perzeptuelle Gedächtnissystem, welches auch als perzeptuelles Repräsentationssystem (*perceptuel representing system* – PRS) bezeichnet wird (Tulving & Schacter, 1990), das semantische und schließlich das episodische

Gedächtnis. Der Prozess der Speicherung verläuft wiederum in allen drei Gedächtnissystem parallel, wodurch im Weiteren ein unabhängiger Abruf der Information ermöglicht wird. Dieser gesamte Prozess wird an folgendem Beispiel verdeutlicht:

Wenn wir durch die Stadt gehen und dort ein Plakat sehen, auf dem das Kolosseum abgebildet ist, kann anhand dieser visuellen Information über das perzeptuelle Gedächtnis eine Verbindung zum realen Kolosseum hergestellt werden, welches wir bei einem zurückliegenden Städteurlaub in Rom besichtigt haben. Zudem könnten wir auch semantisches Wissen über das Kolosseum abrufen, welches wir während der Besichtigung erlangt haben. Beispielsweise, dass das Kolosseum im Jahr erbaut worden ist. Schließlich wären wir ebenso in der Lage uns an subjektive Informationen des Tages zu erinnern, die direkt unsere eigene Person betreffen. Zum Beispiel das es an dem Tag besonders heiß war oder das eine Teilnehmerin der Besichtigung besonders hübsch war.

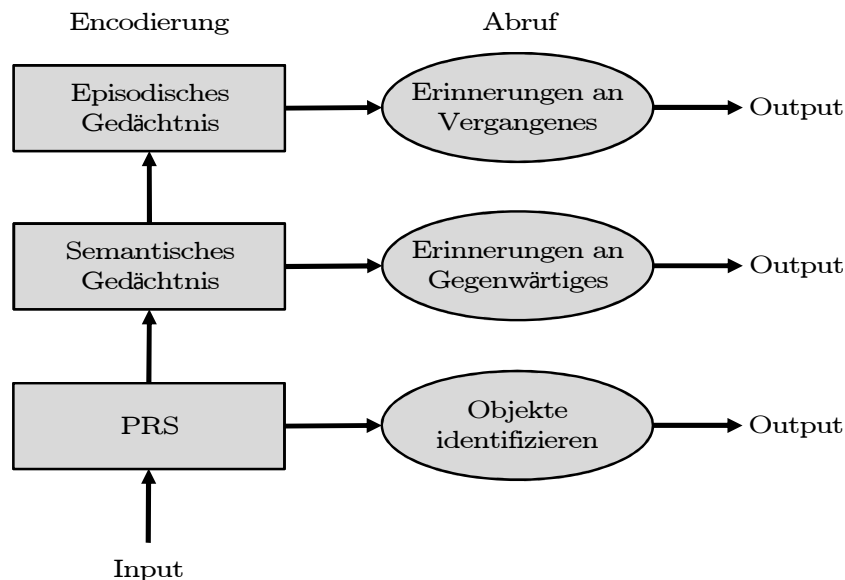


Abbildung 2.7: Die Beziehung zwischen dem perzeptuellen, semantischen und episodischen Gedächtnissystem im Serial-Parallel-Independent Modell (modifiziert nach Tulving (2001)).

Anhand des Beispiels kann zudem verdeutlicht werden, dass nicht alle Informationen bis zum semantischen oder episodischen Gedächtnissystem gelangen müssen. Dies kann von verschiedenen Faktoren abhängen, wie beispielsweise dem Neuigkeitswert der Information (Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch & Houle, 1994) oder auch der Tiefe

der Verarbeitung (Craik & Lockhart, 1972; Craik & Tulving, 1975). Wenn wir uns während der Besichtigung zum Beispiel mit der hübschen Teilnehmerin unterhalten, könnten wir zwar das Entstehungsjahr des Kolosseums wahrnehmen und encodieren, uns allerdings aufgrund der flachen Verarbeitung später nicht mehr daran erinnern. Jedoch könnten wir wiederum eine Aussage darüber treffen, dass wir in dieser Episode unseres Lebens jene Information zu dem Entstehungsjahr erfahren hatten.

2.2 Das menschliche Auge

2.2.1 Anatomie, Funktion und Bewegung des Auges

Im Prinzip ist das menschliche Auge mit einer Fotokamera vergleichbar. Dabei funktioniert die Iris beim Auge wie eine automatische Blende mit verstellbarem Durchmesser bei der Kamera. Über Änderung der Pupillenweite, wird bestimmt wie viel Licht in das Auge einfällt. Das einfallende Licht wird durch die Augenlinse, ähnlich dem Objektiv, gebündelt und trifft auf eine lichtempfindliche Oberfläche. An dieser als Retina bezeichneten Oberfläche erzeugt das Licht ein kleineres, auf dem Kopf stehendes Abbild der Außenwelt. Die Retina besteht aus Millionen feiner, Photorezeptoren. Diese reagieren auf die elektromagnetischen Wellen des Lichts und wandeln es in neuronale Signale um. Über dünne Nervenfasern werden die Signale zum Sehnerv an der Rückwand des Auges geleitet. Der Sehnerv führt wiederum bis zu den primären und sekundären Cortices des visuellen Systems. Dort werden die neuronalen Signale in eine wahrnehmbare interne Repräsentation der Außenwelt gewandelt.

Trotz der Ähnlichkeit des menschlichen Auges zur Kamera, gibt es einen entscheidenden Unterschied. Während bei einer Kamera der gesamte Sichtbereich hochauflösend und farbig auf dem Bildmaterial abgebildet wird, kann das Auge nur in einem sehr kleinen Bereich der Retina eine hohe Auflösung bieten (siehe Abbildung 2.8). Dieser als Fovea bezeichnete Bereich befindet sich etwas oberhalb des Sehnervs und hat ungefähr einen Durchmesser von 1.5 mm. Die Fovea besteht fast ausschließlich aus sogenannten Zapfen. Diese lichtempfindlichen Fotorezeptoren reagieren nur bei ausreichend starkem Lichteinfall und sind für die Farbwahrnehmung verantwortlich. Zudem sind die Zapfen in einem hohen Verhältnis von 1:25 mit den Nervenzellen verschaltet und ermöglichen daher im Bereich der Fovea das schärfste Sehen (Rodiek, 1998). Mit zunehmendem Abstand von der Fovea hin zur Peripherie nimmt die Anzahl der Zapfen ab und die der Stäbchen zu. Stäbchen sind ebenfalls lichtempfindliche Fotorezeptoren, die jedoch im Gegensatz zu Zapfen, bei deutlich weniger starkem Lichteinfall aktiviert werden und zudem keine Farbwahrnehmung besitzen. Daher werden beispielsweise bei einsetzender Dämmerung die Farbtöne zunehmend schlechter wahrgenommen. Des Weiteren sind die Stäbchen in einem geringeren Verhältnis von 1:125 mit den Nervenzellen verbunden, wodurch die Sehschärfe mit steigendem Verhältnis der Stäbchen abnimmt (Rodiek, 1998).



Abbildung 2.8: Die Abbildung zeigt die visuelle Auflösung des Auges (Rechts) im Vergleich zur Kamera (Links). Dabei ist zu beachten, dass das Bild der visuellen Auflösung des Auges bereits ein vergrößerter Ausschnitt ist (Mitte).

Welche Bedeutung die genannten physiologischen Eigenschaften der Retina für die visuelle Wahrnehmung haben, wird anhand von Abbildung 2.8 verdeutlicht: Wird der Blick auf ein Objekt im Raum gerichtet, d.h. das Objekt wird fixiert, wird dieses in einer sehr detaillierten Auflösung und in Farbe auf der Fovea abgebildet. Der Sichtbereich der Fovea umfasst ungefähr zwei Grad im Durchmesser. Dies entspricht in etwa der Breite eines Daumes bei ausgestrecktem Arm. In der angrenzenden, parafovealen Region wird die Umgebung aufgrund der geringeren Dichte an Zapfen deutlich farbloser und unschärfer wahrgenommen. Dieser Bereich hat ungefähr einen Durchmesser von acht Grad (Rayner & Pollatsek, 1989).

In der Peripherie, die bis zu 100 Grad umfasst (Schandry, 1989), werden nur noch sehr grobe Informationen und Bewegungen wahrgenommen. Diese Einschränkung der optischen Qualität des Auges ist notwendig, da ansonsten die Fülle an Informationen nicht weitergeleitet und verarbeitet werden könnten. Wäre die gesamte Retina wie im fovealen Bereich hauptsächlich mit Zapfen bestückt, müsste der Sehnerv ungefähr um das zweihundertfache größer sein, um die anfallenden Informationen an den visuellen Cortex leiten zu können (Carpenter, 1988). Der visuelle Cortex wiederum ist allein bei der Verarbeitung der Informationen des zwei Grad großen Bereichs der Fovea zu 25 Prozent ausgelastet (De Valois & De Valois, 1980) – die Verarbeitung der Informationen des gesamten visuellen Feldes würde einen Anstieg auf 750 Prozent bedeuten. Dass wir dennoch das Gefühl haben, unsere Umgebung weitestgehend scharf und farbig wahrzunehmen, liegt an einem ökonomischen Trick des visuellen Systems. Aufgrund von Augenbewegungen kann jedes Objekt aus unserem Sichtfeld in den Bereich der Fovea verschoben werden. Während dann der Blick auf dem Objekt ruht, kann es in voller Auflösung und farbig betrachtet werden. In der alltäglichen Erfahrung ermöglicht uns das Zusammenspiel der optischen Leistung der Fovea, sowie der

Bewegungs- und Ruhephasen des Auges, unsere Umwelt visuell stabil, sowie stetig detailliert und farbig wahrzunehmen.

Für die Bewegung des Augapfels sind drei verschiedene Muskelpaare zuständig. Mit Hilfe je eines geraden Muskelpaares kann das Auge in horizontaler oder vertikaler Richtung gedreht werden. Werden beide Muskelpaare kombiniert, sind auch diagonale Bewegungen möglich. Für die Rotation des Auges nach innen oder außen ist ein weiteres Muskelpaar verantwortlich. Die drei Augenmuskelpaare werden von der pontinen Reticulärstruktur über die drei Hirnnerven III, IV und VI gesteuert und kontrolliert. Folglich generiert die pontine Reticulärstruktur alle Augenbewegungen und wird daher auch als Sakkadengenerator (SG) bezeichnet. Visuelle Informationen werden über verschiedene Pfade im Gehirn von der Retina bis zum SG geleitet. Dabei durchlaufen die Informationen unterschiedliche visuelle und kognitive Prozesse und lassen sich somit verschiedenen Funktionen sowie unterschiedlichen Arten von Augenbewegungen zuordnen. Im Folgenden zeigt Abbildung 2.9 eine Übersicht der wichtigsten zentralnervösen Strukturen, die an der Steuerung der Augenbewegungen beteiligt sind.

Zunächst kann zwischen willkürlichen und unwillkürlichen Augenbewegungen unterschieden werden. Unwillkürliche Augenbewegungen werden primär von den evolutionär älteren Regionen des Gehirns gesteuert. Erstens können visuelle Informationen aufgrund einer frühen Abzweigung im tractus opticus direkt von der Retina über den superioren Colliculus zur pontinen Reticulärstruktur gelangen. Zweitens sind das vestibuläre System sowie das Cerebellum an Augenbewegungen beteiligt. Im Gegensatz zu den unwillkürlichen Augenbewegungen sind die willkürlichen Bewegungen evolutionär jünger und an Zentren des Cortexes gebunden. Dabei können visuelle Information von der Retina bis zur pontinen Reticulärstruktur auf mindestens drei Wegen durch den Cortex verlaufen. Zuerst werden die visuellen Informationen im primären visuellen Cortex verarbeitet. Von da aus können sie erstens über die visuellen Assoziationscortices, zweitens über den parietalen Cortex oder drittens über den präfrontalen Cortex und die frontalen Augenfelder zur pontinen Reticulärstruktur gelangen.

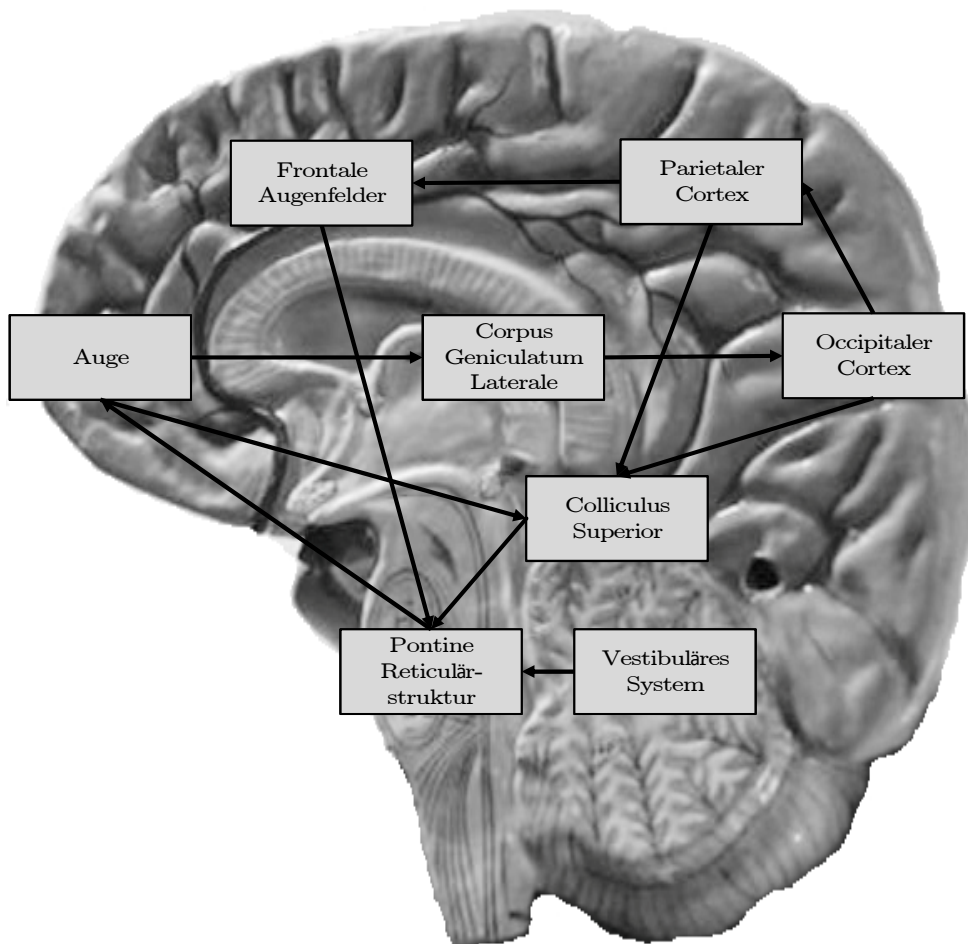


Abbildung 2.9: Die wichtigsten zentralnervösen Strukturen, die bei der Steuerung von sakkadischen Augenbewegungen beteiligt sind (modifiziert nach Deubel (1994)).

Wie bereits erwähnt, liegen den oben genannten Strukturen und Pfaden verschiedene Arten von Augenbewegungen zugrunde. Diese sind mitsamt ihrer Funktion in Tabelle 2.1 abgebildet. Zu den unwillkürlichen Augenbewegungen gehören der optokinetische und der vestibuläre Reflex oder auch Nystagmus (Galley, 2001). Beide Reflexe haben die Funktion, das Abbild der Umwelt auf der Retina zu stabilisieren.

Tabelle 2.1: Verschiedene Arten von Augenbewegungen und ihre zugehörige Funktion

Augenbewegung	Funktion
Stabilisierende Bewegungen	
Optokinetischer Reflexe	Das retinale Abbild bei großflächigen Bewegungen der Umwelt stabilisieren
Vestibulärer Reflex	Das retinale Abbild bei Kopf- und Körperbewegungen stabilisieren
Zielsuchende Bewegungen	
Sakkaden	Objekte zur Fixation auf die Fovea bringen
Folgebewegungen	Ein sich langsam bewegendes Objekt verfolgen
Vergenzbewegungen	Augen auf Objekte in der Tiefe ausrichten
Mikrobewegungen	
Drift	Die Stimulation der Rezeptoren aufrechterhalten
Mikrosakkade	Das Auge auf das vorher fixierte Objekt repositionieren
Bewegungen am Auge	
Lidschlag	Schutz vor Fremdkörpern und Austrocknung
Pupillenbewegungen	Regulation der Lichtmenge
Linsenbewegungen	Akkommodation

Die bildstabilisierende Funktion bei großflächigen, langsamen Bewegungen des Gesichtsfeldes übernimmt dabei der optokinetische Nystagmus. Dieser Reflex ist beispielsweise bei einer Zugfahrt beobachtbar. Betrachten wir aus einem fahrenden Zug heraus die Landschaft, fixieren unsere Augen einen Punkt und bewegen sich langsam entgegengesetzt der Fahrtrichtung. Kurz bevor der fixierte Punkt das visuelle Feld verlässt, führen unsere Augen eine schnelle Rückstellbewegung in Fahrtrichtung durch und suchen sich einen neuen Punkt, den sie fixieren. Dabei erreichen die langsamen Folgebewegungen eine Geschwindigkeit von bis zu 80 Grad pro Sekunde (Unema,

1995), während es bei den schnellen Rückstellbewegungen bis zu 500 Grad pro Sekunde sein können (Joos, Rötting & Velichkovsky, 2003).

Der vestibuläre Nystagmus wiederum sorgt dafür, dass bei Bewegungen des Kopfes oder Körpers das Abbild eines fixierten Objekts auf der Retina stabil bleibt. Dabei werden Blickbewegungen in die entgegengesetzte Richtung der Bewegung des Kopfes geführt, wobei die Geschwindigkeit der Augen analog zu der des Kopfes ist. Geht die Kopf- bzw. Körperbewegung über den Sichtbereich des visuellen Feldes hinaus (wie beispielsweise bei einer Pirouette), erfolgt zudem eine schnelle Rückstellbewegung des Auges entgegengesetzt der vorherigen Richtung. Da dieser Mechanismus zur Bildstabilisierung primär von unserem vestibulären System, also unserem Gleichgewichtssinn, ausgelöst wird, benötigt der Reflex keine visuellen Informationen (Galley, 2001). Dies bedeutet, dass er auch bei geschlossenen Augen oder in völliger Dunkelheit auftritt.

Zu den willkürlichen Augenbewegungen zählen hauptsächlich die sogenannten Sakkaden. Dabei handelt es sich um sehr schnelle, ruckartige Blicksprünge, die ein interessierendes Objekt in den Bereich der Fovea bringen. Diese Blicksprünge sind uns nicht bewusst, da kurz vor, während und kurz nach einer Sakkade (insgesamt bis zu 120 ms) unsere visuelle Wahrnehmung stark eingeschränkt ist (siehe *saccadic supression*, (Volkman, Riggs & White, 1978)). Beispielsweise ist es nicht möglich, seine eigenen Augenbewegungen zu beobachten, wenn man vor einem Spiegel steht und abwechselnd vom linken zum rechten Auge blickt. Visuelle Information können nur während einer Fixation, d.h. wenn der Blick auf einem Objekt ruht, aufgenommen und verarbeitet werden. Somit sind Sakkaden maßgeblich daran beteiligt, dass wir unsere Umwelt als visuell stabil wahrnehmen.

Ferner treten Sakkaden bis zu vier Mal pro Sekunde auf und können eine Geschwindigkeit von bis zu 1000 Grad pro Sekunde erreichen. Wurde eine Sakkade initiiert, lassen sich ihr Verlauf und Zielort nicht mehr beeinflussen, d.h. sie verläuft ballistisch (Unema, 1995). Die Reichweite einer Sakkade kann zwischen zwei und 50 Grad betragen, wobei die Mehrzahl aller natürlichen Sakkaden kürzer als 15 Grad sind (Lancaster, 1941). Trotz der hohen Geschwindigkeit sind Sakkaden mit einer Abweichung von fünf Prozent der Amplitude räumlich sehr genau (Deubel, 1994).

Obwohl Sakkaden zu den willkürlichen Augenbewegungen zählen, können sie auch spontan und unwillkürlich auftreten. Dies ist häufig der Fall, wenn sich in der Peripherie etwas bewegt und mit Hilfe einer Sakkade diese Bewegung in den Fokus der Fovea gerückt wird. Solche Reflex-Sakkaden werden vom visuellen Cortex ausgelöst (Galley, 2001), können jedoch auch willentlich unterdrückt werden. Die dafür höchste Repräsentation zur Steuerung der Sakkaden befindet sich in den frontalen Augenfel-

dern. Beispielsweise ist es Patienten, die eine frontale Läsion haben, nicht möglich einer Instruktion folgend eine Sakkade zu einem bestimmten Ort zu machen. Stattdessen springen sie visuell-reaktiv zu einem anderen Ort im Bild, an dem ein visueller Reiz als Störreiz gezeigt wird (Guitton, Buchtel & Douglas, 1985).

Eine weitere Art der willkürlichen Augenbewegung ist die Folgebewegung, die auch als *smooth pursuit* bezeichnet wird. Mit Hilfe der Folgebewegungen sind wir in der Lage, sich langsam bewegende Objekte zu verfolgen, indem das Objekt im Fokus der Fovea gehalten wird. Das bedeutet, dass im Gegensatz zu einer Sakkade, während einer Folgebewegung visuelle Informationen aufgenommen werden können. Aufgrund dessen ist die Geschwindigkeit einer Folgebewegung im Vergleich zu einer Sakkade mit 100 Grad pro Sekunde deutlich langsamer (M. E. Goldberg, Eggers & Gouras, 1991).

Vergenzbewegungen dienen schließlich der stereoskopischen bzw. räumlichen Wahrnehmung von Objekten. Wechselt der Blick zwischen einem fernen Punkt und einem nahen Objekt, werden beide Augen zueinander bewegt, um das Abbild des nahen Objektes auf der Fovea zu fokussieren. Vergenzbewegungen sind somit die einzigen Bewegungen des Auges, bei dem beide Augen gegeneinander, anstatt parallel zueinander bewegt werden.

Die letzten Arten von Augenbewegungen entstehen während ein Objekt oder eine Region fixiert wird, d.h. wenn eigentlich der Blick darauf ruht. Diese kaum wahrnehmbaren Bewegungen werden daher als Mikrobewegungen bezeichnet und ermöglichen, dass visuelle Informationen während einer Fixation aufgenommen werden. Wird beispielsweise das Auge durch künstliche Lähmung völlig stabilisiert, verschwindet das Abbild auf der Retina nach wenigen Sekunden gänzlich (Ditchburn & Ginsborg, 1952). Die Ursache für dieses Phänomen ist, dass die Photorezeptoren bei einer andauernden Reizung ermüden und keine visuellen Informationen weiterleiten können. Damit Lichtreize während einer Fixation unterschiedliche Rezeptorzellen anregen, gleitet das Auge langsam von dem Ort der Fixation weg. Auf diesen sogenannten Drift folgt eine Mikrosakkade, die die vorherige Bewegung korrigiert. Da Drift und Mikrosakkade stets aufeinanderfolgen, wird dieser periodische Wechsel auch als physiologischer Nystagmus bezeichnet (Palmer, 1999).

Die bisher erwähnten Augenbewegungen werden auch als Blickbewegungen bezeichnet. Dadurch lassen sich diese von den Bewegungen am Auge abgrenzen, die ebenfalls zu den Augenbewegungen zählen. Zu den Bewegungen am Auge gehören der Lidschlag, sowie die Bewegungen der Pupille und der Linse.

Der Lidschlag dient dabei dem Schutz der Hornhaut vor Austrocknung und Fremdkörpern. Meist wird dieser reflektorisch ausgeführt, kann aber auch willentlich erfolgen. Im Durchschnitt dauert ein Lidschlag 150 ms und tritt zwischen zwölf und 15 mal pro Minute auf (Barbato, Ficca & Muscettola, 2000).

Im Gegensatz zum Lidschlag sind Bewegungen der Pupille immer reflektorisch. Ihr Zweck besteht darin, die Menge des einfallenden Lichts zu regulieren. Bei Lichteinstrahlung verkleinert sich die Pupille auf eine Größe von maximal 1,5 mm Durchmesser mit einer Latenz von 250 ms. Dagegen vergrößert sich die Pupille bei Dunkelheit auf einen Durchmesser von bis zu 8 mm mit einer Verzögerung von 430 ms. Die Pupillenbewegungen beider Augen sind dabei unabhängig voneinander (konsensueller Pupillenreflex) (Laeng, Sirois & Gredebäck, 2012).

Linsbewegungen wiederum ändern den Bereich des scharfen Sehens im Raum. Durch Akkommodation auf Nah- oder Ferneinstellung wird Brechkraft der Linse verändert. Für eine Naheinstellung nimmt die Linse eine gekrümmte und für eine Ferneinstellung eine abgeflachte Form an. Die Latenz der Akkommodation beträgt 300 ms (Schor, Lott, Pope & Graham, 1999), wobei die Linsbewegungen überwiegend reflektorisch sind, aber auch willentlich durchgeführt werden können (McLin & Schor, 1988).

Die hier aufgeführte getrennte Darstellung findet im Alltag kombiniert statt. Beispielsweise sind bei der Scharfstellung auf nahe Objekte neben der Vergenzbewegungen der Augen auch Bewegungen der Linse sowie Pupille beteiligt.

2.2.2 Blickbewegung und visuelle Wahrnehmung von Szenen

Zunächst erscheint es sinnvoll den Begriff Szene zu definieren. Bei einer Szene handelt es sich um die Abbildung einer realen Umgebung aus einem bestimmten Blickwinkel. Allgemein besteht eine Szene dabei aus Hintergrundelementen und einer Reihe von Objekten, die räumlich und semantisch schlüssig zu einander angeordnet sind (Henderson & Ferreira, 2004; Henderson et al., 1999). Hintergrundelemente sind in der Regel relativ große, unbewegte Oberflächen und Strukturen, wohin gegen Objekte kleinere Bestandteile innerhalb einer Szene sind, die entweder nicht bewegbar, bewegbar oder sich bewegend sind. Verallgemeinert bedeutet dies, dass Objekte interagieren können oder mit ihnen interagiert werden kann. Die Anordnung der Objekte innerhalb der Szene unterliegt dabei physikalischen, funktionalen und semantischen Beschränkungen (Biederman, 1981, siehe syntaktische Beschränkungen). Beispielsweise kann

ein Stuhl nicht einfach in der Luft schweben und es wäre auch untypisch, wenn der Stuhl auf einem Tisch steht anstatt davor.

In der Praxis basiert die Forschung zur Wahrnehmung von Szenen auf einer Darstellung der Szenen in Form von Fotografien, Zeichnungen oder computergenerierten Grafiken. Gegenüber realen Umgebungen hat dies den Vorteil, dass bestimmte Faktoren, wie beispielsweise Beleuchtung, mit wenig Aufwand gut kontrolliert werden können. Zudem sind Szenen in vielerlei Hinsicht im Vergleich realen Umgebungen effizienter. So ist es leichter und kostengünstiger bei einem Experiment den Probanden verschiedene Szenen anstatt verschiedene reale Umgebungen zu zeigen. Obwohl Szenen viele wichtige Eigenschaften, wie visuelle Komplexität, strukturellen und semantischen Aufbau, sowie die Bedeutung angemessen widerspiegeln, ist der Informationsgehalt dennoch reduziert. Beispielsweise fehlen einige Informationen zur räumlichen Tiefenwahrnehmung (z.B. Bewegungsparallaxe oder Stereopsis).

Als einer der ersten Forscher im Bereich der visuellen Aufmerksamkeit und dem Blickverhalten zeigte Buswell (1935), dass Blickbewegungen bei der Betrachtung von Szenen nicht willkürlich oder zufällig sind. Die Probanden tendierten dazu, ihre Blickbewegungen auf bestimmte Regionen der Szenen zu verstärken, während andere Regionen kaum oder gar nicht beachtet wurden. In der Forschung gibt es zwei verschiedene Ansätze, die diese Besonderheiten im Blickverhalten erklären. Zum einen werden Blickbewegungen von bottom-up Prozessen (Itti & Koch, 2000; Itti, Koch & Niebur, 1998; Parkhurst, Law & Niebur, 2002) und zum anderen von top-down Prozessen (Antes & Penland, 1981; Loftus & Mackworth, 1978; Yarbus, 1967) gesteuert.

Bei bottom-up Prozessen wird unser Blickverhalten von den physikalischen Eigenschaften, u.a. Helligkeit, Farbe und Orientierung, einer Szene bestimmt. Die Grundidee dahinter ist, dass Regionen in einer Szene, die sich in ihren physikalischen Eigenschaften ähneln, weniger Informationen beinhalten und somit uninteressanter für den Betrachter sind, als Regionen, die sich in ihren physikalischen Eigenschaften von benachbarten Regionen unterscheiden (Itti et al., 1998; Itti & Koch, 2000; Treisman & Gelade, 1980). Dadurch erklärt der Ansatz die Tendenz, dass eher Objekte betrachtet werden als leere Regionen. In einem Experiment zeigten Mannan, Ruddock und Wooding (1996), dass für die Tendenz Objekte zu betrachten, die physikalischen Eigenschaften der Szene verantwortlich waren und nicht die Objekte an sich. Mit Hilfe eines Tiefenfilters wurden in Szenen die hohen und mittleren Frequenzen entfernt, wodurch die einzelnen Objekte in den Szenen nicht mehr erkennbar waren. Dennoch

betrachteten die Probanden diese Szenen in ähnlicher Weise, wie es eine Kontrollgruppe mit den gleichen, nicht gefilterten Szenen tat.

Der Ansatz der bottom-up Prozesse basiert demnach ausschließlich auf visuellen Reizen. Dadurch wird jedoch der Aspekt vernachlässigt, dass Szenen eine inhaltlich bedeutungsvolle Ebene besitzen können, die wiederum Einfluss auf das Blickverhalten haben kann (Chen & Zelinsky, 2006; Einhäuser, Rutishauser & Koch, 2008; Henderson, Brockmole, Castelhana & Mack, 2007; Henderson, Malcolm & Schandl, 2009). Beispielsweise werden Gesichter beim Betrachten von Szenen häufig fixiert, obwohl sie im Vergleich zu anderen Elementen der Szene eine relativ geringe Salienz besitzen (Judd & Ehinger, 2009). Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wird der Ansatz der bottom-up Prozesse dahingehend erweitert, dass das Blickverhalten durch die physikalischen Eigenschaften einer Szene bestimmt, jedoch durch top-down Aspekte angepasst wird. Allerdings zeigten mehrere Experimente, dass selbst die initiale Sakkade nicht zwangsweise zu der Region mit der höchsten Salienz springt, sondern andere weniger saliente Objekte als Ziel haben kann. Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass anhand der ersten vorausgehenden Fixation das Wesentliche einer Szene, der sogenannte „scene gist“, erfasst wird (Biederman, 1972; Potter, 1975; Vanrullen & Thorpe, 2001). Auf Basis des scene gist kann ein räumliches Layout der Szene generiert werden, anhand dessen vermutet werden kann, wo sich ein bestimmtes Objekt in einer Szene befindet und folglich auf diese Region die initiale Sakkade gerichtet wird (Castelhana & Henderson, 2007; Eckstein, Drescher & Shimozaki, 2006; Henderson et al., 1999; Oliva, Torralba, Castelhana & Henderson, 2003). Bei nachfolgenden Fixationen ist die Wahrscheinlichkeit entsprechend noch größer, dass sie von bestehendem Wissen über die Szene und der Bedeutung bestimmter Objekte beeinflusst werden, als von physikalischen Eigenschaften der Szene und der Objekte (Henderson et al., 1999; M. F. Land & Hayhoe, 2001; Pelz & Canosa, 2001).

Bei top-down Prozessen wiederum werden Blickbewegungen vom Szenenwissen gesteuert. Dieses beinhaltet räumliche, visuelle und semantische Informationen über vorherige ähnliche Szenen aus dem Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis, sowie die Ziele und Absichten des Betrachters. Henderson und Ferreira (2004) ordneten den Einfluss des Szenenwissens in vier Kategorien ein. Wie in Tabelle 2.2 dargestellt ist, beinhaltet die erste Kategorie das episodische Kurzzeit-Szenenwissen (*short-term episodic scene knowledge*). Dieses umfasst Informationen, die vor kurzer Zeit eine Veränderung der Szene bewirkt haben. Beispielsweise wenn eine Tasse Kaffee auf dem Schreibtisch neben der Tastatur abgestellt wurde. Die zweite Kategorie schließt wiederum episo-

disches Langzeit-Szenenwissen (*long-term episodic scene knowledge*) ein. Damit sind Aspekte einer Szene gemeint, die über einen längeren Zeitraum (mehrere Minuten bis hin zu Jahren) hin gleich waren und dann geändert wurden (Henderson, 2008).

Tabelle 2.2: Der Einfluss von Szenenwissen auf das Blickverhalten

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
Episodisches Kurzzeit-Szenenwissen	Spezifisches Wissen über eine bestimmte Szene in der aktuellen perzeptuellen Episode.	Meine Kaffeetasse befindet sich auf dem Schreibtisch direkt neben dem Telefon, wo ich sie abgestellt habe.
Episodisches Langzeit-Szenenwissen	Über die Zeit angesammeltes, spezifisches Wissen zu einer bestimmten Szene.	Als ich vom Meeting zurückkehrte, erinnere ich mich, dass ich meine Kaffeetasse auf dem Schreibtisch neben dem Telefon steht.
Wissen zum Szenenschema	Allgemeines Wissen über bestimmte Elemente einer Szene	Kaffeetassen sind auf flachen Oberflächen, wie Tischen, zu finden
Aufgabenspezifisches Wissen	Allgemeines Wissen über ein bestimmtes Element einer Aufgabe	Wenn ich meine Kaffeetasse suche, brauche ich nicht in der Badewanne zu suchen

Modifiziert nach Henderson und Ferreira (2004)

Beide Kategorien sind dabei spezifisch für eine bestimmte Szene. Im Gegensatz dazu, beschreibt das Wissen zum Szenenschema (*scene schema knowledge*) als dritte Kategorie ein allgemeines Wissen zu bestimmten Szenen, also beispielsweise dass in einem Büro mit hoher Wahrscheinlichkeit auf dem Schreibtisch ein Computer steht. Dabei hat das semantische Gedächtnis einen robusten Effekt auf das Blickbewegungsverhalten, wie in einer Vielzahl von Studien belegt wurde (De Graef, Christiaens & D’Ydewalle, 1990; Friedman, 1979; Loftus & Mackworth, 1978; Henderson et al., 1999). Beispielsweise führten Henderson et al. (1999) ein Experiment durch, bei dem Probanden gezeichnete Szenen dargeboten wurden. Diese waren entweder semantisch konsistent oder sie beinhalteten ein semantisch inkonsistentes Objekt. In dem Bild einer Bar wurde zum Beispiel ein Cocktailglas (semantisch konsistent) durch ein Mikroskop (semantisch inkonsistent) ersetzt. Während des Experiments bekam ein Teil der Probanden Szenen mit semantisch konsistenten Objekten präsentiert, während

der andere Teil die gleichen Szenen mit semantisch inkonsistenten Objekten sah (die sich an der gleichen Stelle befanden wie die konsistenten Objekte und eine vergleichbare Größe hatten). Insgesamt fixierten Probanden semantisch inkonsistente Objekte signifikant häufiger und länger als semantisch konsistente Objekte.

Schließlich enthält die vierte Kategorie aufgabenspezifisches Wissen. Demnach wirkt sich nicht nur das Wissen darum, ob ein Objekt in einem bestimmten Kontext semantisch korrekt ist oder nicht, sondern auch sonstiges Wissen um die Eigenschaften eines Objekts auf das Blickverhalten aus. Beispielsweise zeigte De Graef (1992), dass Objekte die zwar semantisch in eine Szene passten, aber an einer ungewöhnlichen Position standen ebenfalls häufiger und länger betrachtet wurden, als Objekte die an einer typischen Position standen. Dies hat zur Folge, dass das Blickbewegungsverhalten in Abhängigkeit zu einer bestimmten Aufgabe beim Betrachten einer Szene variiert. Yarbus (1967) zeigte in seiner Untersuchung, dass unterschiedliche Instruktionen bei dem Betrachten eines Gemäldes zu bestimmten verschiedenen Blickmustern führten. Abbildung 2.10 enthält das Blickverhalten für (1) ein freies Betrachten, sowie die Aufgabenstellungen (2) „Schätzen des sozialen Status der Personen“, (3) „Schätzen des Alters der Personen“, (4) „Kleidung der Personen merken“, (5) „Position der Personen und Objekte im Raum merken“ und (6) „Vermuten, wie lange der unerwartete Besucher von der Familie getrennt war“.

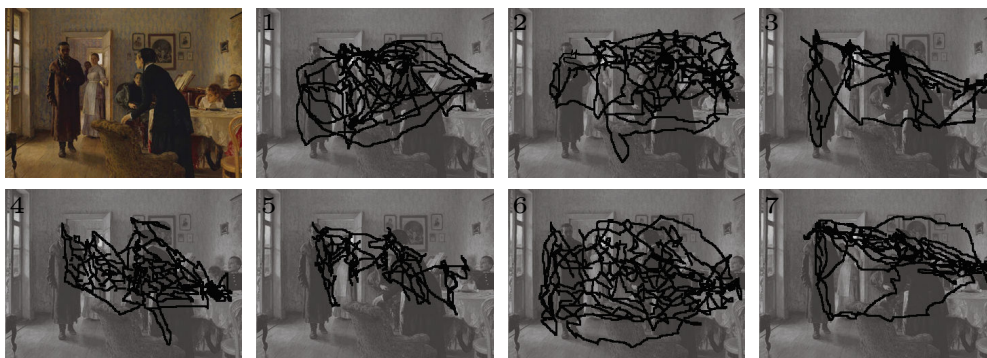


Abbildung 2.10: Auswirkung der Instruktion auf das Blickverhalten (modifiziert nach Yarbus (1967)).

Ferner findet unser Blickverhalten auf zwei verschiedenen Aufmerksamkeitssebenen statt (Rensink, 2000, 2002; Velichkovsky, 1982, 2002). Dabei hängt die Dauer einer Fixation mit der Amplitude der Folgesakkade zusammen. Wird beispielsweise eine

neue Szene betrachtet, wird diese zunächst grob und schnell „gescannt“. Dadurch werden zunächst Objekte in der Szene lokalisiert und bis zu zwölf Objektmerkmale, wie Farbe, Größe oder Bewegung erfasst. Auf dieser ersten Aufmerksamkeitsebene, die als *ambiente Ebene* bezeichnet wird, hat der Betrachter das Gefühl, überall irgendetwas zu sehen. Anschließend werden die einzelnen wahrgenommen Merkmale ganzheitlich organisiert, indem einzelne Objekte gezielt fixiert werden. Dadurch werden auf dieser zweiten, *fokalen Aufmerksamkeitsebene* die Objekte schließlich identifiziert. *Ambiente Fixationen* weisen dabei eine Dauer von 90 bis 210 ms auf. Darauf folgt eine *Sakkade* die den Radius des parafovealen Bereichs, also mehr als 4 Grad, überschreitet (Buswell, 1935; Dornhöfer, Pannasch & Velichkovsky, 2000; Velichkovsky, 2002). Abbildung 2.11 zeigt eine graphische Darstellung der jeweiligen Aufmerksamkeitsebenen anhand von Aufmerksamkeitslandschaften.



Abbildung 2.11: Die ambiente (2) und die fokale (3) Aufmerksamkeitsebene (modifiziert nach Velichkovsky (2002)).

3 Experimente

3.1 Methode: Eye-Tracking

3.1.1 Vergleich und Diskussion verschiedener Methoden zur Registrierung von Blickbewegungen

In dem folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Methoden zur Registrierung von Blickbewegungen kurz beschrieben und miteinander verglichen (ausführlicher Überblick bei Joos, Rötting und Velichkovsky (2003)).

Generell wird zwischen Messverfahren unterschieden, die auf der Erfassung der Augenbewegungen durch subjektive Beobachtung (Grüsser & Grüsser-Cornehls, 2000), neurophysiologische Prinzipien (Oster & Stern, 1980), invasive Methoden (Carpenter, 1988) oder videobasierte Methoden (Holmqvist et al., 2011) basieren.

Zu Beginn des siebzehnten Jahrhunderts wurde bereits die direkte Beobachtung der Augenbewegungen durch Laurentius (1599) als Methode beschrieben (siehe dazu, Joos et al., 2003). Obwohl diese Methode technisch sehr einfach ist, wurden beispielsweise mittels direkter Beobachtungen die Sakkaden entdeckt und erfahrene Beobachter sind in der Lage, Augenbewegungen von bis zu einem Grad zuerkennen (Yarbus, 1967). Jedoch ist dieser Wert im Vergleich zu heutigen Systemen, die eine Präzision von bis zu 0.01 Grad aufweisen, sehr ungenau. Da die direkte Beobachtung allerdings einfach und jederzeit durchführbar ist, wird sie immer noch in einigen Bereichen angewendet. Beispielsweise nutzen Ärzte und Rettungskräfte in bestimmten Fällen bestimmte Arten von Augenbewegungen als Teil der Diagnose. Eine weitere Methode der subjektiven Erfassung ist die Analyse retinaler Nachbilder. Diese Methode wurde bereits Mitte des neunzehnten Jahrhunderts von Helmholtz (1866) entwickelt und wird noch bis heute beispielsweise in der Gleichgewichtsforschung verwendet (Grüsser & Grüsser-Cornehls, 2000). Dabei erzeugen eine Reihe starker Lichtreize auf der Retina eines Probanden Nachbilder. Wenn der Proband währenddessen sein Auge bewegt, erscheinen die Nachbilder an unterschiedlichen Stellen der Retina. Diese räumliche Anordnung kann vom

Probanden beschrieben werden, woraus sich ein Ablauf des Blickverhaltens ableiten lässt. Nachteilig an dieser Methode ist, dass sie auf der Selbstbeobachtung des Probanden basiert. Zudem ist eine kontinuierliche Messung nicht möglich, da die Dauer der untersuchbaren Bewegungssequenz durch die Abklingzeit der Nachbilder begrenzt ist.

Genauere und objektivere Daten werden mit invasiven, neurophysiologischen oder videobasierten Verfahren gewonnen. Dabei stellen invasive Methoden die früheste Form der objektiven Erfassung der Blickbewegung dar. Bereits zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts wurde beispielsweise eine Vorrichtung direkt auf der Hornhaut des Augapfels befestigt. Über ein Gestänge wurden somit die Bewegungen mit Hilfe einer Schreibborste aufgezeichnet (Huey, 1898). Solche Methoden bedeuteten für den Probanden eine hohe und unangenehme physische Belastung.

Dennoch werden invasive Verfahren bis heute genutzt, da sie die genaueste Form der Blickbewegungserfassung darstellen. Bei der sogenannten Kontaktlinsenmethode wird dem Probanden eine individuell angepasste Kontaktlinse eingesetzt, die dann analog oder videobasiert erfasst wird. Dazu wird in der analogen Variante, der Magnetokulographie, der Kopf des Probanden in einem Rahmen fixiert. Dieser Rahmen beinhaltet an den Seiten, sowie oben und unten Spulen, die ein magnetisches Feld induzieren. Da die Kontaktlinse ebenfalls eine kleine Spule beinhaltet, können Augenbewegungen proportional zu den Veränderungen im magnetischen Feld erfasst und gemessen werden. Alternativ kann die Kontaktlinse videobasiert registriert werden. Dazu beinhaltet sie anstatt der Spule einen winzigen Spiegel. Mit Hilfe eines optischen Sensors werden die punktförmigen Reflexion des Spiegels aufgezeichnet, woraus die Blickbewegungen abgeleitet werden.

Beide Verfahren ermöglichen eine sehr hohe zeitliche Auflösung von 1000 Hz und eine sehr feine Erfassung der Blickbewegungen im Bereich von 0.01 Grad. Zu den Nachteilen der Kontaktlinsenmethode zählen, dass Blickbewegungen nur in einem geringen Bereich von zehn Grad verzerrungsfrei gemessen werden können. Des Weiteren müssen für jeden Probanden die Kontaktlinsen individuell angefertigt werden. Da die speziellen Kontaktlinsen im Vergleich zu handelsüblichen Linsen schwerer sind und zudem nicht verrutschen dürfen, werden sie ähnlich wie bei der ursprünglichen Methode von Huey (1898) auf der Hornhaut befestigt. Dies stellt u.a. aufgrund der anästhesierten Hornhaut und der Gefahr einer Hornhautirritation eine Belastung des Probanden dar. Wegen des hohen finanziellen und zeitlichen Aufwands, sowie der hohen physischen Belastung ist die Kontaktlinsenmethode eine reine Labormethode.

Zu den neurophysiologischen Methoden zählt beispielsweise das Elektrookulogramm (EOG). Dieses Verfahren basiert auf der Dipoleigenschaft des Augapfels. Dabei werden mit Hilfe von Elektroden Potentialschwankungen zwischen Retina (negativer Pol) und Cornea (positiver Pol) gemessen. Die Methode verfügt über eine hohe zeitliche Auflösung von bis zu 1000 Hz und ermöglicht somit beispielsweise die Messung von Sakkadengeschwindigkeiten. Jedoch ist die räumliche Auflösung mit bis zu 1.5 Grad gering (Galley, 2001). Kurze Sakkaden, wie sie beispielsweise bei zwei aufeinanderfolgenden Buchstaben eines Wortes entstehen, werden nicht mehr registriert.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Elektroden zur Messung links und rechts, sowie ober- und unterhalb des Auges befestigt werden. Dadurch liefert diese Methode getrennte Messwerte für horizontale und vertikale Blickbewegungen. Horizontale Bewegungen werden problemlos bis zu einem Winkel von 30 Grad sehr genau erfasst (North, 1965). Jedoch treten bei vertikalen Bewegungen starke Abweichungen durch Lidschläge und Überlagerung der Potentiale durch die Gesichtsmuskulatur auf (Chioran & Yee, 1991).

Des Weiteren ist an der Methode problematisch, dass die Spannung von tageszeitlichen Schwankungen, dem Adaptionszustand des Auges und der Aufmerksamkeitsleistung des Probanden beeinflusst wird. Durch die Schwankung des corneo-retinalen Potentials können zwischen den Probanden, bzw. an verschiedenen Messzeitpunkten eines Probanden Abweichungen von bis zu 60 Prozent entstehen (Oster & Stern, 1980).

Aufgrund der genannten Nachteile eignet sich das EOG nicht zur Blickortanalyse (Galley, 2001). Positiv bei EOG ist noch anzumerken, dass es problemlos bei Brillen- und Kontaktlinsenträgern funktioniert und es die einzige Methode ist, mit deren Hilfe Augenbewegungen bei geschlossenen Lidern erfasst werden können.

Am weitesten Verbreitet sind videobasierte Verfahren, die bestimmte Eigenschaft des Auges nutzen, einfallende Lichtstrahlen zu reflektieren bzw. zu brechen (In der Regel Infrarotlicht, um die Probanden nicht zu blenden). Über Videokameras und mit Hilfe von bildverarbeitenden Techniken werden anhand dieser Eigenschaften Blickbewegungen detektiert. Mit entsprechender Software ist es möglich, die Blickbewegungen noch während der Betrachtung von visuellen Reizen online darzustellen. Bei der Detektion der Blickbewegungen finden hauptsächlich vier verschiedene Verfahren Anwendung, die auf unterschiedlichen Eigenschaften des Auges basieren:

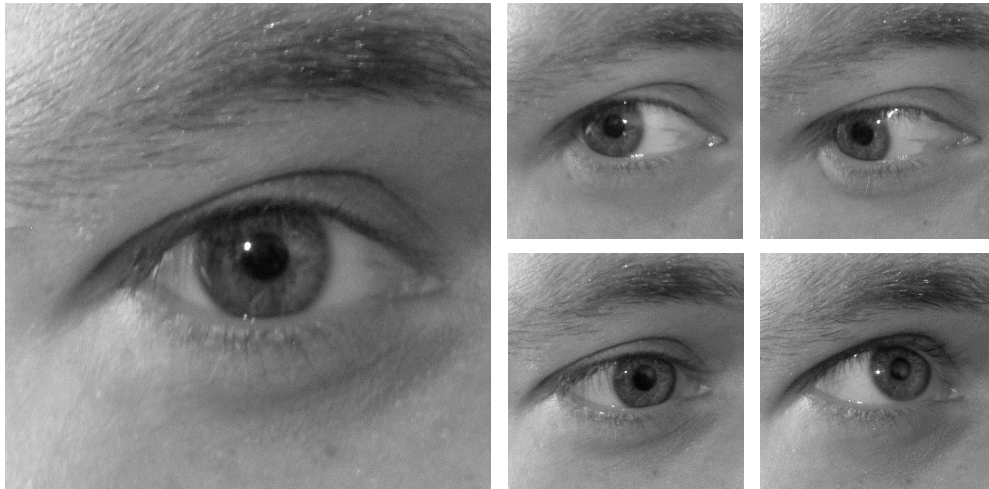


Abbildung 3.1: Detektion der Blickbewegung anhand des Corneareflexes (heller Lichtreflex). Aus dem Abstand und der Position zwischen Pupillennitte und Lichtreflex wird der angeblickte Ort ermittelt (modifiziert nach Galley (2001)).

Das erste Verfahren, die Purkinje-Bild-Technik nutzt dabei Reflexionen, die durch Brechung des einfallenden infraroten Lichts an vier bestimmten Stellen des Auges entstehen – die sogenannten Purkinje-Bilder (siehe Abbildung 3.1). Der erste Lichtreflex (1. Purkinje-Bild) entsteht an der Oberfläche der Hornhaut (Cornea) und wird daher auch als Corneareflex bezeichnet. Das zweite Purkinje Bild entsteht an der Hornhautrückseite, also zwischen Cornea und Kammerwasser, das dritte an der Linsenvorderseite (zwischen Kammerwasser und Linse) und das vierte an der Linsenrückseite (zwischen Linse und Glaskörper). Wenn das Auge bewegt wird, ändert sich aufgrund der verschiedenen Krümmungen von Cornea und Linse die Lage der Purkinje-Bilder zueinander. Anhand dieser Veränderungen kann auf die Augenstellung geschlossen werden. Die genauesten Ergebnisse (bis zu 0.01 Grad) werden anhand des ersten und des vierten Purkinje-Bildes erzielt, da zwischen diesen Punkten die größte Differenz in der Krümmung und der Distanz zueinander besteht. Das Verfahren ist jedoch nur in einem Bereich von zwölf Grad einsetzbar, da bei größeren Augenbewegungen des vierten Purkinje-Bild von der Regenbogenhaut verdeckt wird. Des Weiteren muss der Kopf des Probanden fixiert werden. Ansonsten verzerren Kopfbewegungen den Bezug zwischen Augenstellung und dem tatsächlich Ort auf den der Proband blickt. Ferner ist problematisch, dass das Verfahren ausreichend große Pupillen voraussetzt. Daher

kann es bei rund 50 Prozent der Probanden aufgrund zu kleiner Pupillen nicht angewandt werden.

Das zweite Verfahren, die Cornea-Reflex-Methode, basiert ebenfalls auf Lichtreflexen. Jedoch wird hier nur der Corneareflex genutzt (daher der Name der Methode). Über dessen Bewegung kann auf die Augenstellung geschlossen werden, da sich der Corneareflex aufgrund des im Vergleich zum Augapfel kleineren Radius der Cornea in Richtung der Augenbewegung verschiebt. Im Gegensatz zur Purkinje-Bild-Technik ermöglicht die Cornea-Reflex-Methode einen größeren Arbeitsbereich (20 Grad), hat jedoch dagegen die geringere räumliche Auflösung (0.2 Grad). Bei der Corneareflex-Methode muss der Kopf des Probanden ebenfalls fixiert sein.

Die dritte Methode zur Erfassung von Blickbewegungen bei videobasierten Verfahren ist die Pupillenregistrierung. Diese Methode nutzt nicht die Purkinje-Bilder, sondern die Tatsache, dass einfallendes Infrarotlicht von der Netzhaut reflektiert wird. Bei der Pupillenregistrierung gibt es zwei Ansätze, die sich in der Position der Lichtquelle unterscheiden. In dem ersten Ansatz, der Bright Pupil Methode, befindet sich die Quelle des Infrarotlichts koaxial zum optischen Pfad, wodurch die Pupille direkt angestrahlt wird. Ähnlich wie bei dem Rote-Auge-Effekt beim Fotografieren, erscheint die Pupille dadurch als heller Punkt. Dagegen ist bei der Dark Pupil Methode die infrarote Lichtquelle abseits vom optischen Pfad. Dadurch wird das Licht nicht zur Kamera reflektiert, weshalb die Pupille als dunkler Punkt sichtbar ist. Um Blickbewegungen zu erfassen, wird mit Hilfe bildverarbeitender Methoden die Mitte der hellen bzw. dunklen Pupille errechnet und verfolgt. Auch bei dieser Methode muss der Kopf fixiert werden.

Bei der vierten Methode, der Blickachsenmessung, werden zur Registrierung von Blickbewegungen die Methoden der Corneareflex-Methode und der Pupillenregistrierung verbunden. Die Augenstellung wird anhand der Differenz zwischen dem Corneareflex und der Pupillenmitte bestimmt. Da sich beide Messmarker bei der Augenbewegung gegensinnig, aber bei kleineren Kopfbewegungen in die gleiche Richtung verschieben, muss der Kopf der Probanden nicht zwangsweise fixiert werden. Zudem ist der Messbereich mit über 30 Grad vergleichsweise groß, wobei die räumliche Auflösung mit 0.5 Grad geringer ausfällt als bei den anderen Methoden.

Alle genannten Methoden zur Blickerfassung bei videogestützten Verfahren „kontaktlos“ angewandt werden. Die entsprechenden Eye-Tracker werden als Remote-Systeme bezeichnet. Diese sind in der Regel unterhalb des Monitors angebracht, auf dem die visuellen Reize betrachtet werden. Mit Ausnahme der Blickachsenmessung muss bei

allen drei Methoden der Kopf der Probanden fixiert sein. Alternativ gibt es eine weitere technische Umsetzung der Eye-Tracking-Systeme. Bei den kopfgestützten Systemen sind die Kameras und Lichtquellen an einem Kopfgestell befestigt. Aufgrund der kürzeren Entfernung, müssen keine vergrößernden Teleobjektive eingesetzt werden, wodurch die Genauigkeit der kopfgestützten Systeme im Vergleich zu den Remote-Systemen größer ist. Zudem besitzen die kopfgestützten Systeme in der Regel eine zusätzliche, nach vorne gerichtete Kamera, wodurch Kopfbewegungen erfasst und kompensiert werden können. Dadurch muss der Kopf der Probanden nicht mehr fixiert werden.

Zusammenfassend gibt es kein Verfahren das uneingeschränkt für jede Fragestellung geeignet ist. In der vorliegenden Arbeit steht die Erfassung der Fixationen in einer Bildszene im Fokus. Da die verwendeten Stimuli relativ groß sind, ist zudem ein weiter Messbereich wichtig. Aufgrund der mangelnden Ortstreue entfällt somit das EOG. Invasive Verfahren sind wegen ihrer Risiken, des Aufwandes und der finanziellen Kosten keine Option. Daher kommen nur noch videobasierte Verfahren in Betracht. In Bezug auf Ortstreue und Größe des Arbeitsbereiches bietet dabei ein kopfgestütztes, videobasiertes System mit Pupillenregistrierung als Methode die besten Ergebnisse.

3.1.2 Apparatur und technischer Aufbau der Experimente

Der Technische Aufbau war für alle folgenden Experimente identisch. Die Augenbewegungen wurden mit einem EyeLink II der Firma SR-Research Global Inc. aufgezeichnet. Bei dieser Art von Augenbewegungskamera handelt es sich um ein tragbares, kopfgestütztes, videobasiertes System, das mittels je einer Infrarotkamera eine Pupille registriert. Anhand der Pupille werden mit Hilfe der Dark Pupil Methode Augenbewegungen in einem horizontalen Winkel von 40 Grad und einem vertikalen Winkel von 36 Grad erfasst. Zudem arbeitet das System mit einer zeitlichen Auflösung von 500 Hz und einer räumlichen Auflösung von 0.01 Grad. Kopfbewegungen bis zu 30 Grad werden vom System ausgeglichen. In den Experimenten wurden die Blickbewegungen binokular aufgezeichnet, später jedoch nur die Daten des dominanten Auges ausgewertet.

Die Steuersoftware des Eye Link II war so konfiguriert, dass Fixationen erkannt wurden, wenn sich die Augen über eine Zeit von 10 ms nicht mehr als 0.35 Grad bewegten. Dementsprechend wurde eine Sakkade detektiert, wenn die Bewegung über 0.35 Grad hinaus ging und die Beschleunigung größer als 30 Grad/sec war.

Für den Versuchsaufbau wurden zwei Rechner benötigt. An den einen Rechner war das

EyeLink II-System angeschlossen (EyeLink-Rechner). Dieser Rechner lief mit einem MS-DOS-Betriebssystem und diente zur Steuerung des EyeTrackers. Des Weiteren wurden auf dem Rechner alle Blickbewegungen registriert und nach Fixationen, Sakkaden und Lidschlägen klassifiziert. Über den zweiten Rechner (Steuerrechner, Windows XP) wurde der Versuchsablauf geregelt. Die Verbindung zwischen EyeLink- und Steuerrechner erfolgte über Ethernet mit einer durchschnittlichen Verzögerung von unter drei Millisekunden ($SD = 1.11$ ms). Vom Steuerrechner wurden alle Stimulusdaten (Nummer der Szene, Typ der Kondition, sowie der Zeitpunkt von Beginn und Ende eines Trials) übermittelt. Der EyeLink-Rechner erstellte anhand der übermittelten Informationen vom Steuerrechner und den aufgezeichneten Blickbewegungsdaten eine Log-Datei zur späteren Auswertung. Zur Steuerung des Versuchsablaufs wurde ursprünglich die EyeLink-Erweiterung Prexel in der Version 1.1 vom Visual Attention Lab der University of Massachusetts Boston für die Experimentsteuerungssoftware Presentation in der Version 14.01 von Neurobehavioral Systems verwendet. Jedoch traten in einem Vortest häufig technische Probleme auf, die zum Abbruch des Durchlaufs führten. Aufgrund dieses Umstands wurde der Versuchsablauf systemnah mittels der Programmiersprache C implementiert. Dies führte zu einem stabilen Ablauf der Experimente.

Neben den beiden Rechnern gehörten zwei Monitore zum Versuchsaufbau. An dem Steuerrechner war ein 24 Zoll TFT-Monitor der Firma Dell mit einem 16:10 Bildverhältnis und einer nativen Auflösung von 1920 x 1200 Pixeln angeschlossen. Weil die Stimuli jedoch in keinem Experiment größer als 1280 x 800 Pixel waren, wurde eine interpolierte Auflösung von 1280 x 800 Pixel verwendet. Da die genutzten Stimuli in den unterschiedlichen Experimenten verschiedene Auflösungen besaßen, wurden sie in der Originalauflösung gezeigt, um Verzerrungen zu verhindern. Die Bildwiederholfrequenz des Monitors betrug 60 Hz und die Pixeldichte 62.89 dpi. An jeder Ecke des Monitors befand sich zudem eine von vier Infrarotdioden, die im Zusammenhang mit der Kopfkamera des Eye-Trackers den Ausgleich der Kopfbewegungen ermöglichten. Entsprechend war aufgrund der guten Kompensation der Kopfbewegungen der Einsatz einer Kinnstütze zur Fixierung des Kopfes nicht nötig.

An den EyeLink-Rechner war ein kleiner 17 Zoll TFT-Monitor angeschlossen. Über diesen nahm der Versuchsleiter zu Beginn eines Durchlaufs die nötigen Einstellungen am Eye-Tracker vor. Während des Durchlaufs verfolgte zudem der Versuchsleiter die Blickbewegungen des Probanden und führte nach jedem Trial eine Drift-Correction durch.

Die Probanden nahmen in den Experimenten vor dem Steuerrechner auf einem

Stuhl mit fester Rückenlehne Platz und wurden instruiert sich anzulehnen. Dadurch betrug der Abstand zum Monitor 75 cm. Aufgrund des Abstandes zum Monitor und der Pixeldichte entsprach ein Zentimeter auf dem Monitor 24.75 Pixeln und einem Sehwinkel von 0.764 Grad.

Vor dem Beginn eines Durchlaufs wurde den Probanden in allen drei Experimenten der gleiche Anamnesebogen vorgelegt. Dieser beinhaltete Angaben zum Geschlecht und Alter, der Muttersprache, sowie zur Händigkeit und Augendominanz der Probanden. Des Weiteren wurde abgefragt, ob die Probanden unter einer Sehschwäche litten bzw. ob diese korrigiert war. Außerdem war von Interesse, wie viele Stunden die Probanden in der Nacht zuvor geschlafen haben und wie sie die Qualität des Schlafes sowie ihre derzeitige Aufnahme- und Konzentrationsfähigkeit einschätzten. Die letzten beiden Punkte wurden anhand einer fünfstufigen Likert-Skala von sehr schlecht bis sehr gut erfasst. Ferner sollten die Probanden angeben, ob sie zum Durchführungszeitpunkt an akuten Erkrankungen litten.

Am Ende eines Durchlaufs folgte zudem bei allen Experimenten ein Gedächtnis-test der über die o.g. Experimentalsteuersoftware Presentation (Version 14.01) realisiert und ebenfalls am Steuerrechner durchgeführt wurde. Da die Probanden auf die Stimuli reagieren mussten, war eine Tastatur für die Eingabe angeschlossen.

3.1.3 Analyse und Interpretation von Blickbewegungsdaten

Wie in Kapitel 2.2.1 dargestellt wurde, gibt es eine Vielzahl verschiedener Arten von Augenbewegungen. Anhand dieser können Aussagen über die kognitiven Prozesse und Zustände von Personen abgeleitet werden (Überblick z.B. bei Galley, 2001). Da für die vorliegende Arbeit primär Fixationen und Sakkaden relevant sind, wird in diesem Kapitel die Frage beantwortet, anhand welcher Parameter diese beiden Blickbewegungsarten analysiert und interpretiert werden können.

Für die Interpretation von Fixationen sind zunächst der Ort und die Dauer einer Fixation von Bedeutung. Der Ort wohin wir blicken, ist der Bereich in dem wir die visuellen Informationen wahrnehmen und verarbeiten (Henderson et al., 1999; Hollingworth et al., 2001). Folglich steht der Fixationsort im Zusammenhang mit dem Zentrum unserer visuellen Aufmerksamkeit. Allerdings können wir unsere Aufmerksamkeit auf bestimmte Punkte in unserem gesamten Sichtfeld richten, ohne dass wir diese fixieren. Diese Fähigkeit wird als verdeckte Aufmerksamkeit bezeichnet (Kahneman, 1973). Der umgekehrte Fall ist jedoch nicht möglich. Dies bedeutet, wenn wir einen

bestimmten Punkt unserer Umgebung fixieren, dann richten wir auch zwangsweise das Zentrum unserer Aufmerksamkeit darauf und verarbeiten die entsprechenden visuellen Informationen (Deubel & Schneidert, 1996; Hoffman & Subramaniam, 1995; Kowler, Anderson, Doshier & Blaser, 1995). Dabei gilt die Dauer der Fixation als Maß für die Verarbeitungstiefe des betrachteten Inhalts. In ihrer Studie präsentierten (Velichkovsky, Sprenger & Unema, 1997) drei Gruppen von Probanden schwarz-weiß Bilder von unbekanntem Gesichtern. Jede Gruppe sollte die Bilder unter verschiedenen schweren Aufgabenstellungen betrachten. Die erste Gruppe sollte angeben, ob der Anteil an schwarz oder weiß in den Bildern größer sei (perzeptive Ebene), während die zweite Gruppe beantworten sollte, ob eine Frau oder ein Mann dargestellt wurde (semantische Ebene) und die dritte Gruppe sollte schließlich sagen, ob die gezeigte Person sympathisch oder unsympathisch ist (metakognitive Ebene). Die Studie belegte, dass die Fixationsdauer mit ansteigender Schwierigkeit, also entlang der drei Ebenen, zunahm.

Allgemein dauern die meisten Fixationen zwischen 200 ms und 600 ms, wobei auch Fixationen im Bereich von 100 ms bis 2000 ms möglich sind (Karsh & Breitenbach, 1983; Young & Sheena, 1975).

Bei der Interpretation von Sakkaden sind die Amplitude, die Dauer und die Beschleunigung einer Sakkade relevant.

Die Amplitude einer Sakkade beschreibt die euklidische Distanz¹ zwischen ihrem Ursprung und dem Zielpunkt (Smeets & Hooge, 2003) und wird in der Regel in Grad oder Pixeln angegeben. Die räumliche Länge einer Sakkade kann dabei von mehreren Faktoren abhängen. Beispielsweise verkleinert sich mit steigender Schwierigkeit einer Aufgabenstellung die Sakkadenamplitude (Phillips & Edelman, 2008). Genauso nimmt die Sakkadenlänge ab, je aufmerksamer ein visueller Reiz betrachtet wird (Dornhöfer, Pannasch & Velichkovsky, 2000). Dabei ist die Sakkadenamplitude allgemein eng verbunden mit Sakkadendauer (Carpenter, 1988).

Die Beschleunigung (*peak velocity*) einer Sakkade wird als Höchstwert der Geschwindigkeit der Sakkade in Grad pro Sekunde angegeben und dient häufig als Maß der kognitiven Aktivierung. Dementsprechend sinkt bei Müdigkeit der Höchstwert der Beschleunigung (McGregor & Stern, 1996), während er bei Wachsamkeit steigt (Galley, 1989). Ebenso nimmt die Geschwindigkeit der Sakkaden mit der Schwierig-

¹Alternativ kann die Amplitude einer Sakkade nicht anhand der euklidischen Distanz sondern entlang der Trajektorie einer Sakkade berechnet werden. Beide Arten zur Berechnung der Amplitude sind gebräuchlich und variieren in der Literatur (siehe dazu: Holmqvist et al., 2011).

keit der Aufgabenstellung zu (Galley, 1993). Vor allem wenn die Aufgabe eine hohe Frequenz an Sakkaden benötigt, erhöht sich die Geschwindigkeit (Lueck, Crawford, Hansen & Kennard, 1991). Im Durchschnitt erreichen Sakkaden eine Spitze in der Geschwindigkeit von 100 bis 300 Grad pro Sekunde. Aber auch Werte von 700 bis hin zu maximal 1000 Grad pro Sekunde können erreicht werden (Rucker et al., 2004).

Einerseits können die Werte der Parameter von Sakkaden und Fixationen als direkte Maße verwendet werden, um Blickbewegungen beim Betrachten von visuellem Material zu analysieren. Andererseits können die Werte verwendet werden, um neue Maße zu berechnen. Wenn beispielsweise eine Szene betrachtet wird, kann die Gesamtanzahl an Fixationen für die komplette Szene angegeben werden. Alternativ können in der Szene bestimmte Regionen, sogenannte *regions of interest* (ROI) definiert werden und die Anzahl der Fixationen innerhalb der ROIs gezählt und anschließend ausgewertet werden. Folglich können Blickbewegungsdaten auf einer globalen Ebene oder im Hinblick auf Regionen oder Objekte analysiert und interpretiert werden (Hannula et al., 2010).

Sowohl bei den direkten Maßen als auch bei den berechneten Maßen variieren die Werte aufgrund verschiedener Definition bzw. Berechnungsansätze zwischen unterschiedlichen Forschergruppen und/oder Eye-Tracking-Systemen. Beispielsweise kann eine Fixation darüber bestimmt werden, ob sich die Position des Auges über einen bestimmten Zeitraum hin um einen gewissen Wert nicht verändert (z.B. weniger als einen 1° innerhalb von 100 ms, Hannula, Ryan, Tranel & Cohen, 2007). Alternativ kann eine Fixation als Abwesenheit einer Sakkade definiert sein (z.B. Die Beschleunigung von zwei aufeinanderfolgenden Augenbewegungen bleibt über eine Distanz von 0.1° unter 22° pro Sekunde, Ryan, Hannula & Cohen, 2007).

Ebenso unterscheiden sich die Ansätze zur Berechnung weiterer Maße. Für den in der vorliegenden Arbeit relevanten Wiederholungs- und Manipulationseffekt finden sich in den Studien von Ryan et al. (2000) und Smith et al. (2006) zwei abweichende Ansätze. Erstere berechneten die Anzahl der betrachteten Regionen bei dem Wiederholungseffekt indem sie die Fixationen der Probanden je Szene clusterten. Dabei wurden die Regionen über eine a priori definierte Sakkadenlänge bestimmt. Fand innerhalb dieser Länge eine weitere Fixation statt, gehörte sie zur selben Region, andernfalls zu einer neuen Region.

Dagegen legten Smith et al. (2006) die Anzahl der betrachteten Regionen mit Hilfe eines Rasters fest. Über die Szenen wurde ein 4×4 großes Raster gelegt und dann einfach gezählt, wie viele Raster fixiert wurden.

Entsprechend unterscheiden sich beide Studien bei der Bestimmung der ROI für den Manipulationseffekt. In der Studie von Smith et al. (2006) legten die Autoren die ROI ebenfalls über das Raster fest. Blickte ein Proband in den Quadranten, in dem die Manipulation enthalten war, hatte er die ROI fixiert.

Im Gegensatz dazu definierten Ryan et al. (2000) in ihrer Studie die ROI über die Koordinaten der Manipulation in der Szene.

Um die Regionen bzw. die ROI festzulegen, haben beide Methoden ihre Vor- und Nachteile. Beispielsweise ist die Bestimmung der Anzahl der betrachteten Regionen anhand eines Rasters ungenauer als bei dem Clustern über die Sakkadenlänge. Bei ersterem ist jedoch die Anzahl der betrachteten Regionen zwischen verschiedenen Probanden und Szenen besser vergleichbar, da die Maximalanzahl möglicher betrachteter Regionen immer gleich ist (nämlich 16), während sie bei letzter Variante nicht bestimmbar ist.

In der vorliegenden Arbeit wurden beide Ansätze zur Bestimmung der Anzahl der Regionen und der ROI verwendet. Zudem wurden Fixationen und Sakkaden anhand der Schwellenwerte definiert, wie sie im vorangegangenen Kapitel beschrieben wurden (siehe Kapitel 3.1.2).

Ryan et al. (2000) überprüften in ihrer Studie den Wiederholungseffekt anhand der Anzahl der Fixationen und der betrachteten Regionen, sowie den Manipulationseffekt anhand der proportionalen Verteilung der Fixationen in der ROI und der Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI. Smith et al. (2006) erweiterten die Messung des Manipulationseffektes zudem um die proportionale Verteilung der Betrachtungsdauer in der ROI.

Für die folgenden Experimente wurden die Variablen von Ryan et al. (2000) zur Bestimmung der beiden Effekte übernommen und um weitere Variablen ergänzt. Auf die proportionale Verteilung der Betrachtungsdauer in der ROI wurde verzichtet, da diese mit der proportionalen Verteilung der Fixationen in der ROI in direktem Zusammenhang steht. Daher wurde anstelle dieser Variable die durchschnittliche Betrachtungsdauer in der ROI verwendet. Die genauen Annahmen zu dieser und zu den anderen Variablen befinden sich in den einzelnen Abschnitten der Fragestellung in den jeweiligen Experimenten (Kap 3.2.2, Kap 3.3.2 und Kap 3.4.2). Zur Übersicht werden nachfolgend die einzelnen Variablen jedoch aufgeführt und kurz erläutert:

- Anzahl der Fixationen: Innerhalb der Darbietungszeit eines Stimulus
- Durchschnittliche Dauer der Fixationen: Gesamtdauer aller Fixationen bei ei-

nem Stimulus geteilt durch die Darbietungszeit in Millisekunden

- Anzahl der betrachteten Regionen: Anzahl der Regionen die mindestens eine Fixation beinhalten (sowohl anhand der Sakkadenlänge als auch anhand eines festen Rasters)
- Sakkadendauer: Dauer einer Sakkade in Millisekunden
- Sakkadenamplitude: Distanz zwischen zwei Fixationen in Grad
- Sakkadenbeschleunigung: Höchster Peak der Geschwindigkeit einer Sakkade in Grad pro Sekunde

Bei dem Manipulationseffekt waren es dagegen diese Variablen:

- Anteil Fixationen in der ROI
- Anzahl der Sakkaden in bzw. aus der ROI
- Erster Blick in die ROI
- Durchschnittliche Dauer der Fixationen in der ROI: Gesamtdauer aller Fixationen in der ROI geteilt durch die Anzahl aller Fixationen in der ROI

3.2 Experiment I

3.2.1 Einleitung

Verschiedene Autoren zeigten in vorherigen Studien, dass Erinnerungen unsere Blickbewegungen beeinflussen können. In diesem Zusammenhang benannten Ryan et al. (2000) in ihrer Studie zwei Effekte, die die Veränderungen im Blickverhalten beschreiben: den Wiederholungs- und den Manipulationseffekt. Während die Autoren beide Effekte nur in Verbindung mit impliziten Gedächtnisprozessen beobachteten, führten Smith et al. (2006) diese Effekte auf explizite Gedächtnisprozesse zurück.

Beide Studien weisen jedoch in ihrer Methode, der Durchführung und der Auswertung einige Punkte auf, die offen lassen, ob erstens der Manipulationseffekt auf impliziten oder expliziten Gedächtnisprozessen beruht und zweitens der Wiederholungseffekt tatsächlich existiert. Im Folgenden wird näher erläutert, welche Punkte im Detail zu dieser Kritik führen. In Bezug auf die erste Aussage sind folgende zwei Punkte in der Methode beider Studien problematisch:

Erstens wurden die Probanden in den Studien unterschiedlich instruiert bzw. es wurden unterschiedliche Aufgaben gestellt. Im ersten Experiment in der Studie von Ryan et al. (2000) war die Aufgabe der Probanden sich die Szenen anzusehen und eine begleitende Frage zu jeder Szene mit Ja oder Nein zu beantworten. Die Fragen waren immer so formuliert, dass die Aufmerksamkeit der Probanden auf die Region mit der Manipulation gerichtet werden sollte (z.B. „Befinden sich Mädchen in der Nähe der Brücke?“). Um die Frage zu beantworten, mussten die Probanden in die entsprechende Region blicken. Dadurch liegt die Vermutung nahe, dass das natürliche Blickbewegungsverhalten durch die Frage beeinflusst wurde. Andererseits wurden die Fragen nicht nur bei den manipulierten, sondern auch bei den wiederholten und neuen Szenen gezeigt. Daher ist es schwierig zu argumentieren, dass die Fragen nur bei manipulierten Szenen einen Einfluss hatten (A. J. Greene, 2007). In dem zweiten Experiment der Studie verzichteten Ryan et al. (2000) auf die begleitende Frage und ließen die Probanden die Szenen frei betrachten. Jedoch wurde in beiden Experimenten nicht überprüft, ob sich die Probanden der Manipulationen bewusst waren oder nicht. Diese Überprüfung erfolgte dafür in dem dritten Experiment der Studie über einen Gedächtnistest. In diesem gaben die Probanden an, ob eine Szene neu, wiederholt oder wiederholt jedoch mit einer Manipulation gezeigt worden ist. Allerdings waren in dem dritten Experiment die begleitenden Fragen wieder enthalten.

Letztendlich bleibt in der Studie von Ryan et al. (2000) unklar, ob der Manipulationseffekt auf implizite oder explizite Gedächtnisprozesse oder doch auf den Einfluss der korrespondierenden Fragen zurückzuführen ist.

Im Gegensatz dazu verzichteten Smith et al. (2006) in ihren Experimenten komplett auf begleitende Fragen zu den Szenen. Die Probanden wurden jedoch instruiert, sich die Szenen aufmerksam anzuschauen, da anschließend ein Gedächtnistest erfolgen sollte. Allerdings unterbinden solche expliziten Hinweise auf einen Gedächtnistest implizite Gedächtnisprozesse und begünstigen stattdessen explizite Prozesse (Schacter, Bowers & Booker, 1989).

Der zweite Kritikpunkt an der Methode ist, dass das verwendete Stimuluset in beiden Studien unterschiedlich war. Zwar wurden in beiden Studien fotografierte, komplexe Szenen genutzt, jedoch unterschieden sie sich zum Teil in ihrer Art der Manipulation. Ryan et al. (2000) verwendeten in ihrer Studie Szenen, in denen Objekte hinzugefügt, entfernt oder neu positioniert waren. D.h. diese Objekte wurden an einer Stelle der Szene entfernt und wieder an einer anderen Stelle eingefügt. Demgegenüber verzichteten Smith et al. (2006) in ihrer Studie auf die Neupositionierung von Objekten. Allerdings ist daran problematisch, dass dieser Verzicht die Nutzung von expliziten Strategien begünstigt haben könnte. Bei entfernten oder neu hinzugefügten Objekten ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass diese Art der Manipulation die semantische Bedeutung einer Szene verändert, als dies bei neu positionierten Objekten der Fall wäre. Wenn beispielsweise bei der Szene eines Basketballspiels die Schiedsrichterin entfernt wird, verändert sich entsprechend die Bedeutung der Szene. Dagegen bleibt die Bedeutung der Szene bei einer Neupositionierung der Schiedsrichterin gleich. Bei Manipulationen, die die semantische Aussage einer Szene verändern, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass diese entdeckt und bewusst wahrgenommen werden (Hollingworth & Henderson, 2000). Dies wiederum führt dazu, dass Probanden in einem Experiment dann dazu tendieren, bei nachfolgenden Szenen Rekognitionsstrategien zu nutzen und explizit nach entsprechenden Manipulationen zu suchen. Durch solche expliziten Strategien werden allerdings implizite Prozesse unterbunden (Snodgrass & Hirshman, 1994).

Die Frage, ob der Wiederholungseffekt tatsächlich existiert, ergibt sich aus den folgenden Punkten:

In der Studie von Ryan et al. (2000) wurden die Blickbewegungsdaten nur im dritten Block aufgezeichnet. Das bedeutet, dass für den Wiederholungseffekt das Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen verglichen wurde. Zwar waren

tatsächlich bei wiederholten Szenen im Vergleich zu neuen Szenen die Anzahl der Fixationen und die der betrachteten Regionen deutlich niedriger, jedoch war dies auch bei den manipulierten Szenen der Fall. Da auch zu den wiederholten Szenen eine korrespondierende Frage gestellt wurde, könnten die Veränderungen in dem Blickverhalten auf die Frage zurückgeführt werden. Demnach wäre der Wiederholungseffekt lediglich ein Artefakt der korrespondierenden Frage. Wie bereits erwähnt, verzichteten Ryan et al. (2000) in dem dritten Experiment auf die korrespondierende Frage, jedoch wurde der Wiederholungseffekt dort nicht näher untersucht.

Im Gegensatz dazu haben Smith et al. (2006) in allen drei Blöcken die Blickbewegungsdaten aufgezeichnet. Dadurch konnten Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block beobachtet werden. Da zu diesem Zeitpunkt die Probanden noch keine manipulierten Szenen gesehen hatten, können die Veränderungen nur auf der wiederholten Darbietung der Szenen beruhen. Jedoch haben die Autoren nur in einem der beiden Experimente in ihrer Studie den Wiederholungseffekt gänzlich nachgewiesen. In dem anderen Experiment gab es zwischen wiederholten und neuen Szenen keinen Unterschied in der zeitlichen Dauer der Fixationen.

Ebenso waren die Ergebnisse des vierten Experiments von Ryan et al. (2000) und die Ergebnisse des dritten Experiments von Smith et al. (2006) widersprüchlich. In beiden Experimenten wurde jeweils das erste Experiment der beiden Studien wiederholt, wobei es sich allerdings bei den Probanden zum Teil um Amnesie-Patienten handelte. Alle Patienten wiesen eine bilaterale Reduzierung des Volums des Hippocampus auf, wodurch das explizite Gedächtnis beeinträchtigt wurde.

Bei den Amnesie-Patienten traten in der Studie von Ryan et al. (2000) beim Betrachten der wiederholten Szenen die gleichen Veränderungen im Blickverhalten auf wie bei der Kontrollgruppe aus gesunden Probanden. Dagegen war bei den manipulierten Szenen bei den Amnesie-Patienten kein Manipulationseffekt beobachtbar. In der Studie von Smith et al. (2006) wiederum war bei den Amnesie-Patienten weder der Wiederholungs- noch der Manipulationseffekt nachweisbar. Dies resultiert aber wahrscheinlich aus dem expliziten Hinweis auf einen anschließenden Gedächtnistest.

Zusammenfassend wurde der Wiederholungseffekt in den insgesamt sechs Experimenten der beiden Studien nur einmal gänzlich bzw. zweifelsfrei gezeigt. In den restlichen Fällen wurden entweder die Ergebnisse nur zum Teil signifikant (Smith et al., 2006), möglicherweise durch die korrespondierende Frage verzerrt oder nicht berichtet (Ryan et al., 2000).

Auf Basis der bisherigen Argumentation werden daher in dem vorliegenden Experiment zwei Ziele verfolgt: Erstens wird das Experiment von Smith et al. (2006) wiederholt, um zu prüfen, ob sich beide Effekte replizieren lassen. Zweitens wird getestet, ob beide Effekte ohne korrespondierende Frage und explizite Aufgabenstellung beobachtbar sind.

Folglich besteht das erste Experiment aus zwei Gruppen. In der ersten Gruppe wird die Studie von Smith et al. (2006) repliziert. Diese Gruppe wird im Folgenden als Task-Gruppe bezeichnet.

In der zweiten Gruppe (Free-Viewing-Gruppe) wird getestet, wie sich eine neutrale Instruktion auf den Wiederholungs- und Manipulationseffekt auswirkt. Die Teilnehmer an der Studie werden instruiert, sich die Bilder einfach nur anzusehen. Zudem wird ihnen erklärt, dass mit den erhobenen Daten später ein Computermodell trainiert werden soll, um Blickbewegungen hervorsagen zu können. Im Prinzip ist diese Gruppe an das zweite Experiment der Studie von Ryan et al. (2000) angelehnt. Jedoch wird in dem folgenden Experiment mit Hilfe eines Gedächtnistests erfasst, ob sich die Probanden der Manipulationen in den Szenen bewusst sind oder nicht. Zudem werden die erhobenen Daten auf den Wiederholungseffekt hin überprüft.

3.2.2 Fragestellung und Hypothesen

In Bezug auf den Manipulationseffekt wird folgende Fragestellung formuliert: „Werden Veränderungen im Blickverhalten bei manipulierten Szenen von impliziten oder expliziten Gedächtnisprozessen beeinflusst?“

Diesbezüglich sind Veränderungen im Blickverhalten im Hinblick auf den Manipulationseffekt bei manipulierten Szenen im Vergleich zu wiederholten Szenen wie folgt definiert (Ryan et al., 2000; Ryan, 2004; Smith et al., 2006; Smith & Squire, 2008):

Der Anteil an Fixationen und die durchschnittliche Dauer der Fixationen in der ROI nehmen zu. Gleichzeitig steigt die Anzahl der Sakkaden in bzw. aus der ROI an und der erste Blick in die ROI findet früher statt.

Für die beiden Test-Gruppen werden die nachfolgenden Hypothesen in Bezug auf den Manipulationseffekt aufgestellt: In der Task-Gruppe wird erwartet, dass sich der Manipulationseffekt mit ähnlichen Ergebnissen wie in der Studie von Smith et al. (2006) replizieren lässt. Dies bedeutet, der Effekt kann nur nachgewiesen werden, wenn die Probanden sich der Manipulationen in den Szenen des dritten Blocks bewusst sind. Mit Verweis auf Schacter et al. (1989) wird aufgrund des expliziten Hinweises auf den anschließenden Gedächtnistest zudem angenommen, dass der Manipulationseffekt in

Verbindung mit impliziten Gedächtnisprozessen weitestgehend unterbunden wird.

Dagegen sind in der Free-Viewing-Gruppe drei unterschiedliche Annahmen für den Manipulationseffekt denkbar. Erstens kann der Effekt nachgewiesen werden, wenn die Probanden sich der Manipulationen in den Szenen nicht bewusst sind. Dieses Ergebnis entspräche im Grunde dem des zweiten Experiments in der Studie von Ryan et al. (2000). Jedoch wäre im Gegensatz zum Originalexperiment aufgrund des Gedächtnistests sichergestellt, dass die Probanden keine expliziten Erinnerungen an die manipulierten Szenen haben. Zweitens wäre möglich, dass der Manipulationseffekt genauso wie in der Task-Gruppe nur beobachtbar ist, wenn sich die Probanden der Manipulationen bewusst sind. Obwohl nicht explizit auf den nachfolgenden Gedächtnistest hingewiesen wird, wäre es denkbar, dass die Probanden aufgrund der Art der Manipulationen, diese verstärkt entdeckt haben (Hollingworth & Henderson, 2000). Dies wiederum würde zu expliziten Strategien führen und somit implizite Gedächtnisprozesse unterbinden (Snodgrass & Hirshman, 1994). Als dritte Möglichkeit ist denkbar, dass der Manipulationseffekt in beiden Fällen beobachtbar ist. Also unabhängig davon, ob die Probanden eine explizite Aussage über die Manipulationen machen konnten oder nicht.

Im Hinblick auf den Wiederholungseffekt wird die folgende Frage aufgestellt: „Führt eine wiederholte Darbietung von Szenen zu einer Veränderung im Blickverhalten?“

Der Wiederholungseffekt wird über folgende Veränderungen im Blickbewegungsverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen innerhalb des zweiten Blocks definiert (Dornhöfer et al., 2000; Ryan et al., 2000; Ryan, 2004; Smith et al., 2006; Smith & Squire, 2008):

Die Anzahl der Fixationen wird geringer, wohingegen die durchschnittliche Dauer der Fixationen länger wird. Zudem sinkt die Anzahl der betrachteten Regionen und zwar sowohl wenn die Regionen anhand der Sakkadenlänge als auch anhand eines festen Rasters bestimmt werden. Des Weiteren wird die Dauer der Sakkaden kürzer und die Amplitude sowie die Beschleunigung der Sakkaden nimmt ab.

Konkret wird in der Task-Gruppe erwartet, dass der Wiederholungseffekt vergleichbar zur Studie von Smith et al. (2006) replizierbar ist. Um die Veränderungen in dem Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen eingehender zu untersuchen, werden nicht nur die Fixationen, sondern auch die Sakkaden analysiert. Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, werden erstmalig dargebotene Szenen verstärkt auf einer ambienten Ebene betrachtet. Das heißt, sie werden zunächst grob und schnell „gescannt“. Dementsprechend wird mit Verweis auf Dornhöfer, Unema und Velichkov-

sky (2002) angenommen, dass sich bei wiederholten Szenen die Dauer, die Amplitude und die Beschleunigung der Sakkaden im Vergleich zu neuen Szenen verringert, wohingegen die durchschnittliche Fixationsdauer zunimmt.

Da für das freie Betrachten von Szenen bisher keine hinreichenden Ergebnisse in Bezug auf den Wiederholungseffekt vorliegen (vgl. Kapitel 3.2.1), wird angenommen, dass in der Free-Viewing-Gruppe keine Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen auftreten.

3.2.3 Methode

Probanden

An dem Experiment nahmen 40 Studenten der Universität Bielefeld teil. Diese wurden zu gleichen Teilen auf die beiden Gruppen verteilt. Jedoch wurden in der Task-Gruppe aufgrund eines technischen Fehlers bei einem Probanden die Daten für den zweiten Block nicht aufgezeichnet. Der Ablauf des Experiments wurde durch den Fehler nicht beeinträchtigt. Daher wurde der betroffene Datensatz nur bei der Analyse des Wiederholungseffekts ausgeschlossen, aber bei der Analyse des Manipulationseffektes berücksichtigt.

In der Task-Gruppe waren zehn weiblich und neun männlich. Das durchschnittliche Alter lag bei 22.89 Jahren ($SD = 3.21$). Die Free-Viewing-Gruppe bestand aus elf weiblichen und neun männlichen Teilnehmern. Das durchschnittliche Alter lag hier bei 23.45 Jahren ($SD = 2.94$). Voraussetzung für die Teilnahme war eine normale oder korrigierte Sehkraft. Von den 20 Probanden in der Task-Gruppe war bei 14 Personen das dominante Auge rechts und 70.0 Prozent von ihnen waren Rechtshänder. In der Free-Viewing-Gruppe besaßen 13 Probanden ein dominantes rechtes Auge und Rechtshändigkeit war zu 75.0 Prozent verbreitet. Das dominante Auge und die Händigkeit korrelierten in beiden Gruppen nicht miteinander (Task-Gruppe: $r = -.015$, $p = .950$; Free-Viewing-Gruppe: $r = .303$, $p = .195$).

Die Probanden in der Task-Gruppe haben im Durchschnitt 8.31 Stunden ($SD = 1.06$) geschlafen, wobei sie die Qualität des Schlafes mit 3.74 ($SD = 1.04$) und die ihre Aufnahme- bzw. Konzentrationsfähigkeit mit 3.89 ($SD = 0.65$) bewerteten. Beide Angaben wurden anhand einer 5-stufigen Likert-Skala abgefragt und folglich entsprechen beide Werte einer guten Einschätzung. In der Free-Viewing-Gruppe schliefen die Probanden durchschnittlich 8.0 Stunden ($SD = 0.76$). Sie schätzten sowohl die Qualität des Schlafes als auch ihre derzeitige Aufnahme- bzw. Konzentrationsfähigkeit mit 3.80 ($SD = 0.69$) respektive 3.75 ($SD = 0.71$) gut ein. Beide Angaben hängen

in der Task-Gruppe deutlich zusammen ($r = .487$, $p = 0.34$), wohingegen sie in der Free-Viewing-Gruppe marginal signifikant miteinander korrelierten, $r = .427$, $p = .060$.

Für ihren Aufwand wurden alle Teilnehmer mit vier Euro entlohnt und zudem gaben sie ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an dem Experiment.

Stimuli

Das Stimuli Set besteht aus den gleichen 40 fotografierten Szenen, die in der Studie von Smith et al. (2006) benutzt wurden. Zumeist sind die Szenen im Freien aufgenommen und beinhalten öffentliche Plätze, Straßenzüge oder Parkanlagen in den Vereinigten Staaten. Die Szenen beinhalten neben den statischen Elementen, wie Häuser, Bäume etc., sich bewegende (u.a. Fahrzeuge) oder bewegbare (u.a. Stühle) Objekte. Zudem befinden sich in rund zwei Drittel der Szenen eine oder mehrere Personen.

Von jedem Bild gibt es zwei Versionen: Eine originale und eine manipulierte, in der ein Objekt entfernt wurde. Ferner wurde in dem Experiment sichergestellt, dass Probanden zu gleichen Teilen zuerst ein Bild in der originalen und später in der manipulierten Version sahen und andersherum. Dementsprechend wirkte es für die Probanden so, dass ein Objekt entweder entfernt oder hinzugefügt worden ist. Die Manipulationen in den Szenen beschränkten sich auf Personen, sich bewegende oder bewegbare Objekte. Statische Objekte, die fester Bestandteil der Szene waren (beispielsweise eine Straßenlaterne), wurden nicht entfernt.

Methode und Design

Die Methode ist in beiden Gruppen an die Studien von Ryan et al. (2000) und Smith et al. (2006) angelehnt und folgt dabei einem 3x3 Design (siehe Abbildung 3.2). Entsprechend werden die 40 Szenen zufällig in drei Blöcke eingeteilt, die jeweils die drei folgenden Konditionen enthalten: neue, wiederholte und manipulierte Szenen. Bei manipulierten Szenen werden den Probanden in den ersten beiden Blöcken jeweils die gleichen acht Szenen gezeigt. In dem dritten Block betrachten die Probanden dann die komplementäre, d.h. für sie manipulierte Version der Szene. Weitere 24 Szenen werden auf die drei Blöcke als neue Szenen verteilt. Demnach werden in jedem Block acht Szenen dargeboten, die bisher nicht gezeigt worden sind. Die restlichen acht Szenen sind wiederholte Szenen und werden entsprechend in jedem Block gezeigt. Demnach sehen die Probanden in jedem Block 24 Szenen (acht neue, acht wiederholte und acht originale bzw. manipulierte Szenen). Jedoch sind für den Probanden im ersten Block alle 24 Szenen neu. Im zweiten Block sind folglich acht Szenen neu und 16 Szenen

3 Experimente

wiederholt (wovon acht Szenen zu den originalen Szenen gehören). Schließlich sind im dritten Block je acht Szenen neu, wiederholt bzw. manipuliert.



Abbildung 3.2: In jedem der drei Blöcke werden 24 Szenen gezeigt. Dabei sind in jedem Block acht Szenen neu (oberste Reihe), acht Szenen werden im zweiten und dritten Block wiederholt (mittlere Reihe) und acht Szenen werden zunächst im zweiten Block wiederholt und im dritten Block in einer manipulierten Version präsentiert (unterste Reihe) - die Manipulation ist im Experiment nicht markiert. Alle Szenen liegen in einer originalen und einer manipulierten Version vor. Über alle Probanden hinweg, wird jede Szene gleichoft als neue, wiederholte bzw. manipulierte Szene verwendet (modifiziert nach Smith et al. (2006)).

Zu Beginn eines Testdurchgangs werden die Probanden schriftlich instruiert, sich im Folgenden eine Reihe von Szenen anzuschauen. Der Zweck der Untersuchung sei, mit Hilfe der erhobenen Blickbewegungsdaten ein Computermodell zu trainieren, um Blickbewegungen hervorsagen zu können. Nach der Instruktion wird zunächst das dominante Auge bestimmt, da nur dessen Bewegungen später ausgewertet werden.

Danach wird dem Probanden der Eye-Tracker aufgesetzt, eingestellt und kalibriert. Abschließend wird den Probanden mündlich mitgeteilt, dass das Experiment nun beginnt und dass sie fünf Sekunden je Szene haben, um sich diese aufmerksam anzusehen.

Der eigentliche Testdurchgang besteht aus 72 Trials (drei Blöcke je 24 Szenen). Zu Beginn jedes Trials wird ein Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms präsentiert. Dieses dient erstens dazu, die Aufmerksamkeit aller Probanden auf die Bildschirmmitte zu richten, damit alle dieselbe Ausgangslage haben. Zweitens wird während des Fixationskreuzes eine Drift Correction durchgeführt, um den Eye-Tracker zu rekalisieren. Nach dem Fixationskreuz wird eine Szene für fünf Sekunden dargeboten. Anschließend folgt der nächste Trial. Zwischen den Blöcken (also nach 24 Trials) erfolgt eine kurze Pause von ein bis zwei Minuten. Im Anschluss an den dritten Block werden die Probanden aufgeklärt, dass die Szenen entweder nur einmal, wiederholt oder in den ersten beiden Blöcken wiederholt und anschließend im dritten Block manipuliert gezeigt worden sind. Darauf folgt ein Gedächtnistest, bei dem die Szenen des dritten Blocks in einer neuen Reihenfolge abermals dem Probanden gezeigt werden. Dabei soll der Proband nun bewerten, ob es sich im dritten Block um eine neue, eine wiederholte oder eine manipulierte Szene handelt. Gibt der Proband an, dass die Szene manipuliert wurde, soll er direkt im Anschluss an die Szene die Manipulation benennen (z.B. ein Auto wurde entfernt).

Datenanalyse

Um den Wiederholungs- und Manipulationseffekt nachzuweisen, werden folgende statistische Untersuchungen durchgeführt:

Für den Wiederholungseffekt werden die abhängigen Variablen zwischen neuen und wiederholten Szenen innerhalb des zweiten Blocks verglichen (Zur Übersicht der Variablen siehe Kapitel 3.1.3). Da Unterschiede zwischen zwei Stimuli-Gruppen überprüft werden und beide Stimuli-Gruppen jeweils den selben Probanden vorliegen, werden gepaarte T-Tests für abhängige Stichproben berechnet. Als standardisiertes Maß für die Stärke der Effekte wird die Effektgröße d nach Cohen berichtet (Cohen, 1988).

Bei dem Manipulationseffekt wird das Blickverhalten zwischen wiederholten und manipulierten Szenen im dritten Block verglichen. Da zwischen diesen beiden Konditionen der einzige Unterschied in der Manipulation der ROI innerhalb der manipulierten Szenen besteht, können die Veränderungen im Blickverhalten nur auf die Manipulation zurückgeführt werden. Des Weiteren wird überprüft, ob die Veränderungen im

Blickverhalten durch implizite oder explizite Gedächtnisprozesse beeinflusst werden. Daher wird zusätzlich bei den manipulierten Szenen unterschieden, ob diese in einem anschließenden Gedächtnistest richtig als solche erkannt werden oder nicht. Wird die Manipulation in den Szenen erkannt und richtig benannt, wird angenommen, dass explizite Gedächtnisprozesse primär das Blickverhalten beeinflussen. Andernfalls wird vermutet, dass implizite Gedächtnisprozesse hauptsächlich die Blickbewegungen steuern. Zusammenfassend gibt es für den Manipulationseffekt drei Bedingungen: erstens wiederholte Szenen, sowie manipulierte Szenen, die zweitens entweder explizit (richtig) oder drittens implizit (falsch) erkannt werden (zum besseren Überblick werden diese drei Bedingungen im weiteren unter der Bezeichnung „Art der Szenenwahrnehmung“ zusammengefasst).

Die Unterschiede zwischen den Bedingungen werden für die abhängigen Variablen anhand von einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung bei abhängigen Stichproben analysiert. Wird dabei die Annahme der Sphärizität verletzt, wird der Pillai's Trace V anstelle der Within-Subject Effekte berichtet (Field, 2009).

Dabei ist zu beachten, dass bei der Berechnung der Within-Subject Kontraste die Stichproben der einzelnen Bedingungen variieren können. Dies ist möglich, da einzelne Probanden möglicherweise alle manipulierten Szenen ausschließlich implizit oder explizit erkennen werden. Damit diese Fälle dennoch beachtet werden, erfolgt die Berechnung der Kontraste in Anlehnung an Ryan et al. (2000); Ryan (2004); Smith et al. (2006) sowie Smith und Squire (2008) anhand von gepaarten T-Tests für abhängige Stichproben.

In Kapitel 3.1.3 werden je zwei Ansätze zur Bestimmung der Regionenanzahl sowie der ROI beschrieben. Für dieses Experiment werden beide Ansätze zur Analyse der Daten verwendet. Das bedeutet, dass die Anzahl der Regionen sowohl über die Sakkadenlänge als auch über ein vier mal vier Raster bestimmt wird. Die ROI wiederum wird zum einen über die exakten Koordinaten und zum anderen anhand des Rasters festgelegt. Zudem wird das Auftreten von Fixationen und Sakkaden entsprechend der Schwellenwerte definiert, wie sie im vorangegangenen Kapitel beschrieben werden (siehe Kapitel 3.1.2).

3.2.4 Ergebnisse

Wiederholungseffekt

In einem ersten Schritt wurden die Blickbewegungsdaten der beiden Gruppen auf den Wiederholungseffekt hin überprüft. Wie in Tabelle 3.1(a) für die Task-Gruppe abgebildet, war innerhalb des zweiten Blocks bei wiederholten Szenen die Anzahl der Fixationen geringer als bei neuen Szenen, $t(18) = 3.06$, $p = .007$, $d = 0.70$. Zudem dauerte eine Fixation durchschnittlich 34 ms länger, wenn die Szene wiederholt dargeboten wurde, $t(18) = -2.55$, $p = .020$, $d = -0.58$. Ebenso sank die Anzahl der betrachteten Regionen bei wiederholten Szenen im Vergleich zu neuen Szenen. Jedoch war diese Veränderung im Blickverhalten nur dann signifikant, wenn die Anzahl der Regionen über ein Raster bestimmt wurde, $t(18) = 2.40$, $p = .027$, $d = 0.55$. Andernfalls war der Effekt nur marginal signifikant, $t(18) = 1.80$, $p = .088$, $d = 0.41$.

Dagegen war im Hinblick auf die Sakkadendauer keine Veränderung zwischen wiederholten und neuen Szenen beobachtbar, $t(18) = -0.10$, $p = .915$, $d = -0.02$. Die maximale Beschleunigung der Sakkaden unterschied sich allerdings nur marginal. Bei neuen Szenen war die Beschleunigung der Sakkaden rund 20 Grad pro Sekunde schneller als bei wiederholten Szenen, $t(18) = 1.97$, $p = .064$, $d = 0.45$. Im Gegensatz dazu war die zurückgelegte Distanz deutlich geringer, wenn die Szenen von den Probanden wiederholt betrachtet wurden, $t(18) = 2.41$, $p = .027$, $d = 0.55$. Dass die Veränderungen im Blickverhalten auf die wiederholte Darbietung der Szenen zurückzuführen sind, zeigt der Vergleich der Blickbewegungen zwischen neuen und wiederholten (ebenfalls zum ersten Mal betrachteten) Szenen im ersten Block. Innerhalb dieses Blocks gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen neuen und wiederholten Szenen.

Die Ergebnisse für die Free-Viewing-Gruppe sind in Tabelle 3.1(b) dargestellt. Innerhalb des zweiten Blocks waren ähnliche Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen beobachtbar wie in der Task-Gruppe. Die Anzahl der Fixationen bei wiederholten Szenen nahm im Vergleich zu neuen Szenen im Mittel um eine Fixation ab, $t(19) = 2.33$, $p = .031$, $d = 0.52$. Jedoch gab es keine signifikante Veränderung hinsichtlich der durchschnittlichen Dauer der Fixationen, $t(19) = -1.18$, $p = .254$, $d = -0.26$. Dafür unterschieden sich neue und wiederholte Szenen bezüglich der Anzahl der betrachteten Regionen. Unabhängig davon, ob die Anzahl dieser über ein Raster oder über die Sakkadenlänge definiert war, wurden weniger Regionen bei wiederholten als bei neuen Szenen betrachtet. Jedoch war der Effekt beim Raster wieder stärker [Raster: $t(19) = 2.31$, $p = .032$, $d = 0.51$; Sakkadenlänge: $t(19) = 1.95$, $p = 0.66$, $d = 0.43$].

Hinsichtlich der Dauer der Sakkaden veränderte sich das Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen nicht, $t(19) = -0.78$, $p = .440$, $d = -0.19$. Allerdings wiesen die Sakkaden bei wiederholten Szenen eine geringere maximale Beschleunigung und eine geringere Amplitude im Vergleich zu neuen Szenen auf [max. Beschleunigung: $t(19) = 2.01$, $p = .059$, $d = 0.44$; Amplitude: $t(19) = 3.10$, $p = .006$, $d = 0.69$]. Ebenso wie in der Task-Gruppe existierten in der Free-Viewing-Gruppe in Bezug auf das Blickverhalten innerhalb des ersten Blocks zwischen neuen und wiederholten Szenen keinerlei signifikante Unterschiede.

Tabelle 3.1: Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block

(a) Task-Gruppe		
Blickbewegungen	Neu	Wiederholt
	M (SD)	M (SD)
Anzahl Fixation	18.13 (2.09)	17.02 (2.97)
Fixationen Dauer (ms)	258.4 (36.3)	292.4 (82.3)
Anz. Regionen (Grid)	6.18 (0.67)	5.73 (0.90)
Anz. Regionen (Sak.)	9.40 (1.12)	9.01 (1.43)
Sakkadendauer (ms)	41.26 (8.68)	41.37 (7.53)
Sakkadenbeschl. (°/sek)	263.37 (74.41)	245.11 (52.54)
Sakkadenamplitude (°)	5.26 (0.96)	4.91 (0.78)
(b) Free-Viewing-Gruppe		
Blickbewegungen	Neu	Wiederholt
	M (SD)	M (SD)
Anzahl Fixation	18.45 (2.06)	17.42 (2.97)
Fixationen Dauer (ms)	262.8 (67.4)	343.2 (308.0)
Anz. Regionen (Grid)	6.36 (1.09)	5.75 (1.15)
Anz. Regionen (Sak.)	9.61 (1.90)	8.85 (2.12)
Sakkadendauer (ms)	39.02 (6.95)	39.83 (9.12)
Sakkadenbeschl. (°/sek)	239.25 (47.14)	228.92 (42.90)
Sakkadenamplitude (°)	4.85 (0.68)	4.44 (0.69)

N = 20

Manipulationseffekt

In einem zweiten Schritt wurde getestet, ob in den beiden Gruppen der Manipulationseffekt auftrat. Zu diesem Zweck wurden die Blickbewegungsdaten mit den Ergebnissen des Gedächtnistests verbunden. Während des Gedächtnistests identifizierten die Probanden in der Task-Gruppe 75.7 Prozent der Szenen im dritten Block korrekt als neue Szenen und 78.9 Prozent korrekt als wiederholte Szenen (beide Werte liegen über einer Ratewahrscheinlichkeit von 33 Prozent, $p < .05$). Bei 41.4 Prozent der manipulierten Szenen erkannten die Probanden diese korrekt als solche und konnten zudem angeben, worin die Manipulation bestand. Daher wurde angenommen, dass sie die Veränderungen explizit wahrgenommen und verarbeitet haben. Entsprechend wurden die restlichen 58.6 Prozent der manipulierten Szenen nicht richtig als solche erkannt. Folglich wurde angenommen, dass die Probanden die Veränderungen nur implizit wahrgenommen und verarbeitet haben. Vier Probanden konnten in keiner Szene eine Manipulation explizit erkennen.

Anhand von einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung wurden Veränderungen im Blickverhalten innerhalb der ROI in Abhängigkeit der Bedingung „Art der Szenenwahrnehmung“ untersucht. Dabei wurde zwischen wiederholten, explizit erkannten und implizit erkannten manipulierten Szenen unterschieden. Die ROI wurde dabei mittels der Positionskoordinaten der Manipulation bestimmt.

Die Ergebnisse dieser Analysen zeigen, dass in der Task-Gruppe der proportionale Anteil an Fixationen in der ROI signifikant von der Art der Szenenwahrnehmung beeinflusst wurde, $V = 0.41$, $F(2, 14) = 4.97$, $p = .023$, $\omega^2 = .371$. Ebenso wirkte sich die Art der Szenenwahrnehmung marginal signifikant auf die Anzahl der Übergänge in bzw. aus der ROI, $F(2, 30) = 2.70$, $p = .083$, $\eta_p^2 = .153$, und die Nummer des ersten Blickes in die ROI aus, $F(2, 30) = 2.72$, $p = .082$, $\eta_p^2 = .154$. Dagegen gab es keinen Einfluss auf die durchschnittliche Fixationsdauer in der ROI, $F(2, 30) = 0.75$, $p = .478$, $\eta_p^2 = .048$.

In Tabelle 3.2 sind die Within-Subject Kontraste für die Veränderungen im Blickverhalten innerhalb der ROI zwischen wiederholten, explizit erkannten und implizit erkannten Szenen abgebildet. Haben die Probanden in der Task-Gruppe (siehe Tabelle 3.2(a)) die Manipulation explizit erkannt, fixierten sie bei manipulierten Szenen die ROI proportional häufiger als bei wiederholten Szenen, $t(15) = 3.01$, $\theta = .009$, $d = 0.75$. Jedoch blieb die durchschnittliche Dauer der Fixationen in der ROI zwischen manipulierten und wiederholten Szenen gleich, ebenso wie die Anzahl an Übergängen

in bzw. aus der ROI [Dauer d. Fixationen: $t(15) = .76$, $p = .459$, $d = 0.18$; Anzahl d. Übergänge: $t(15) = 1.57$, $p = .136$, $d = 0.39$]. Im Gegensatz zu wiederholten Szenen erfolgte bei manipulierten Szenen wiederum die erste Fixation in die ROI signifikant früher, $t(15) = -2.30$, $p = .036$, $d = -0.30$.

Konnten die Probanden dagegen die Veränderungen nicht explizit benennen, veränderte sich das Blickverhalten zwischen wiederholten und manipulierten Szenen innerhalb der ROI nicht. Sowohl der proportionale Anteil an Fixationen als auch die durchschnittliche Dauer einer Fixation in der ROI blieben zwischen wiederholten und manipulierten Szenen annähernd gleich [Anteil d. Fixationen: $t(19) = -0.97$, $p = .344$, $d = -0.22$; Dauer d. Fixationen: $t(19) = -0.98$, $p = .337$, $d = 0.18$]. Ebenso wenig unterschied sich die Anzahl der Übergänge und die Nummer der ersten Fixation in die ROI [Anzahl d. Übergänge: $t(19) = -0.60$, $p = .555$, $d = -0.13$; Erste Fixation: $t(19) = -1.32$, $p = .201$, $d = -0.30$].

Die Erkennungsrate in der Free-Viewing-Gruppe war in dem Gedächtnistest ähnlich gut wie in der Task-Gruppe. Im dritten Block erkannten die Probanden 81.6 Prozent der neuen Szenen korrekt als solche und bei den wiederholten Szenen 77.9 Prozent. Von den manipulierten Szenen wurden wiederum 42.2 Prozent explizit und folglich 57.8 Prozent implizit erkannt. Ebenfalls vier Probanden haben manipulierte Szenen ausschließlich implizit erkannt.

In der Free-Viewing-Gruppe wirkte sich die Art der Szenenwahrnehmung ebenfalls auf den proportionalen Anteil der Fixationen in der ROI aus, $V = 0.64$, $F(2, 14) = 12.44$, $p = .001$, $\omega^2 = .640$. Die durchschnittliche Fixationsdauer in der ROI änderte sich zwischen den Bedingungen ebenso wie die Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI [Dauer d. Fixationen: $F(2, 30) = 4.70$, $p = .018$, $\eta_p^2 = .266$; Anzahl d. Übergänge: $V = 0.54$, $F(2, 14) = 8.28$, $p = .004$, $\omega^2 = .158$]. Im Gegensatz dazu gab es bei dem ersten Blick in die ROI keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen, $F(2, 30) = 2.22$, $p = .128$, $\eta_p^2 = .146$.

In Tabelle 3.2(b) sind die Kontraste für den Manipulationseffekt in der Free-Viewing-Gruppe dargestellt. Wenn die Probanden die Manipulationen explizit erkannt haben, wiesen sie in der Free-Viewing-Gruppe ein ähnliches Blickverhalten wie in der Task-Gruppe auf. Bei manipulierten Szenen stieg im Vergleich zu wiederholten Szenen der proportionale Anteil der Fixationen in die ROI deutlich an, $t(15) = 4.09$, $p = .001$, $d = 1.02$. Im Hinblick auf die durchschnittliche Dauer einer Fixation in der ROI zeigten sich dagegen keine Unterschiede zwischen wiederholten und manipulierten Szenen, $t(15) = 1.52$, $p = .151$, $d = 0.40$. Jedoch veränderte sich die Anzahl der Übergänge in

bzw. aus der ROI. Bei manipulierten Szenen erhöhte sich die Anzahl der Übergänge im Vergleich zu wiederholten Szenen um deutlich mehr als einen Übergang, $t(15) = 2.91$, $p = .011$, $d = 0.72$. Die Nummer der ersten Fixation in die ROI blieb allerdings unverändert, $t(15) = 0.08$, $p = .933$, $d = 0.27$.

Tabelle 3.2: Manipulationseffekt: Veränderungen im Blickverhalten innerhalb der ROI zwischen wiederholten, explizit erkannten und implizit erkannten Szenen im dritten Block

(a) Task-Gruppe				
	Explizit erkannt ¹		Implizit erkannt ²	
	Wiederholt	Manipuliert	Wiederholt	Manipuliert
Blickbewegungen	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Anteil Fixationen	13.58 (6.67)	27.46 (17.76)	13.21 (6.25)	11.25 (5.76)
Dauer Fixationen (ms)	268.9 (84.4)	287.5 (73.8)	294.3 (102.7)	273.9 (56.2)
Anzahl Übergänge	2.63 (1.38)	3.61 (1.96)	2.54 (1.32)	2.31 (0.99)
Nr. erste Fixation	5.05 (2.20)	3.29 (1.83)	5.21 (2.15)	4.22 (0.21)
(b) Free-Viewing-Gruppe				
	Explizit erkannt ¹		Implizit erkannt ²	
	Wiederholt	Manipuliert	Wiederholt	Manipuliert
Blickbewegungen	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Anteil Fixationen	11.97 (4.91)	29.71 (19.08)	12.10 (4.50)	14.74 (8.07)
Dauer Fixationen (ms)	269.0 (77.0)	310.9 (77.1)	248.1 (52.8)	280.4 (82.2)
Anzahl Übergänge	2.48 (1.09)	3.67 (1.83)	2.53 (1.04)	3.26 (1.82)
Nr. erste Fixation	4.23 (1.80)	4.33 (3.58)	4.52 (1.92)	5.66 (3.09)

Anmerkung: Die verschiedene Größe der Stichproben resultiert aus den unterschiedlichen Erkennungsleistungen im Gedächtnistest

1 N = 16; 2 N = 20

Im Gegensatz zur Task-Gruppe änderte sich in der Free-Viewing-Gruppe das Blickverhalten der Probanden auch dann, wenn sie die Manipulationen in den entsprechenden Szenen implizit erkannt haben. Zwar fixierten die Probanden bei manipulierten Szenen die ROI nicht anteilig häufiger als bei wiederholten Szenen, $t(19) = 1.36$, $p = .187$, $d = 0.30$, jedoch zeigten sich marginal signifikante Unterschiede

bei der durchschnittlichen Dauer einer Fixation sowie der Anzahl an Übergängen. Bei manipulierten Szenen dauerte eine Fixation in die ROI rund 32 ms länger als bei wiederholten Szenen und auch die Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI stieg an [Dauer d. Fixationen: $t(19) = 1.78$, $p = .091$, $d = 0.39$; Anzahl d. Übergänge: $t(19) = 2.04$, $p = .055$, $d = 0.45$. Wiederum fand die erste Fixation in die ROI bei wiederholten und manipulierten Szenen ungefähr zur gleichen Zeit statt, $t(19) = 1.24$, $p = .228$, $d = 0.02$.

Wird dagegen die ROI anhand des Rasters (vier mal vier) anstatt mittels Koordinaten bestimmt, weichen die Ergebnisse für den Manipulationseffekt im Vergleich zu den bisher beschriebenen Ergebnissen zum Teil deutlich ab:

In der Task-Gruppe wurde der Anteil an Fixationen in der ROI weiterhin durch die Bedingungen beeinflusst, $F(2, 30) = 10.13$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .403$, jedoch nicht mehr die Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI, $F(2, 30) = 1.88$, $p = .169$, $\eta_p^2 = .112$. Genauso wenig wirkte sich die Art der Szenenwahrnehmung auf die durchschnittliche Fixationsdauer sowie die Nummer der ersten Fixation in die ROI aus [Dauer d. Fixationen: $V = 0.80$, $F(2, 14) = 0.61$, $p = .557$, $\omega^2 = .080$; erste Fixation: $F(2, 30) = 0.92$, $p = .407$, $\eta_p^2 = .058$].

Ebenso blieb in der Free-Viewing-Gruppe der Einfluss der Bedingungen auf den Anteil der Fixationen in der ROI bestehen, $V = 0.64$, $F(2, 14) = 12.72$, $p = .001$, $\omega^2 = .645$. Allerdings gab es keine Unterschiede mehr zwischen den Arten der Szenenwahrnehmung hinsichtlich der durchschnittlichen Fixationsdauer und der Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI [Dauer d. Fixationen: $F(2, 30) = 1.25$, $p = .299$, $\eta_p^2 = .077$; Anzahl d. Übergänge: $F(2, 30) = 0.06$, $p = .933$, $\eta_p^2 = .005$]. Der erste Blick in die ROI fand weiterhin unverändert zwischen den Bedingungen zum gleichen Zeitpunkt statt, $F(2, 30) = 0.09$, $p = .907$, $\eta_p^2 = .006$.

Im Weiteren werden die Kontraste der deutlichsten Unterschiede dargestellt: In der Task-Gruppe beschränkten sich die Unterschiede auf die Nummer der ersten Fixation. Wenn sich die Probanden der Manipulation bewusst waren, fand der erste Blick in die ROI nicht mehr signifikant früher statt, $t(15) = 1.43$, $p = .172$, $d = -0.35$.

Dagegen hatte in der Free-Viewing-Gruppe die alternative Bestimmung der ROI anhand eines Rasters einen stärkeren Einfluss auf die Ergebnisse. Konnten die Probanden explizite Aussagen über die Manipulationen treffen, gab es keinen Unterschied mehr zwischen wiederholten und manipulierten Szenen bei der Anzahl der Übergänge in bzw. aus der ROI, $t(15) = 0.16$, $p = .872$, $d = 0.03$. Wenn sich die Probanden wiederum implizit an die Manipulationen erinnerten, stieg der Anteil an Fixationen in die

ROI bei manipulierten Szenen im Gegensatz zu wiederholten Szenen um sechs Prozent an, $t(19) = 2.21$, $p = 0.39$, $d = 0.49$. Allerdings unterschieden sich manipulierte und wiederholte Szenen nicht mehr in der durchschnittlichen Dauer der Fixationen in der ROI noch in der Anzahl der Übergänge [Dauer d. Fixationen: $t(19) = 0.20$, $p = .843$, $d = 0.04$; Anzahl d. Übergänge $t(19) = 1.53$, $p = .141$, $d = 0.34$].

3.2.5 Zusammenfassende Diskussion

Die Fragestellung des durchgeführten Experiments war, ob Veränderungen im Blickverhalten bei manipulierten Szenen von impliziten oder expliziten Gedächtnisprozessen beeinflusst werden?

In der Task-Gruppe zeigte sich, dass sich das Blickverhalten bei manipulierten Szenen nur dann änderte, wenn die Probanden sich explizit an die Manipulationen erinnerten. Dieses Ergebnis bestätigt die eingangs formulierte Hypothese und gleicht dem Ergebnis, das in der Studie von Smith et al. (2006) berichtet wurde.

Ebenso wurden in der Free-Viewing-Gruppe bei manipulierten Szenen Veränderungen im Blickverhalten beobachtet. Jedoch traten diese Veränderungen im Gegensatz zur Task-Gruppe unabhängig davon auf, ob die Probanden die Manipulation explizit oder implizit erkannt haben. Allerdings war der Manipulationseffekt bei explizit erkannten Szenen deutlich präsenter als bei implizit erkannten Szenen. Folglich wurden die ersten beiden Hypothesen für die Free-Viewing-Gruppe widerlegt und die dritte Hypothese bestätigt.

Somit wurden die Ergebnisse von Smith et al. (2006) zwar in der Task-Gruppe repliziert, jedoch widersprechen die Ergebnisse der Free-Viewing-Gruppe sowohl der Schlussfolgerung von Smith et al. (2006) als auch Ryan et al. (2000). Smith et al. (2006) folgerten in ihrer Studie, dass die Veränderungen im Blickverhalten ausschließlich auf expliziten Gedächtnisprozessen beruhen. Dass die Ergebnisse in der Free-Viewing-Gruppe dies nicht bestätigten, kann durch den Verzicht auf die Aufgabenstellung erklärt werden. Wie bereits zu Beginn dieses Experiments beschrieben, kann eine entsprechende Aufgabenstellung zur verstärkten Nutzung von expliziten Gedächtnisstrategien führen und folglich implizite Gedächtnisprozesse unterbinden (Schacter et al., 1989). Dies belegen auch die Ergebnisse der Task-Gruppe.

Der Wegfall der Aufgabenstellung erklärt jedoch nicht, warum sich in der Free-Viewing-Gruppe das Blickverhalten bei explizit erkannten Szenen änderte. Denn Ryan et al. (2000) zufolge ist der Manipulationseffekt ausschließlich bei impliziten Szenen beobachtbar. Diese Abweichung der Ergebnisse kann damit erklärt werden, dass in

diesem Experiment und in den Experimenten von Ryan et al. (2000) nicht die selben Stimuli verwendet wurden. Besonders problematisch ist dies, wenn sich die Komplexität der Szenen unterscheidet, da in weniger komplexen Szenen Manipulationen eher explizit bemerkt werden als in komplexeren Szenen (Mäntylä & Sundström, 2004; Treisman & Gelade, 1980). Zudem ist es möglich, dass eine Manipulation, die die semantische Bedeutung einer Szene beeinflusst, eher explizit erkannt wird als eine Manipulation, die keine Auswirkung auf die semantische Bedeutung einer Szene hat (Althoff & Cohen, 1999; Hollingworth & Henderson, 2000).

Demnach ist es denkbar, dass die Szenen in diesem Experiment im Vergleich zu den Szenen in der Studie von Ryan et al. (2000) zum einen weniger komplex waren und zum anderen die Manipulationen die semantische Bedeutung der Szenen stärker beeinflusst haben. Dadurch wurden die Manipulationen in dem vorliegenden Experiment häufiger explizit erkannt, was zu einem stärkeren Einfluss von expliziten Gedächtnisprozessen auf das Blickverhalten führte.

Die zweite zu beantwortende Frage in diesem Experiment war, ob eine wiederholte Präsentation von Szenen zu einer Veränderung im Blickverhalten führt.

In beiden Test-Gruppen trat zwischen neuen und wiederholten Szenen eine ähnliche Veränderung im Blickverhalten auf. Im Vergleich zu neuen Szenen nahm bei wiederholten Szenen die Anzahl der Fixationen und der betrachteten Regionen ab, wobei gleichzeitig die durchschnittliche Dauer der Fixationen anstieg. Ebenso verringerten sich die Amplitude und die Beschleunigung der Sakkaden bei wiederholten Szenen. Diese Veränderungen im Blickverhalten gleichen den Ergebnissen, die in den Studien von Ryan et al. (2000) und Smith et al. (2006) berichtet wurden. Ebenfalls entsprechen die Veränderungen den zu Beginn formulierten Hypothesen.

Da der Wiederholungseffekt in beiden Gruppen nachgewiesen wurde, liegt die Schlussfolgerung nahe, dass der Wiederholungseffekt genauso wie der Manipulationseffekt sowohl von impliziten als auch expliziten Gedächtnisprozessen beeinflusst wird. Um diese Schlussfolgerung in dem vorliegenden Experiment zu bestätigen, ist die hier verwendete Methode jedoch problematisch. Zwar wies die Anweisung in der Task-Gruppe ausdrücklich auf einen anschließenden Gedächtnistest hin, was den Einfluss von impliziten Gedächtnisprozessen sehr wahrscheinlich unterbunden hat. Dennoch kann letztendlich nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob sich die Probanden der Wiederholung einer bestimmten Szene bewusst waren oder nicht. Obwohl mit Hilfe des Gedächtnistests erfasst wurde, ob die Probanden die wiederholten Szenen im dritten Block als solche erkannten oder nicht erkannten, gab der Test keinen Aufschluss

darüber, ob dies auch schon im zweiten Block der Fall war. Schließlich könnten die Probanden erst bei der zweiten Wiederholung (also im dritten Block) die Szene bewusst als wiederholte Szene wahrgenommen haben. Daher wird in dem nächsten Experiment näher untersucht, inwiefern implizite und explizite Gedächtnisprozesse das Blickverhalten bei wiederholten Szenen beeinflussen.

3.3 Experiment II

3.3.1 Einleitung

In einer Reihe von Studien wurde gezeigt, dass das Gedächtnis das Blickbewegungsverhalten beeinflusst. Probanden betrachteten bekanntes Bildmaterial im Vergleich zu unbekanntem Bildmaterial deutlich weniger. Der Wiederholungseffekt konnte ebenfalls in dem ersten Experiment der vorliegenden Arbeit nachgewiesen werden. Ungeklärt bleibt jedoch, ob die Veränderungen im Blickverhalten von impliziten oder expliziten Gedächtnisprozessen verursacht wird? In vorangegangenen Studien wurde diese Frage bereits gestellt. Allerdings war das verwendete methodische Design (siehe Kapitel 3.2.3 und Smith et al. (2006)) für die Beantwortung der Frage problematisch: Um zu testen, ob die Probanden sich der Wiederholung einer Szene bewusst waren oder nicht, erfolgte nach dem dritten Block ein Gedächtnistest. Jedoch konnte anhand des Tests keine Aussage darüber getroffen werden, ob die Probanden eine Szene, die sie im dritten Block als wiederholt bewerteten, auch bereits im zweiten Block als wiederholte Szene wahrgenommen haben (vgl. Kapitel 3.2.5).

Zu einem ähnlichen Schluss kamen auch Smith und Squire (2008). Daher führten die Autoren ein weiteres Experiment zum Wiederholungseffekt durch, bei dem sie das methodische Design entsprechend anpassten. Das Design bestand nur noch aus zwei Blöcken und der Gedächtnistest erfolgte direkt im Anschluss an den zweiten Block. Jedoch gaben die Autoren den Probanden zum Beginn der Untersuchung wieder den Hinweis auf einen Gedächtnistest, wodurch implizite Gedächtnisprozesse wahrscheinlich unterbunden wurden (Schacter & Buckner, 1998). Entsprechend wurde der Wiederholungseffekt in dem Experiment nur dann nachgewiesen, wenn die Probanden sich explizit daran erinnern konnten, dass eine Szene wiederholt wurde.

Des Weiteren wurde in dem ersten Experiment geschlussfolgert, dass die Komplexität einer Szene sich darauf auswirken könnte, wie gut und schnell eine Manipulation erkannt wird. Dementsprechend könnte die Komplexität einer Szene ebenfalls Einfluss darauf haben, wie schnell und gut wiederholte Szenen erkannt werden. In der Literatur finden sich widersprüchliche Angaben dazu. Beispielsweise konnten Pezdek und Maki (1988) in einem Experiment zeigen, dass weniger komplexe visuelle Reize von den Probanden besser und schneller erkannt wurden als komplexere. Wiederum belegen andere Studien, dass Szenen unabhängig von ihrer Komplexität generell schnell und zuverlässig erkannt werden (Oliva, Wolfe, Arsenio & Helga, 2004; Schyns & Oliva,

1994).

Abgesehen von dem Einfluss auf die Erkennungsleistung wirkt sich die Komplexität einer Szene auf die Blickbewegungen aus. Beispielsweise werden komplexere Regionen häufiger betrachtet als weniger komplexe Regionen (Krieger, Rentschler, Hauske, Schill & Zetzsche, 2000).

Folglich werden in diesem Experiment zwei Fragen beantwortet. Erstens ob der Wiederholungseffekt eher durch implizite oder explizite Gedächtnisprozesse bedingt wird und zweitens inwiefern die Komplexität einer Szene Auswirkungen auf die Erkennungsleistung sowie auf das Blickverhalten hat.

Daher wird in dem zweiten Experiment die Untersuchung von Smith und Squire (2008) mit einer neutralen Aufgabenstellung repliziert, wobei die Komplexität der Szenen in der Analyse der Blickbewegungsdaten berücksichtigt wird.

3.3.2 Hypothesen

Die Ergebnisse des ersten Experiments zum Manipulationseffekt zeigten, dass durch den Wegfall eines direkten Hinweises auf einen Gedächtnistest, gedächtnisbasierte Blickbewegungen auch in Abwesenheit von expliziten Gedächtnisprozessen beobachtbar waren. Basierend auf diesen Ergebnissen wird im Hinblick auf die zuvor genannte Frage nach den Gedächtnisprozessen folgende Hypothese aufgestellt:

Als Ergebnis des Experiments wird erwartet, dass bei wiederholten Szenen ein Wiederholungseffekt nachweisbar ist und zwar unabhängig davon ob Probanden eine wiederholte Szene explizit als solche erkennen oder nicht. Ferner wird angenommen, dass die Effekte bei explizit erkannten Szenen deutlicher sind als bei implizit erkannten Szenen. Dabei wird ein abweichendes Blickverhalten im Sinne des Wiederholungseffektes anhand der gleichen Veränderungen in Bezug auf die getätigten Fixationen und Sakkaden wie im ersten Experiment definiert (siehe Kapitel 3.2.2).

Des Weiteren wurde in dem ersten Experiment geschlussfolgert, dass der Komplexitätsgrad einer Szene sich auf das Blickverhalten und die Erkennungsleistung bei manipulierten Szenen auswirken kann. Ebenso wäre es möglich, dass die Komplexität der Szene einen Einfluss auf das Blickverhalten und die Erkennungsrate bei wiederholten Szenen hat.

Beispielsweise finden sich in der Literatur Belege dafür, dass die Komplexität eines Reizes die Fixationsdauer modulieren kann (J. H. Goldberg & Kotval, 1999; Mack-

worth & Bruner, 1970; Rayner, 1998). Daher werden theoretisch begründet folgende Annahmen formuliert:

Erstens wurde angenommen, dass weniger komplexe wiederholte Szenen häufiger explizit erkannt wurden als wiederholte Szenen mit einer höheren Komplexität. Zweitens wurde erwartet, dass bei komplexeren Szenen im Gegensatz zu weniger komplexen Szenen sich das Blickverhalten ähnlich wie beim Wiederholungseffekt verändert.

3.3.3 Methode

Probanden

An dem Experiment nahmen 16 graduierte Studenten der Universität Bielefeld teil. Davon waren sieben weiblich und das durchschnittliche Alter lag bei 28.38 Jahren ($SD = 3.32$). Alle Teilnehmer verfügten über eine normale oder eine korrigierte Sehkraft. Zwölf der Probanden waren Rechtshänder und bei neun war das rechte Auge dominant, wobei Augendominanz und Händigkeit nicht im Zusammenhang standen, $r = .36$, $p = .166$.

Am ersten Tag gaben die Probanden an, in der Nacht zuvor im Durchschnitt 6.96 Stunden ($SD = 1.17$) geschlafen zu haben. Dabei lag die Qualität des Schlafes bei 3.81 ($SD = 0.75$) und die Aufnahme- und Konzentrationsfähigkeit zum Zeitpunkt des Durchlaufs bei 3.38 ($SD = 0.95$). Beide Werte korrelierten nicht miteinander, $r = .36$, $p = .163$. Ähnliche Angaben machten die Probanden am zweiten und dritten Tag (siehe Tabelle 3.3), wobei die Qualität des Schlafes und die Aufnahme- und Konzentrationsfähigkeit abermals nicht korrelierten, $r = -.22$, $p = .393$ und $r = -.01$, $p = .964$.

Zur Teilnahme an dem Experiment gaben die Probanden ihr schriftliches Einverständnis. Des Weiteren erhielten sie am dritten Tag im Anschluss an den letzten Durchlauf eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 12 Euro.

Stimuli

Die verwendeten Stimuli sind identisch mit denen, die Smith und Squire (2008) in ihrer Studie benutzten. Dabei handelt es sich um 240 fotografierte Szenen, die in der Gesamtheit sehr heterogene sind. Einige Szenen sind Nahaufnahmen während andere ein weites Panorama zeigen. Ebenso variiert die Perspektive zwischen den Szenen. Zum Teil bestehen die Szenen aus naturlandschaftlichen und zum Teil aus urbanen Aufnahmen, wobei insgesamt Rund ein Drittel der Szenen Personen beinhaltet. Zudem stammen die Szenen aus unterschiedlichen Kulturen. Der Großteil kommt aus dem

nordamerikanischen Raum, aber es gibt auch Szenen asiatischen oder europäischen Ursprungs. Zudem werden auf den Szenen sowohl Innenräume als auch Außenareale abgebildet.

Alle Szenen liegen in einer Auflösung von 1024 mal 768 Pixeln als Bitmap-Datei vor. Zusätzlich wurden die Dateien ins JPEG-Format (*joint photographic expert group*) umgewandelt, um die Bildkomplexität der Szenen zu bestimmen. Durch die Komprimierung in das JPEG-Format weisen die verschiedenen Szenen unterschiedliche Dateigrößen auf, wobei die Größe der Dateien mit der Komplexität der Szenen ansteigt. Zudem wurde in verschiedenen Untersuchungen gezeigt, dass die Dateigröße bei komprimierten Bilddateien in hohem Maß mit der subjektiven Einschätzung der Bildkomplexität durch Personen korrelierte (Donderi & McFadden, 2005; Donderi, 2006; Tuch, Bargas-Avila, Opwis & Wilhelm, 2009). Daher wird in diesem Experiment die Dateigröße der komprimierten Szenen als objektives Maß zur Bestimmung der visuellen Komplexität verwendet.

Die Szenen besitzen durchschnittlich eine Dateigröße von 828.11 Kilobyte ($SD = 184.47$). Anhand der Größe der Dateien werden die Szenen in drei gleich große Komplexitätsgruppen eingeteilt, wobei die Grenzen bei 732.67 respektive 914.00 Kilobyte liegen.

Methode und Design

Das methodische Design ist an die Studie von Smith und Squire (2008) angelehnt. Im Gegensatz zu der Studie von Smith und Squire (2008) verläuft in diesem Experiment ein Durchgang über drei anstatt über zwei Tage. An dem ersten Tag werden den Probanden 120 Bilder gezeigt. Am zweiten Tag sehen die Probanden 60 wiederholte Bilder vom Vortag sowie weitere 60 neue Bilder. Schließlich folgt am dritten Tag ein Gedächtnistest. Dabei werden die 60 wiederholten Bilder, die neuen Bilder vom

Tabelle 3.3: Übersicht über das Schlafverhalten und die Konzentrationsfähigkeit der Probanden an den Tagen des Experiments

	Stunden geschlafen		Aufnahme-fähigkeit		Konzentrations-fähigkeit	
	M	SD	M	SD	M	SD
Tag 1	6.96	1.17	3.81	0.75	3.38	0.95
Tag 2	7.12	1.16	4.00	0.63	3.44	0.64
Tag 3	6.68	0.83	3.94	0.77	3.94	0.68

ersten und zweiten Tag, sowie gänzlich neue Bilder gezeigt. Während des Tests sollen die Probanden angeben, ob die Bilder wiederholt an allen drei Tagen, nur am ersten oder am zweiten Tag oder während des Tests zum ersten Mal dargeboten wurden.

Am ersten Tag werden die Probanden zu Beginn des Experiments schriftlich instruiert, wobei die Instruktion der Free-Viewing-Gruppe im ersten Experiment entspricht (vgl. Kapitel 3.2.3).

Datenanalyse

In dem zweiten Experiment wird bei wiederholten Szenen unterschieden, ob diese in einem anschließendem Gedächtnistests richtig als solche erkannt werden oder nicht. Folglich gibt es drei Konditionen: neue Szenen, explizit erkannte Szenen und implizit erkannte Szenen. Bei den explizit erkannten Szenen handelt es sich um die wiederholte Szenen, die im Gedächtnistest richtig erkannt wurden. Entsprechend sind die implizit erkannte Szenen jene wiederholten Szenen, die falsch erkannt wurden (diese Bedingung wird im weiteren als „Art der Szenenwahrnehmung“ bezeichnet).

Die Unterschiede zwischen den Bedingungen werden für die abhängigen Variablen genauso wie im ersten Experiment anhand von einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung analysiert. Jedoch gibt es zwei Abweichungen. Basierend auf den Ergebnissen des ersten Experiments, wird erstens die Anzahl der betrachteten Regionen nur noch über die Sakkadenlänge bestimmt. Zweitens werden die üblichen Within-Subject Kontraste mit der Effektgröße r berichtet (Field, 2009). Dies ist möglich, da im Vergleich zum ersten Experiment die Anzahl der gezeigten Stimuli deutlich größer ist. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit sehr gering, dass Probanden die wiederholten Szenen ausschließlich implizit oder explizit erkennen werden.

Zudem wird eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den beiden Faktoren „Art der Szenenwahrnehmung“ und der Komplexität der Szenen auszuwerten.

3.3.4 Ergebnisse

Zunächst wurde überprüft, ob sich das Blickverhalten bei wiederholt betrachteten Szenen im Gegensatz zu neuen Szenen veränderte. Zu diesem Zweck wurden die Blickbewegungsdaten von neuen und wiederholten Szenen des zweiten Tages miteinander verglichen. Unabhängig davon, ob sich die Probanden implizit oder explizit an die Wiederholung einer Szene erinnern konnten oder nicht, machten sie bei wiederholten Szenen signifikant weniger Fixationen als bei neuen Szenen, $t(15) = 3.53$, $p = .003$,

$d = 0.88$. Zudem wird anhand von Tabelle 3.4 verdeutlicht, dass die durchschnittliche Dauer der Fixationen bei wiederholten Szenen im Vergleich zu neuen Szenen um sechs Millisekunden länger war, $t(15) = -2.44$, $p = .028$, $d = -0.61$). Dagegen ist der Unterschied bei der Anzahl der betrachteten Regionen zwischen neuen und wiederholten Szenen weniger eindeutig als bei der Anzahl der Fixationen. Wurde eine Szene wiederholt gezeigt, betrachteten die Probanden marginal signifikant weniger Regionen, $t(15) = 1.97$, $p = .068$, $d = 0.49$. Die Sakkadendauer unterschied sich ebenfalls marginal signifikant zwischen neuen und wiederholten Szenen, $t(15) = -2.04$, $p = .059$, $d = -0.51$. Jedoch zeigten sich keine Veränderungen zwischen neuen und wiederholten Szenen hinsichtlich der Beschleunigung sowie der Amplitude der Sakkaden, $t(15) = -0.47$, $p = .639$, $d = -0.11$ respektive $t(15) = 0.31$, $p = .759$, $d = 0.07$.

Tabelle 3.4: Unterschiede zwischen neuen und wiederholten Szenen am zweiten Tag

	Neu	Wiederholt
Blickbewegungen	M (SD)	M (SD)
Anzahl Fixation	16.76 (1.96)	16.35 (2.00)
Fixationen Dauer (ms)	266.8 (38.7)	273.4 (40.1)
Anzahl Regionen	9.57 (1.56)	9.35 (1.67)
Sakkadendauer (ms)	44.42 (8.24)	45.83 (9.60)
Sakkadenbeschl. (°/sek)	237.71 (30.90)	238.64 (34.81)
Sakkadenamplitude (°)	5.63 (0.76)	5.61 (1.01)

N = 16

Anschließend wurde die Hypothese überprüft, dass die Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen sowohl durch implizite als auch explizite Gedächtnisprozesse bestimmt werden. Zu diesem Zweck erfolgte zunächst die Auswertung der Daten aus dem Gedächtnistest. Probanden erkannten die neuen Szenen zu 56.4 Prozent korrekt als solche. Jedoch variierte die Erkennungsleistung in Abhängigkeit des Tages, an dem die Szene gezeigt wurde. Neue Szenen die am dritten Tag gezeigt wurden, wurden zu 82.1 Prozent richtig erkannt. Am zweiten Tag waren es 48.4 Prozent und am ersten Tag 38.8 Prozent. Die wiederholten Szenen konnten die Probanden in 65.6 Prozent der Fälle explizit erkennen, also richtig als wiederholt identifizieren (im folgenden als explizit erkannte Szenen bezeichnet). Entsprechend wurden 34.4 Prozent implizit als wiederholte Szenen erkannt (im folgenden als impli-

zit erkannte Szenen bezeichnet). Alle Werte liegen über einer Ratewahrscheinlichkeit von 25 Prozent ($p < .001$). Es gab keine Probanden die wiederholte Szenen ausschließlich implizit oder explizit erkannt haben.

Ein Vergleich der abhängigen Variablen zwischen neuen und explizit erkannten sowie implizit erkannten Szenen zeigte teilweise Veränderungen im Blickverhalten: Sowohl die Anzahl der Fixationen als auch die durchschnittliche Dauer der Fixationen wurde signifikant durch die Art der Szenenwahrnehmung beeinflusst [Anzahl d. Fixationen: $F(2, 30) = 6.57, p = .004, \eta_p^2 = .305$; Dauer d. Fixationen: $V = 0.53, F(2, 14) = 8.14, p = .004, \omega^2 = .538$]. Ebenso veränderten sich zwischen den Bedingungen die Anzahl der betrachteten Regionen und die Dauer der Sakkaden [Anzahl d. Regionen: $V = 0.45, F(2, 14) = 5.85, p = .014, \omega^2 = .455$; Dauer d. Sakkaden: $V = 0.35, F(2, 14) = 3.85, p = .046, \omega^2 = .351$]. Jedoch hatte die Art der Szenenwahrnehmung keine Auswirkung auf die Beschleunigung und Amplitude der Sakkaden [Beschleunigung: $F(2, 30) = 1.31, p = .285, \eta_p^2 = .080$; Amplitude: $V = 0.09, F(2, 14) = 0.74, p = .493, \omega^2 = .096$].

Die Within-Subject Kontraste der Vergleiche sind in Tabelle 3.5 abgebildet. Haben die Probanden eine wiederholte Szene explizit erkannt, sank im Vergleich zu neuen Szenen die Anzahl der Fixationen bei gleichzeitigem Anstieg der durchschnittlichen Dauer der Fixationen [Anzahl d. Fixationen: $F(1, 15) = 18.18, p = .001, r = 0.74$; Dauer d. Fixationen: $F(1, 15) = 17.40, p = .001, r = 0.73$. Ferner betrachteten die Probanden bei explizit erkannten Szenen weniger Regionen als bei neuen Szenen, $F(1, 15) = 9.45, p = .008, r = 0.62$. Ebenso stieg die Sakkadendauer bei explizit erkannten wiederholten Szenen im Gegensatz zu neuen Szenen marginal signifikant an, $F(1, 15) = 4.29, p = .056, r = 0.47$. Allerdings blieben sowohl die Beschleunigung als auch die Amplitude der Sakkaden in beiden Fällen annähernd gleich [Beschleunigung: $F(1, 15) = 0.01, p = .982, r = 0.03$; Amplitude: $F(1, 15) = 1.20, p = .290, r = 0.27$].

Im Vergleich zu explizit erkannten Szenen fielen die Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen weniger deutlich aus, wenn die Probanden die wiederholten Szenen implizit erkannt haben. Zwar unterschieden sich sowohl die Anzahl als auch die durchschnittliche Dauer der Fixationen bei wiederholten im Gegensatz zu neuen Szenen, jedoch erreichte die Abweichung nur bei der Anzahl der Fixationen ein signifikantes Niveau [Anzahl d. Fixationen: $F(1, 15) = 7.20, p = .017, r = 0.57$; Dauer d. Fixationen: $F(1, 15) = 2.80, p = .115, r = 0.40$]. Dagegen gab es keine Veränderungen im Blickverhalten zwischen wiederholten und neuen Szenen in Bezug auf die Anzahl der betrachteten Regionen, $F(1, 15) = 0.48, p = .500, r = 0.18$. Die Sakkadendauer nahm wiederum bei wiederholten im Vergleich zu neuen

Szenen zu, $F(1, 15) = 6.93$, $p = .019$, $r = 0.56$, wohingegen die Beschleunigung und die Amplitude der Sakkaden zwischen beiden Konditionen annähernd gleich blieben [Beschleunigung: $F(1, 15) = 1.87$, $p = .192$, $r = 0.33$; Amplitude: $F(1, 15) = 0.09$, $p = .770$, $r = 0.08$].

Tabelle 3.5: Within-Subject Kontraste zwischen neuen, explizit erkannten und implizit erkannten Szenen am zweiten Tag

	Neu	Wiederholt	
		Explizit	Implizit
Blickbewegungen	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Anzahl Fixation	17.03 (1.77)	16.24 (2.02)	16.26 (2.42)
Fixationen Dauer (ms)	260.3 (29.0)	273.3 (34.7)	278.3 (63.7)
Anzahl Regionen	10.37 (1.47)	9.95 (1.51)	10.19 (1.98)
Sakkadendauer (ms)	43.75 (7.40)	45.04 (8.90)	47.82 (12.66)
Sakkadenbeschl. (°/sek)	235.71 (29.21)	235.79 (36.75)	241.56 (35.45)
Sakkadenamplitude (°)	5.63 (0.76)	5.54 (0.99)	5.68 (1.01)

N = 16

Abschließend wurde getestet, inwiefern die Komplexität einer Szene das Blickverhalten sowie die Erkennungsleistung beeinflusst. In einem ersten Schritt wurden die Daten des Gedächtnistests anhand der Komplexitätsgruppen ausgewertet: Mit steigender Szenenkomplexität nahm die Erkennungsleistung der Probanden zwar ab, jedoch erreichte der Wert kein signifikantes Niveau, $\chi^2(2) = 2.88$, $p = .237$.

Wurde die Erkennungsleistung der Probanden zusätzlich nach neuen und wiederholten Szenen aufgeschlüsselt, resultierte dies in unterschiedlichen Ergebnisse für beide Arten von Szenen. Bei neuen Szenen wirkte sich die Komplexität nicht auf die Erkennungsleistung aus, $\chi^2(2) = 0.84$, $p = .656$. Jedoch verschlechterte sich die Erkennungsleistung der Probanden mit zunehmender Komplexität, wenn die Szenen wiederholt dargeboten wurden. Lag die Erkennungsrate bei wiederholten Szenen mit geringer Komplexität noch bei 68.4 Prozent, sank dieser Wert bei wiederholten Szenen mit mittlerer Komplexität auf 67.9 Prozent und bei wiederholten Szenen mit hoher Komplexität auf 60.4 Prozent, $\chi^2(2) = 5.62$, $p = .060$.

In einem zweiten Schritt wurden die Auswirkungen der Szenenkomplexität auf das

Blickverhalten analysiert: Insgesamt waren die Veränderungen im Blickverhalten gering. Einzig die durchschnittliche Dauer der Fixationen wurde marginal durch die Komplexität der Szenen beeinflusst, $V = 0.30$, $F(2, 14) = 3.07$, $p = .078$, $\omega^2 = .305$. Je komplexer eine Szene war, desto länger dauerten die Fixationen der Probanden im Durchschnitt. Am deutlichsten war der Unterschied zwischen Szenen mit einer geringen und einer hohen Komplexität, $F(1, 15) = 4.88$, $p = .043$, $\eta_p^2 = .246$.

Zwischen den verschiedenen Arten der Szenenwahrnehmung waren keine Veränderungen im Blickverhalten aufgrund der Komplexität der Szenen beobachtbar.

3.3.5 Zusammenfassende Diskussion

Die Fragestellung des zweiten Experiments war, ob der Wiederholungseffekt primär auf impliziten oder expliziten Gedächtnisprozessen basiert. Im Gegensatz zu der Studie von Smith und Squire (2008) wurde der Effekt sowohl bei explizit als auch bei implizit erkannten Szenen nachgewiesen. Dieses abweichende Ergebnis lässt sich ebenso wie das Ergebnis des ersten Experiments auf die veränderte Aufgabenstellung zurückführen (siehe Kapitel 3.2.5).

Des Weiteren wurde aufgrund der Ergebnisse des ersten Experiments erwartet, dass die Veränderungen im Blickverhalten bei explizit erkannten Szenen deutlicher und robuster ausfallen als bei implizit erkannten Szenen. Diese Erwartung wurde in dem Experiment bestätigt. Warum jedoch die Veränderungen im Blickverhalten zwischen explizit und implizit erkannten Szenen unterschiedlich stark ausgeprägt sind, wird in der abschließenden Diskussion erörtert (siehe Kapitel 4.2).

Die zweite Frage dieses Experiments war, inwiefern die Komplexität einer Szene sich auf das Blickverhalten sowie die Erkennungsrate auswirkt. In Bezug auf das Blickverhalten wurde vermutet, dass entweder die Anzahl an Fixationen oder die durchschnittliche Dauer der Fixationen zunimmt. Die Ergebnisse des Experiments zeigten einen leichten Anstieg der durchschnittlichen Fixationsdauer bei zunehmender Komplexität an. Dabei bedeutet eine längere Fixationszeit eine tiefere und aufwändigere kognitive Verarbeitung des Reizes (J. H. Goldberg & Kotval, 1999; Mackworth & Bruner, 1970; Rayner, 1998).

Unter diesem Gesichtspunkt scheinen die Ergebnisse in Bezug auf die Erkennungsrate widersprüchlich. Obwohl demnach bei komplexeren Szenen eine bessere Erkennungsrate erwartet wurde, nahm die Erkennungsrate mit zunehmender Komplexität der wiederholten Szenen ab. Eine mögliche Erklärung dieses Phänomens ist,

dass durch die tiefere Verarbeitung der komplexeren Szenen, diese den Probanden vertraut vorkamen und dadurch verstärkt als wiederholt bewertet wurden. Das bedeutet, dass neue komplexe Szenen fälschlicherweise als wiederholt erkannt wurden und entsprechend wiederholte weniger komplexe Szenen irrtümlich als neue Szenen beurteilt wurden.

3.4 Experiment III

3.4.1 Einleitung

In den vorherigen beiden Experimenten wurde untersucht, inwiefern Wiederholungs- und Manipulationseffekte von impliziten und expliziten Gedächtnisprozessen bestimmt werden. Dabei wurden bisher ausschließlich komplexe fotografierte Szenen als Stimuli verwendet. In dem dritten Experiment dieser Arbeit wird weitestgehend das erste Experiment wiederholt, wobei jedoch die Szenen als Stimuli durch andere komplexe Stimuli ersetzt werden. Konkret handelt es sich dabei um Screenshots der Startseiten von Webpräsenzen. Die Gründe für die Verwendung von Webseiten als Stimuli sind dabei vielseitig.

Zunächst sind Websites ein allgegenwärtiges, weitverbreitetes und oft genutztes Medium. Beispielsweise stieg in Deutschland die gelegentliche Nutzung des Internets von 6.5 Prozent im Jahr 1997 auf 75.9 Prozent im Jahr 2012 an (Van Eimeren, Oehmichen & Schröter, 1997; Van Eimeren & Frees, 2012). Den Startseiten von Websites kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu. Da eine Startseite den ersten Kontakt zu den Nutzern darstellt, entscheidet deren visueller Eindruck oft darüber, ob sich die Nutzer mit der Webpräsenz weiterhin beschäftigen oder nicht. Daher existiert eine Vielzahl von Studien zur Wahrnehmung von Webseiten, die u.a. ein eigenes visuelles Aufmerksamkeitsmodell speziell für Webseiten hervorbrachten (Buscher, Cutrell & Morris, 2009).

Allerdings ist eine Startseite nicht nur bei dem Erstkontakt mit einer Webpräsenz von Bedeutung. Bei folgenden Besuchen einer Webpräsenz durch den Nutzer, wird die Startseite wiederholt betrachtet. Meistens haben sich zudem die Startseiten zwischen zwei Besuchen in einigen Bereichen verändert – beispielsweise kommt eine neue News oder ein neues Werbefbanner hinzu. Die wiederholte Betrachtung von Startseiten und die Wahrnehmung von Veränderungen auf diesen haben Tuch et al. (2009) in ihrer Studie untersucht. Nachdem den Probanden mehrere Startseiten wiederholt gezeigt wurden, folgte die Darbietung der Seiten mit einer Veränderung in Form eines eingefügten Asterisk. Diese Art der Manipulation ist jedoch eher ungewöhnlich und würde beim alltäglichen Gebrauch einer Website nicht auftreten. Daher erfolgt in diesem Experiment die Manipulation der Startseiten auf ähnliche Weise wie bei den Szenen. Ursprüngliche Elemente der Startseiten werden manipuliert, wodurch die Veränderungen eher der alltäglichen Praxis entsprechen.

Folglich ist die Fragestellung dieses Experiments, ob sowohl der Wiederholungs- als auch der Manipulationseffekt ebenfalls bei Webseiten nachweisbar ist.

Daneben wird die Fragestellung in Bezug auf den Wiederholungseffekt um die besonderen Eigenheiten von Webseiten ergänzt. Zu diesen zählt die Hypermedialität und der strukturelle Aufbau von Webseiten sowie das häufige Auftreten von Werbung auf Webseiten.

Dabei umfasst der Begriff der Hypermedialität den Umstand, dass Webseiten verschiedene Medien beinhalten. Zu diesen zählen u.a. Texte, Grafiken, Videos und Audiodaten (Landow, 2005; Nielsen, 1995). Im Gegensatz dazu bestehen Szenen fast ausschließlich aus grafischen Elementen². Allerdings ist die Vielfalt der unterschiedlichen Medien in diesem Experiment auf Texte und Grafiken beschränkt, da nur Screenshots der Startseiten verwendet werden. Dennoch gibt es bereits zwischen diesen beiden medialen Formen Unterschiede in der Art und Weise, wie sie wahrgenommen und verarbeitet werden. Beispielsweise dauern Fixationen bei Grafiken im Durchschnitt 350 ms während es bei Texten nur 230 ms sind (Holmqvist et al., 2011).

Des Weiteren unterscheiden sich Szenen und Webseiten in ihrem strukturellen Aufbau. Während Szenen u.a. aus Vorder- und Hintergründen bestehen (siehe Kapitel 2.2.2), ist die Struktur von Webseiten eine gänzlich andere. Beispielsweise benennen Nielsen und Loranger (2006) in ihrem Werk über 50 verschiedene Elemente einer Webpräsenz.

Abschließend ist in dem Zusammenhang mit Websites der Aspekt der Werbung von Interesse. Bei dem zuvor genannten starken Zuwachs der Internetnutzung, erreichte die Gruppe der 20- bis 29-jährigen eine besonders starke Zunahme (von 13 Prozent auf 98.6 Prozent). Diese Altersgruppe enthält zum großen Teil die sogenannte Generation Y, die alle zwischen 1978 und 1988 geborenen Personen umfasst (Martin, 2005) und sich durch eine materialistische und stark markenfokussierte Einstellung auszeichnet (Loroz, 2006). Aufgrund der häufigen Internetnutzung sowie der ausgeprägten Kaufkraft und -bereitschaft der Generation Y sehen viele Unternehmen in der Generation Y eine lohnende Zielgruppe, wodurch wiederum die Relevanz von Websites für die Werbebranche steigt (Martin, 2005).

Jedoch zeigte Benway (1998) in ihrer Studie, dass Probanden bei der wiederholten Darbietung von Webseiten dazu tendierten, Werbebanner weniger bzw. gar nicht mehr zu betrachten. Allerdings existieren auch Studien, die zu einem gegensätzlichen

²Text ist zwar kein notwendiger Bestandteil einer Szene, kann jedoch gewisse Teile einer Szene ausmachen: Zum Beispiel in Form von Plakaten, Schriftzügen etc.

Ergebnis kamen und die sogenannte *Banner-Blindness* widerlegten (Lee & Cho, 2010). belegten in ihrer Studie, dass Werbebanner vermehrt betrachtet werden. Aufgrund der bisherigen widersprüchlichen Ergebnisse zur *Banner-Blindness* wird die Fragestellung des dritten Experiments erweitert.

3.4.2 Hypothesen

In diesem Experiment werden basierend auf den Ergebnissen des ersten Experiments in Bezug auf den Manipulationseffekt folgende Hypothesen aufgestellt:

Zunächst wird als Ergebnis erwartet, dass bei manipulierten Webseiten ein verändertes Blickverhalten im Vergleich zu wiederholten Webseiten beobachtbar ist und zwar unabhängig davon, ob die Probanden die Manipulationen explizit oder implizit erkannt haben.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des ersten Experiments wird jedoch erwartet, dass der Manipulationseffekt zwischen implizit und explizit erkannten Webseiten weniger deutlich ausfällt. Theoretisch wird dies folgendermaßen begründet: In Kapitel 3.2.5 wurde bereits dargelegt, dass sich die Bildkomplexität einer Szene darauf auswirkt, wie gut eine Manipulation erkannt wird (Hollingworth & Henderson, 2000), wodurch wiederum verstärkt explizite Gedächtnisstrategien begünstigt werden (Snodgrass & Hirshman, 1994). Allgemein besitzen Webseiten eine höhere visuelle Komplexität als Szenen, da sie oft über mehr voneinander getrennte Regionen und eine größere Anzahl an Objekten verfügen (Oliva et al., 2004; Rayner, 1998). Daher wird vermutet, dass aufgrund des komplexeren Aufbaus von Webseiten die Manipulationen schlechter explizit erkannt werden, was wiederum implizite Gedächtnisprozesse begünstigt. Entsprechend sollte zum einen die Erkennungsrate der Manipulationen unter der im ersten Experiment liegen und zum anderen sollte der Unterschied im Blickverhalten zwischen implizit und explizit erkannten manipulierten Webseiten geringer sein als im ersten Experiment.

Im Hinblick auf den Wiederholungseffekt werden zwischen neuen und wiederholten Webseiten ähnliche Veränderungen im Blickverhalten wie im ersten Experiment erwartet. Aufgrund der besonderen Gegebenheiten von Webseiten (siehe Kapitel 3.4.1) umfasst die Untersuchung des Blickverhaltens bei wiederholten Webseiten zudem die Hypermedialität, die strukturellen Regionen sowie die *Banner-Blindness*. In Bezug auf die beiden erstgenannten Aspekte ist die Analyse eher explorativer Natur, da bisher nur wenige Ergebnisse im Zusammenhang mit wiederholter Darbietung vorliegenden

(Tuch et al., 2009).

Hinsichtlich der Hypermedialität der Webseiten wird theoretisch begründet angenommen, dass zwischen Bildern und Texten ein Unterschied in der durchschnittlichen Fixationsdauer besteht (Holmqvist et al., 2011). Inwiefern die wiederholte Betrachtung der Webseiten in Verbindung mit der Hypermedialität der Webseiten steht, wird in dem Experiment explorativ untersucht.

Bei strukturellen Regionen wird davon ausgegangen, dass komplexere Regionen bei wiederholter Betrachtung häufiger fixiert werden als weniger komplexe Regionen (Krieger et al., 2000). Zudem wird angenommen, dass die Handlungsrelevanz der Regionen einen Einfluss haben könnte (M. Land, Mennie & Rusted, 1999). Obwohl die Probanden keine spezifische Handlungsanweisung hatten, erscheint es sinnvoll, dass beispielsweise der Navigationsbereich bei erstmaliger Betrachtung eine größere Bedeutung hat als bei wiederholter Betrachtung. Daher wird vermutet, dass der proportionale Anteil an Fixationen sowie die durchschnittliche Fixationsdauer im Hauptbereich bei wiederholten Webseiten im Gegensatz zu neuen Webseiten zunimmt und entsprechend in den anderen Bereichen abnimmt.

Im Hinblick auf die *Banner-Blindness* wird erwartet, dass die Probanden Werberregionen bei der Betrachtung der Webseiten meiden werden (Benway, 1998). Dementsprechend sollten die proportionale Verteilung der Fixationen sowie die durchschnittliche Dauer der Fixationen in den Werberregionen bei wiederholten Webseiten verglichen mit neuen Seiten abnehmen.

3.4.3 Methode

Probanden

Für das Experiment wurden 20 Studenten der Universität Bielefeld über Aushänge rekrutiert. Von den 20 Probanden waren elf weiblich. Das durchschnittliche Alter der Probanden betrug 25.7 Jahre ($SD = 2.31$). Alle Probanden besaßen eine normale oder korrigierte Sehkraft. Bei elf von Ihnen war das rechte Auge dominant und 85 Prozent waren Rechtshänder. Händigkeit und Augendominanz korrelieren nur mit einer marginalen Signifikanz miteinander ($r = .38, p = .098$).

Die Teilnehmer der Studie haben im Durchschnitt 7.25 ($SD = 0.85$) Stunden geschlafen. Dabei bewerteten die Probanden die Qualität ihres Schlafes auf einer 5-stufigen Likert-Skala mit 3.65 ($SD = 0.99$), was einer mittleren bis guten Einschätzung entspricht. Ihre Aufnahme- und Konzentrationsfähigkeit gaben sie auf der gleichen Skala mit 3.85 ($SD = 0.75$) an. Die Angaben zur Qualität des Schlafes und zur

Aufnahme- und Konzentrationsfähigkeit korrelieren zu $r = .50$, $p = .026$.

Zudem gaben alle Probanden ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an dem Experiment und wurden mit fünf Euro für ihren Aufwand entschädigt.

Stimuli

Für das Experiment wurde ein neues Stimuliset erstellt. Das Set besteht aus Screenshots der Startseiten von 40 existierenden Websites, die genauso wie im ersten Experiment in einer manipulierten und originalen Version vorliegen (vgl. Kapitel 3.2.3).

Für die Erstellung des Stimuliset wurden zunächst im Internet 140 Startseiten nach drei Kriterien gesucht: Die Webseiten sollten erstens keinen privaten Ursprung haben, zweitens deutschsprachig und drittens den Studenten möglichst unbekannt sein. Daher wurden Webseiten ausschließlich aus der Schweiz und Österreich gewählt. Von allen Startseiten wurde ein Screenshot ohne die Steuerelemente des Browser in einer Auflösung von 1024 x 768 Pixeln gemacht. In einem zweiten Schritt wurden die Startseiten subjektiv eingeschätzt, inwiefern eine Manipulation der Seiten sowohl inhaltlich sinnvoll als auch technisch realisierbar war. Dadurch wurde die Anzahl der Startseiten auf 89 Seiten reduziert. Diese 89 Seiten wurden in einer Vorstudie von 20 Probanden in Bezug auf ihre Bekanntheit und Komplexität bewertet. Anhand der Ergebnisse wurden 40 Startseiten nach diesen zwei Kriterien ausgewählt, wobei auf einen gleichbleibenden Grad der Komplexität geachtet wurde.

Bei den 40 Startseiten wurden ebenso wie in dem ersten Experiment grafische Elemente der Seiten entfernt, damit diese in einer originalen und einer manipulierten Version vorlagen. Die manipulierten Regionen sind ungefähr alle gleich groß und befinden sich an unterschiedlichen Stellen der Webseiten.

Die Screenshots der Webseiten liegen als Bitmap-Datei vor, wurden aber ebenso wie im zweiten Experiment zusätzlich ins JPEG-Format umgewandelt. Anhand der JPEG-Dateien wird auf die gleiche Weise wie im zweiten Experiment die Bildkomplexität der Webseiten bestimmt. Obwohl Webseiten sich aufgrund ihres Aufbaus und der Organisation ihrer Elemente von Szenen unterscheiden, kann ihre Komplexität ebenfalls anhand der Dateigröße bestimmt werden (Tuch et al., 2009). Die Seiten besitzen eine durchschnittliche Dateigröße von 531.56 Kilobyte ($SD = 129.39$).

Methode und Design

Das methodische Design in diesem Experiment entspricht abgesehen von drei Veränderungen dem Design und Ablauf des ersten Experiments. Erstens werden die Szenen durch die Screenshots der Startseiten von Websites ersetzt. Damit verbunden, wird

zweitens die Darbietungszeit der Stimuli auf sieben Sekunden erhöht. Diese Anpassung ist nötig, da die Webseiten eine höhere visuelle Komplexität als die Szenen aus dem ersten Experiment aufweisen. Drittens wird auf die Task-Gruppe verzichtet, da zu erwarten ist, dass bei einer entsprechenden Instruktion primär explizite Gedächtnisprozesse das Blickverhalten beeinflussen würden (siehe Kapitel 3.2.5).

Um zu überprüfen, ob die Probanden die Manipulationen in den Webseiten bewusst wahrnehmen oder nicht, folgt im zweiten Teil ein Gedächtnistest. Dessen methodisches Design ist ebenfalls das gleiche wie im ersten Experiment.

Datenanalyse

Die Analyse der Blickbewegungsdaten entspricht weitestgehend dem Vorgehen im ersten Experiment, wird jedoch um weitere Auswertungen ergänzt.

In Bezug auf die Hypermedialität und die strukturellen Regionen werden zweifaktorielle Varianzanalysen berechnet. Dagegen wird die *Banner-Blindness* zwischen neuen und wiederholten Webseiten anhand von T-Tests überprüft, da nur zwei Konditionen vorliegen. Zudem ist zu beachten, dass bei diesen Untersuchungen Regionen miteinander verglichen werden, wodurch sich die abhängigen Variablen ändern. Ebenso wie bei dem Manipulationseffekt werden der proportionale Anteil der Fixationen sowie die durchschnittliche Dauer der Fixationen einer Region in die Analyse einbezogen. Jedoch im Gegensatz zur ROI für alle entsprechenden Regionen. Beispielsweise wird folglich in Bezug auf Hypermedialität zwischen Regionen unterschieden, die entweder Texte oder Bilder enthalten.

3.4.4 Ergebnisse

Zunächst wurden die Blickbewegungsdaten auf den Wiederholungseffekt hin überprüft (siehe Tabelle 3.6). Bei dem Vergleich des Blickverhaltens zwischen neu und wiederholt dargebotenen Screenshots der Startseiten im zweiten Block, nahm die Anzahl an Fixationen bei wiederholten Startseiten im Gegensatz zu neuen Startseiten um einhalb Fixationen ab, $t(19) = 4.13$, $p = .001$, $d = 0.92$. Dagegen unterschied sich die durchschnittliche Dauer der Fixationen zwischen neuen und wiederholten Startseiten nur marginal signifikant. Probanden ließen ihren Blick im Schnitt 32 ms länger ruhen, wenn die betrachtete Seite wiederholt gezeigt wurde, $t(19) = -1.97$, $p = .063$, $d = -0.44$. Hinsichtlich der Anzahl der betrachteten Regionen war wiederum eine deutliche Veränderung im Blickverhalten erkennbar. Bei wiederholten Startseiten betrachteten die Probanden weniger Regionen als bei neuen Seiten, $t(19) = 4.28$, $p = .001$, $d =$

1.01.

Ebenfalls unterschied sich das Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Startseiten in Bezug auf alle Sakkadenparameter. Sahen die Probanden eine Startseite wiederholt, sank sowohl die Dauer als auch die maximale Beschleunigung der Sakkaden im Vergleich zu neuen Startseiten signifikant [Dauer: $t(19) = 2.36$, $p = .029$, $d = 0.52$; Beschleunigung: $t(19) = 3.74$, $p = .001$, $d = 0.83$]. Zudem war bei wiederholten Startseiten die Amplitude der Sakkaden um rund einen halben Grad kleiner als bei neuen Seiten, $t(19) = 3.25$, $p = .004$, $d = 0.72$.

Tabelle 3.6: Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block

Blickbewegungen	Neu	Wiederholt
	M (SD)	M (SD)
Anzahl Fixation	26.55 (2.19)	24.98 (2.88)
Fixationen Dauer (ms)	221.4 (17.4)	253.8 (76.84)
Anz. Regionen (Sak.)	14.28 (1.21)	12.14 (1.95)
Sakkadendauer (ms)	34.65 (3.85)	32.76 (3.54)
Sakkadenbeschl. (°/sek)	193.20 (21.17)	181.45 (24.16)
Sakkadenamplitude (°)	4.57 (0.73)	4.06 (0.68)

Anmerkung: N = 20

Als nächstes wurden die Daten des Gedächtnistests ausgewertet, um zu überprüfen, ob die Probanden die Manipulation auf den Startseiten explizit erkannt haben oder nicht. Bei den neuen Startseiten wurden 88.1 Prozent und bei den wiederholten 89.1 Prozent der gezeigten Seiten im dritten Block korrekt als solche benannt. Die Erkennungsrate lag bei 30.1 Prozent für manipulierte Startseiten, die explizit und bei 69.9 Prozent die implizit erkannt wurden. Insgesamt haben fünf Probanden die manipulierten Startseiten ausschließlich implizit erkannt.

Die Art der Szenenwahrnehmung beeinflusste signifikant den proportionalen Anteil der Fixationen in der ROI und die Anzahl der Übergänge in bzw. aus der ROI, [Anteil Fixationen: $F(2, 28) = 37.40$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .724$; Anzahl Übergänge: $F(2, 28) = 18.07$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .56$]. Des Weiteren gab es zwischen den Bedingungen einen marginal signifikanten Unterschied in Bezug auf die erste Fixation in die ROI, $F(2, 28) = 3.31$, $p = .051$, $\eta_p^2 = .192$. Im Gegensatz dazu, wirkte sich die Art der

Szenenwahrnehmung nicht auf die durchschnittliche Dauer der Fixationen in der ROI aus, $F(2, 28) = 1.00$, $p = .381$, $\eta_p^2 = .061$.

Anhand der Mittelwerte in Tabelle 3.7 wird deutlich, dass sich das Blickverhalten innerhalb der ROI bei manipulierten Startseiten im Vergleich zu wiederholten Startseiten veränderte, wenn die Probanden die manipulierten Startseiten explizit erkannt haben. Sowohl der Anteil der Fixationen in der ROI als auch die Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI nahm bei manipulierten Seiten im Vergleich zu wiederholten Seiten signifikant zu, [Anteil Fixationen: $t(14) = 8.12$, $p < .001$, $d = 2.09$; Anzahl Übergänge: $t(14) = 5.25$, $p < .001$, $d = 1.35$]. Zudem fand der erste Blick in die ROI bei manipulierten Webseiten deutlich früher statt als bei wiederholten Seiten, $t(14) = -2.16$, $p = .048$, $d = -0.55$. Wiederrum zeigte sich zwischen wiederholten und manipulierten Startseiten keine Veränderung innerhalb der ROI hinsichtlich der durchschnittlichen Fixationsdauer, $t(14) = -1.24$, $p = .233$, $d = -0.32$.

Haben die Probanden die Manipulation implizit erkannt, waren die Unterschiede im Blickverhalten sehr ähnlich zu denen bei explizit erkannten Manipulationen. Der Anteil an Fixationen in der ROI ebenso wie auch die Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI stiegen bei manipulierten Startseiten im Vergleich zu wiederholten Startseiten signifikant an, [Anteil Fixationen: $t(19) = 4.40$, $p < .001$, $d = 0.98$; Anzahl Übergänge: $t(19) = 3.87$, $p = .001$, $d = 0.86$]. Dagegen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen wiederholten und manipulierten Startseiten hinsichtlich der durchschnittlichen Fixationsdauer in der ROI und der Nummer der ersten Fixation in die ROI, [Fixationsdauer: $t(19) = -0.49$, $p = .624$, $d = -0.11$; erste Fixation: $t(19) = -1.26$, $p = .221$, $d = -0.28$].

Um das Blickverhalten hinsichtlich der strukturellen Regionen zu untersuchen, wurden in den Webseiten folgende fünf Bereiche unterschieden: Navigations-, Banner-, Footer-, Seiten- und Hauptbereich.

In Tabelle 3.8 sind die Mittelwerte für die proportionale Verteilung der Fixationen auf die verschiedenen strukturellen Regionen sowie die durchschnittliche Dauer der Fixationen in diesen Regionen abgebildet. Unabhängig davon ob die Webseiten zum ersten Mal oder wiederholt dargeboten wurden, gab es zwischen den Regionen in Bezug auf den Anteil der Fixationen und der durchschnittlichen Fixationsdauer signifikante Unterschiede, [Anteil Fixationen: $F(4, 76) = 271.20$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .934$; Fixationsdauer: $F(4, 76) = 41.77$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .682$]. Den größten Anteil an Fixationen enthielt der Hauptbereich der Webseite, wohingegen der Navigationsbereich im Durchschnitt zeitlich am längsten fixiert wurde.

Tabelle 3.7: Veränderungen im Blickverhalten zwischen wiederholten, explizit erkannten und implizit erkannten Szenen im dritten Block

Blickbewegungen	Explizit erkannt ¹		Implizit erkannt ²	
	Wiederholt	Manipuliert	Wiederholt	Manipuliert
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Anteil Fixationen	3.41 (2.81)	25.02 (11.06)	3.23 (2.64)	12.07 (9.07)
Dauer Fixationen (ms)	272.7 (97.1)	242.3 (37.0)	261.0 (105.3)	249.9 (46.5)
Anzahl Übergänge	1.00 (0.81)	4.27 (2.82)	0.91 (0.72)	2.48 (1.83)
Nr. erste Fixation	9.04 (4.39)	6.47 (2.25)	11.29 (6.68)	9.01 (2.80)

Anmerkung: Die verschiedene Größe der Stichproben resultiert aus den unterschiedlichen Erkennungsleistungen im Gedächtnistest.

1 N = 15; 2 N = 20

Wurden hingegen zwischen neuen und wiederholten Webseiten Veränderungen im Blickverhalten innerhalb der strukturellen Regionen überprüft, unterschied sich nur der proportionale Anteil der Fixationen, $F(4, 76) = 3.14$, $p = .019$, $\eta_p^2 = .141$. Wie in Tabelle 3.9 dargestellt, nahm der Anteil der Fixationen im Hauptbereich im Vergleich zu dem Navigations-, Banner- und Footerbereich deutlich zu [Navigationsbereich: $F(1, 19) = 4.49$, $p = .047$, $\eta_p^2 = .192$; Bannerbereich: $F(1, 19) = 5.95$, $p = .025$, $\eta_p^2 = .234$; Footerbereich: $F(1, 19) = 5.08$, $p = .036$, $\eta_p^2 = .212$]. Im Gegensatz dazu blieb die durchschnittliche Fixationsdauer zwischen den verschiedenen strukturellen Regionen und neuen sowie wiederholten Webseiten gleich, $F(4, 76) = 1.82$, $p = .132$, $\eta_p^2 = .08$.

Tabelle 3.8: Veränderungen im Blickverhalten zwischen den strukturellen Regionen im zweiten Block

Strukturelle Region	Anteil (%)	Dauer (ms)
	Fixationen	Fixationen
	M (SD)	M (SD)
Navigation	13.02 (1.51)	240.19 (7.98)
Banner	11.07 (1.23)	223.93 (5.21)
Footer	0.72 (0.15)	99.69 (14.99)
Rand Regionen	5.82 (0.78)	213.89 (8.66)
Hauptbereich	64.18 (2.34)	220.64 (4.09)

Anmerkung: N = 20

In Bezug auf die Hypermedialität wurde in einem ersten Schritt das Blickverhalten

Tabelle 3.9: Veränderungen im Blickverhalten in den strukturellen Regionen bei neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block

Strukturelle Region	Neu		Wiederholt	
	Anteil (%) Fixationen	Dauer (ms) Fixationen	Anteil (%) Fixationen	Dauer(ms) Fixationen
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Navigation	14.59 (2.10)	226.69 (7.87)	11.45 (1.33)	253.69 (11.21)
Banner	12.42 (1.79)	217.65 (6.04)	9.72 (1.54)	230.22 (7.62)
Footer	1.00 (0.25)	116.55 (23.54)	0.49 (0.17)	82.84 (21.98)
Rand Regionen	6.24 (1.05)	220.09 (8.76)	5.39 (1.03)	207.69 (14.20)
Hauptbereich	61.03 (2.76)	211.35 (3.34)	67.34 (2.77)	229.93 (5.56)

Anmerkung: N = 20

zwischen Textregionen und Bildregionen verglichen. Wie in Tabelle 3.10 gezeigt wird, haben Textregionen einen signifikant höheren Anteil an Fixationen als Bildregionen, $F(1, 19) = 41,81$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .684$. Dagegen ist die durchschnittliche Dauer der Fixationen in beiden Regionen annähernd gleich, $F(1, 19) = 0.01$, $p = .901$, $\eta_p^2 = .013$.

Ob die Probanden eine Webseite erstmalig oder wiederholt betrachteten, hatte hinsichtlich der Hypermedialität nur einen marginalen Einfluss auf den proportionalen Anteil der Fixationen (siehe Tabelle 3.11). Bei wiederholten Webseiten nahm im Vergleich zu neuen Webseiten der Anteil der Fixationen in Textregionen zu, während er in Bildregionen abnahm, $F(1, 19) = 3.05$, $p = .096$, $\eta_p^2 = .131$. Im Gegensatz dazu gab es zwischen den beiden Faktoren keine Unterschiede bei der durchschnittlichen Dauer der Fixationen, $F(1, 19) = 2.25$, $p = .149$, $\eta_p^2 = .10$.

Tabelle 3.10: Veränderungen im Blickverhalten zwischen den medialen Regionen im zweiten Block

Mediale Region	Anteil (%) Fixationen	Dauer (ms) Fixationen
	M (SD)	M (SD)
Texte	55.81 (1.39)	223.31 (5.73)
Bilder	38.48 (1.46)	223.85 (3.39)

Anmerkung: N = 20

Tabelle 3.11: Veränderungen im Blickverhalten in den medialen Regionen bei neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block

	Neu		Wiederholt	
	Anteil (%) Fixationen	Dauer (ms) Fixationen	Anteil (%) Fixationen	Dauer(ms) Fixationen
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Mediale Region				
Texte	52.98 (2.30)	217.03 (5.33)	58.64 (1.95)	229.59 (5.73)
Bilder	40.38 (2.07)	213.01 (3.75)	36.58 (1.83)	234.70 (3.39)

Anmerkung: N = 20

Um zu überprüfen, ob der Wiederholungseffekt zu einer vermehrten Betrachtung der Werbung führt oder ob ein Banner-Blindness Effekt auftritt, wurde das Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Webseiten im zweiten Block verglichen. In Tabelle 3.12 sind Veränderungen im Blickverhalten abgebildet. Anhand der Mittelwerte wird deutlich, dass sowohl der proportionale Anteil als auch die durchschnittliche Dauer der Fixationen in Werberegionen zwischen neuen und wiederholten Webseiten abnahm. Jedoch waren die Unterschiede in beiden Fällen nicht signifikant, [Anteil Fixationen: $t(19) = 0.80$, $p = .433$, $d = 0.17$; Fixationsdauer: $t(19) = 0.72$, $p = .480$, $d = 0.16$].

Tabelle 3.12: Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Werberegionen im zweiten Block

Webseite	Anteil (%) Fixationen	Dauer (ms) Fixationen
	M (SD)	M (SD)
Neu	1.68 (2.81)	85.31 (108.74)
Wiederholt	1.04 (2.24)	60.82 (99.93)

Anmerkung: N = 20

3.4.5 Zusammenfassende Diskussion

In dem dritten Experiment wurden vergleichbare Hypothesen zum Manipulations- und Wiederholungseffekt wie im ersten Experiment formuliert, wobei jedoch die Besonderheiten von Webseiten und deren mögliche Auswirkungen auf das Blickbewegungsverhalten berücksichtigt wurden. Im Allgemeinen wurden die Hypothesen in Bezug auf

den Manipulationseffekt bestätigt. Ebenso wie im ersten Experiment wurde das Blickverhalten beim Betrachten von manipulierten Webseiten sowohl durch das explizite als auch das implizite Gedächtnissystem beeinflusst. Allerdings fiel der Effekt entgegen der eingangs formulierten Hypothese zwischen implizit und explizit erkannten Webseiten deutlicher als erwartet aus, wohingegen die Erkennungsrate wie vermutet, bei explizit erkannten Webseiten im Vergleich zum ersten Experiment schwächer war. Wie sich dieses abweichende Ergebnis erklären lässt, wird im Rahmen der abschließenden Diskussion in Kapitel 4.1.2 beantwortet.

Hinsichtlich des Wiederholungseffektes wurden in dem dritten Experiment ähnliche Veränderungen im Blickverhalten erwartet wie im ersten Experiment. Diese Annahme wurde bestätigt. Im Vergleich zum ersten Experiment waren in diesem Experiment die Unterschiede in den Blickbewegungen zwischen neuen und wiederholten Webseiten jedoch noch deutlicher. Diese Abweichung wird ebenfalls im Zusammenhang mit den Blickbewegungsarten in Kapitel 4.2 diskutiert.

Des Weiteren wurden in Verbindung mit dem Wiederholungseffekt drei besondere Merkmale von Webseiten näher untersucht: die Multimedialität und die strukturellen Regionen von Webseiten sowie die starke Präsenz von Werbeinhalten. Zunächst wurde angenommen, dass Bilder bzw. grafische Elemente durchschnittlich länger fixiert werden als textuelle Elemente. Jedoch wurde diese Annahme nicht bestätigt. In dem vorliegenden Experiment entsprach die durchschnittliche Dauer einer Fixation in den textuellen Regionen einer üblichen Fixationsdauer beim Lesen von Texten, die abhängig von der Komplexität des Inhalts zwischen 200 ms und 260 ms beträgt (Rayner & Pollatsek, 1989; Rayner, 1998). Im Gegensatz dazu lag die durchschnittliche Fixationsdauer beim Betrachten der grafischen Elemente in diesem Experiment deutlich unter der durchschnittlichen Fixationsdauer von 300 ms bei Szenen (Henderson & Hollingworth, 2003; Henderson, 2011).

Entsprechend kann daraus geschlossen werden, dass die Probanden beim Betrachten der Webseiten begonnen haben, die textuellen Elemente zu lesen, wohingegen die grafischen Elemente nur flüchtig angesehen wurden. Diese Aussage wird zudem dadurch gestützt, dass die textuellen Elemente der Webseiten einen höheren Anteil an Fixationen aufwiesen als die grafischen Elemente. Mit wiederholter Darbietung der Webseiten wurde dieser Effekt noch deutlicher.

Bei der Auswertung des Blickverhaltens in den strukturellen Regionen wurde zunächst die Hypothese bestätigt, dass bei wiederholten Webseiten trotz fehlender Anweisung die handlungsrelevanten Regionen vermehrt betrachtet werden. Während

in dem Hauptbereich der Anteil an Fixationen zunahm, ging er in den anderen Bereichen zurück. Des Weiteren nahm ebenfalls die durchschnittliche Dauer der Fixationen im Hauptbereich zu. Da der Hauptbereich üblicherweise einen hohen Anteil an Textelementen enthält und auch die Fixationsdauer wieder der üblichen Zeit beim Lesen entspricht, kann daraus geschlussfolgert werden, dass die Probanden stellenweise die Texte gelesen haben.

Zuletzt wurde in dem Zusammenhang mit dem Wiederholungseffekt die mögliche Existenz einer Banner-Blindness überprüft. Dabei zeigte die Auswertung der Blickbewegungsdaten, dass bereits bei neuen Webseiten die Probanden Werberegionen sehr wenig und zudem äußerst kurz betrachteten. Wurden die Webseiten wiederholt präsentiert, sanken sowohl der proportionale Anteil an Fixationen als auch die durchschnittliche Fixationsdauer noch weiter ab. Demnach unterstützen die Ergebnisse dieses Experiments die Existenz einer Banner-Blindness. Gegensätzliche Ergebnisse, wie beispielsweise das von Lee und Cho (2010), sind auf unterschiedliche methodische Herangehensweisen zurückzuführen. In der Studie Lee und Cho (2010) mussten die Probanden bestimmte Informationen suchen, die sich teils innerhalb und teils außerhalb von Werbebannern befanden. Darüber wurde untersucht, ob die Werbebanner mehr oder weniger betrachtet wurden. Im Gegensatz dazu, gab es in diesem Experiment keine Handlungsanweisung, wodurch ein natürlicheres Blickverhalten als bei Lee und Cho (2010) zu erwarten war.

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde in drei Experimenten anhand des Wiederholungs- und des Manipulationseffektes untersucht, ob gedächtnisbasierte Blickbewegungen durch das implizite oder das explizite Gedächtnis gesteuert werden. Die Beteiligung von Gedächtnisprozessen bei Blickbewegungen äußert sich beim Wiederholungseffekt, indem Probanden bei der Darbietung von wiederholten Reizen (Szenen bzw. Webseiten im dritten Experiment) u.a. weniger Fixationen machten und weniger Regionen in den wiederholten Reizen betrachteten als bei neuen Reizen.

Dagegen steigt bei dem Manipulationseffekt während der Präsentation von manipulierten Reizen u.a. der Anteil an Fixationen in der ROI sowie die durchschnittliche Fixationsdauer in der ROI im Vergleich zu wiederholt gezeigten Szenen an. In einer Vielzahl vorheriger Studien wurden die beiden Effekte von anderen Autoren berichtet (Ryan & Cohen, 2004; Ryan et al., 2000, 2007; Smith et al., 2006; Smith & Squire, 2008). Jedoch war bisher unklar, ob dabei die Veränderungen im Blickverhalten auf das implizite oder das explizite Gedächtnissystem zurückzuführen sind. Beispielsweise konnten Smith et al. (2006) die beiden Effekte nur beobachten, wenn sich die Probanden dessen bewusst waren, dass die Szenen wiederholt bzw. manipuliert dargeboten wurden. Dagegen traten die Veränderungen im Blickverhalten in der Studie von Ryan et al. (2000) nur in Abwesenheit von bewussten, expliziten Gedächtnisprozessen auf.

Im Gegensatz zu den bisherigen Ergebnissen veränderte sich in den drei Experimenten der vorliegenden Arbeit das Blickverhalten unabhängig davon, ob die Probanden sich einer Wiederholung bzw. der Manipulation eines Stimulus bewusst waren oder nicht. Primär wird dieses abweichende Ergebnis dadurch erklärt, dass der Einfluss des impliziten Gedächtnisses auf das Blickbewegungsverhalten durch einen direkten Hinweis auf einen anschließenden Gedächtnistest beinahe gänzlich unterbunden wird (siehe dazu die Diskussionen in Kapitel 3.2.5 und 3.3.5).

Aber die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen ebenfalls, dass bei entsprechend neutraler Aufgabenstellung Unterschiede zwischen implizit und explizit beeinflusstem Blickverhalten bestehen. Veränderungen in den Blickbewegungen, die durch explizite Gedächtnisprozesse gesteuert werden, fallen deutlich stärker und robuster

aus als bei Blickbewegungen, die durch implizite Gedächtnisprozesse beeinflusst werden. Ein Vergleich der Ergebnisse der vorliegenden Experimente deutet darauf hin, dass die Steuerung des Blickverhaltens durch das implizite Gedächtnis abhängig von bestimmten Faktoren unterschiedlich gut nachweisbar ist. Beispielsweise könnten unterschiedliche Arten von Stimuli einen Einfluss haben, da der Unterschied zwischen implizit und explizit gesteuerten Blickbewegungen im dritten Experiment geringer war als im ersten Experiment. Zudem waren Veränderungen im Verhalten bestimmter Blickbewegungsarten über alle drei Experimente der vorliegenden Arbeit robuster als bei anderen Arten. Des Weiteren gab es zum Teil unterschiedliche Ergebnisse in den Gedächtnistests, anhand derer geschlossen wurde, ob die Veränderungen im Blickverhalten durch das implizite oder das explizite Gedächtnis beeinflusst wurden.

Deshalb werden im Folgenden zunächst die Ergebnisse des Gedächtnistests und anschließend die Ergebnisse der Blickbewegungsdaten übergreifend über alle drei Experimente dieser Arbeit diskutiert.

4.1 Verhaltensdaten

4.1.1 Erkennungsrate

In allen drei Experimenten der vorliegenden Arbeit erfolgte im Anschluss an die Aufzeichnung der Blickbewegungsdaten ein Gedächtnistest. Anhand dieses Tests wurde bestimmt, ob ein manipulierter Stimulus (Szenen bzw. Webseiten im dritten Experiment) implizit oder explizit erkannt wurde bzw. ob ein Stimulus neu oder wiederholt gezeigt wurde.

Dabei war die Erkennungsrate in den ersten beiden Experimenten insgesamt vergleichbar mit der Erkennungsrate, die in anderen Studien berichtet wurde (Ryan et al., 2000; Smith et al., 2006; Smith & Squire, 2008). Neue und wiederholte Szenen wurden annähernd gleich gut als solche erkannt, wohingegen die Erkennungsrate bei manipulierten Szenen abnahm. Im Vergleich dazu wich die Erkennungsrate im dritten Experiment ab. Während neue und wiederholte Webseiten im dritten Experiment besser erkannt wurden als die Szenen im ersten Experiment, war wiederum die Erkennungsrate bei manipulierten Webseiten im Vergleich zu manipulierten Szenen schlechter.

Als Ursache für die genannten Abweichungen zwischen Szenen und Webseiten auf der einen sowie wiederholten und manipulierten Stimuli auf der anderen Seite könnten die unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Stimuli dienen.

Zunächst könnte argumentiert werden, dass Szenen ein Abbild unserer Umgebung darstellen und wir daher ein entsprechendes Wissen über Szenen verfügen. Beispielsweise können Szenen innerhalb kürzester Zeit in ihrer Ganzheit erfasst und einem semantischen Thema zugeordnet werden (z.B. „Geburtstagsfeier“, Intraub, 1981; Tatler, Gilchrist & Rusted, 2003). Um den sogenannten *scene gist* einer Szene zu erkennen, ist bereits eine normale Szenenfixation mit einer Dauer von ungefähr 300 ms ausreichend (Henderson & Hollingworth, 2003; Rayner, 1998). Für die Unterscheidung von verschiedenen Arten von Szenen, zum Beispiel zwischen einer Naturszene und einer urbanen Szene, reicht sogar eine Darbietung unterhalb der Wahrnehmungsschwelle (unter 40 ms) aus (Joubert, Rousselet, Fize & Fabre-Thorpe, 2007). Dagegen ist eine längere Betrachtung der Szene nötig, damit bestimmte Details und kleinere Objekte der Szene erkannt (Fei-Fei, Iyer, Koch & Perona, 2007) oder deren Position und räumliche Beziehung erfasst werden können (Evans & Treisman, 2005; Tatler et al., 2003). Entsprechend reicht der *scene gist* zusammen mit einigen wenigen großflächigen Details aus, um eine Szene als neu oder wiederholt einzuordnen, wohingegen für das Erkennen von Manipulationen wesentlich detaillierte Informationen einer Szene erinnert werden müssen. Daher wurde ein Großteil der nicht erkannten manipulierten Szenen fälschlicherweise als wiederholt eingeordnet.

Trotz der guten Erkennungsrate der wiederholten Stimuli beim ersten und zweiten Experiment lag die Erkennungsrate bei wiederholten Webseiten im dritten Experiment dennoch höher. Dies resultiert daraus, dass genauso wie bei Szenen auch bei Webseiten innerhalb von wenigen Hundert Millisekunden der *gist* erfasst werden kann (Thielsch & Hirschfeld, 2012; Tuch, Presslauer & Stöcklin, 2012). Owens (2013) zeigte in seiner Studie, dass Probanden innerhalb von 200 ms erfassen konnten, ob eine Webseite in eine bestimmte Kategorie fällt (beispielsweise News, Shopping oder soziales Netzwerk). Um die visuelle Attraktivität einer Webseite zu beurteilen, reichen sogar Darbietungszeiten von 50 ms aus (Lindgaard & Fernandes, 2006; Lindgaard, Dudek & Sen, 2011). In ähnlich kurzer Zeit können Probanden die Vertrauenswürdigkeit oder die Benutzerfreundlichkeit einer Webseite einschätzen (Albert, Gribbons & Almadras, 2009; Lindgaard et al., 2011).

Dass die Erkennungsrate bei wiederholten Webseiten noch über der von wiederholten Szenen liegt, kann zusätzlich daran liegen, dass sich Webseiten trotz gleicher Kategorie in ihren physikalischen Eigenschaften deutlich unterscheiden können. Zwar bestehen Webseiten derselben Kategorie aus ähnlichen Elementen, jedoch können die Elemente zwischen den Webseiten in Form, Größe und Farbe unterschiedlich sein (Dillon & Gushrowski, 2000). Beispielsweise wird die Szene eines Parks in der Re-

gel einen hohen Anteil an grünen und blauen Flächen besitzen. Folglich werden sich Szenen von unterschiedlichen Parks in ihrer Farbgebung ähneln. Dagegen können sich Shopping-Webseiten trotz gleicher Kategorie farblich deutlich voneinander unterscheiden. Demnach kann es bei Szenen gleicher Art eher zu Verwechslungen kommen als bei Webseiten, woraus wiederum die höhere Erkennungsrate resultieren könnte.

Anhand des *scene* bzw. des *website gists* kann jedoch nicht erklärt werden, warum die Erkennungsrate bei manipulierten Webseiten wiederum schlechter war als bei manipulierten Szenen. Zum einen können diese abweichenden Ergebnisse auf dem Wissen zum Szenenschema beruhen (Henderson & Ferreira, 2004; Palmer, 1975) und zum anderen auf die unterschiedliche Struktur und Komplexität von Szenen und Webseiten zurückgeführt werden.

Dabei umfasst das Wissen zum Szenenschema einerseits Informationen darüber, aus welchen Elementen sich Szenen zusammensetzen und andererseits, wie diese Elemente miteinander in Beziehung stehen. Beispielsweise würde man bei der Szene eines Büros erwarten, dass ein Schreibtisch enthalten ist. Gleichzeitig würde man erwarten, dass eine Schreibtischlampe auf dem Schreibtisch stehen würde und nicht daneben oder darunter. Des Weiteren kann aus dem Wissen zum Szenenschema darauf geschlossen werden, welche Elemente einer Szene sich verändern könnten. Zum Beispiel wäre es nicht plausibel, wenn in der Büroszene ein Fenster, welches im Hintergrund erkennbar ist, einfach verschwinden würde, wohingegen dies bei einer auf dem Schreibtisch stehenden Tasse möglich wäre. Demnach unterstützt das Wissen zum Szenenschema das Entdecken von Manipulationen und Veränderungen in einer Szene.

Für Webseiten existiert ein ähnliches Schemawissen (Bernard, 2003; Owens, 2014; Owens, Chaparro & Palmer, 2011; Roth & Schmutz, 2010). Zum Beispiel erwarten Benutzer, dass sich Navigationselemente im linken oder oberen Bereich einer Webseite befinden, während Werbung eher im oberen oder rechten Bereich platziert ist (Bernard, 2001; Shaikh, Chaparro & Joshi, 2006).

Jedoch verlieren diese Konventionen durch die anhaltende Weiterentwicklung der Webseiten immer mehr an Bedeutung (Crowston & Williams, 2000; Santini, 2007). Beispielsweise besitzen einige Webseiten gar keine Navigationselemente mehr und Werbung ist mittlerweile an beinahe jeder Stelle einer Webseite denkbar.

Des Weiteren stehen die Elemente einer Webseite häufig in keiner semantischen Beziehung zueinander, wodurch Webseiten über viele voneinander getrennte Regionen verfügen (Oliva et al., 2004; Rayner, 1998). Diese mangelnden semantischen Relationen erschweren jedoch das Auffinden von Veränderungen und Manipulationen

(Hollingworth & Henderson, 2000).

Im Zusammenhang mit dem Auffinden von Veränderungen mag der Manipulationseffekt auf den ersten Blick Ähnlichkeiten zu dem Phänomen der Change-Blindness aufweisen. Dennoch existieren zwischen diesen beiden Effekten deutliche Unterschiede: Der wichtigste Unterschied besteht darin, dass beide Effekte auf verschiedenen Gedächtnissystemen beruhen. Während das Phänomen der auf eine Begrenzung des visuellen Arbeitsgedächtnisses zurückzuführen ist (z. B. Luck & Vogel, 1997; Sasaki, 2002), basiert der Manipulationseffekt auf dem Langzeitgedächtnis (Ryan et al., 2000). Daher werden bei dem Phänomen der Change-Blindness in der Regel Sichtunterbrechungen oder Ablenkungen verschiedenster Art genutzt, um eine Veränderung in einer Szene durchzuführen (Simons, 2000; Simons & Levin, 1998). Zum Teil werden die Szenen sogar während eines Lidschlages oder einer Sakkade verändert (Blackmore & Brelstaff, 1995; Henderson, 1997).

4.1.2 Gedächtnistest

Anhand des Gedächtnistests wurde klassifiziert, ob die Veränderungen im Blickverhalten auf das implizite oder das explizite Gedächtnis zurückzuführen sind. Daher kann auch die Art des Gedächtnistests einen Einfluss darauf gehabt haben, dass die Veränderungen im Blickverhalten in Verbindung mit expliziten Gedächtnisprozessen deutlicher waren als mit impliziten Gedächtnisprozessen.

Ein allgemeines Problem bei dem Vergleich von impliziten und expliziten Gedächtnisleistungen ist, dass beide Gedächtnissysteme parallel operieren (siehe dazu Kapitel 2.1.2). Da keines der beiden Systeme „abgeschaltet“ werden kann, bedeutet das, dass explizite Gedächtnistests durch implizite Gedächtnisprozesse beeinflusst werden können und andersherum sich explizite Gedächtnisprozesse auf die Ergebnisse impliziter Gedächtnistests auswirken können (Roediger & McDermott, 1993). Um diese unerwünschte Verzerrung zu minimieren, können beide Arten von Gedächtnistests in einem Experiment durchgeführt werden. Insbesondere bei Experimenten, die zur Prüfung der Hypothese auf implizite Gedächtnistests angewiesen sind, wird dieses Vorgehen verwendet, wobei zunächst der implizite und danach der explizite Test erfolgt. In solchen Fällen wird die Möglichkeit, dass ein impliziter Zugang zu dem Wissen auch im anschließenden expliziten Test genutzt wird, in Kauf genommen, da der minimierte Einfluss des expliziten Gedächtnisses auf die implizite Abfrage von übergeordneter Bedeutung ist.

Diese Problematik betrifft nicht nur den Gedächtnistest, sondern auch den ersten

und den zweiten Block bei der Darbietung der Stimuli während der Experimente. Beide Blöcke dienten als Lernphase, um die Probanden mit den Stimuli vertraut zu machen. Trotz des Wegfalls des Hinweises auf den anschließenden Gedächtnistests kann die Höhe der verwendeten Darbietungszeiten die Wahrscheinlichkeit einer expliziten Verarbeitung erhöhen (Henson, 2003). Dies kann entsprechend den Einfluss des impliziten Gedächtnisses auf das Blickverhalten unterbinden.

Da die Methode in der vorliegenden Arbeit an die Studien von Ryan et al. (2000) bzw. Smith et al. (2006) angelehnt war, wurde die Verzerrung durch den expliziten Gedächtnistest und die lange Darbietungszeit in der Lernphase hingenommen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit den anderen beiden Studien zu ermöglichen. Gleichzeitig bedeutet dies, dass unter Umständen bei den explizit erkannten Stimuli dennoch implizite Gedächtnisprozesse an den Veränderungen im Blickverhalten beteiligt waren.

4.2 Blickbewegungsdaten

4.2.1 Auswertung der Blickbewegungsdaten

Bereits in Kapitel 3.1.3 wurden verschiedene Ansätze zur Auswertung der Blickbewegungsdaten diskutiert. Während in einigen der vorherigen Studien die Anzahl der Regionen sowie die ROI anhand eines Rasters bestimmt wurden (Smith et al., 2006; Smith & Squire, 2008), ermittelten andere Autoren in ihren Studien die Anzahl der Regionen über eine vorher definierte Sakkadenlänge und die Position der ROI über die Koordinaten der Veränderung (Althoff & Cohen, 1999; Ryan, 2004; Ryan & Cohen, 2004; Ryan et al., 2000).

Aufgrund dieser unterschiedlichen Ansätze wurden die Blickbewegungsdaten in den ersten beiden Experimenten der vorliegenden Arbeit auf beide Arten ausgewertet. In dem dritten Experiment wurde auf dieses Vorgehen verzichtet. Zum einen, weil der Ansatz des Rasters die Erstellung der Stimuli stark verkompliziert hätte und zum anderen, weil auf Basis der vorherigen Ergebnisse der ersten beiden Experimente die Auswertung anhand beider Ansätze als unnötig erachtet wurde.

Bei der Analyse der Anzahl der betrachteten Regionen zeigte sich in dem ersten und dem zweiten Experiment, dass beide Ansätze ähnliche Ergebnisse hervorbrachten. Lediglich die Mittelwerte der Anzahl der betrachteten Regionen wichen zwischen beiden Auswertungsarten deutlich voneinander ab. Wurden die Regionen über das Raster ermittelt, war die durchschnittliche Anzahl an betrachteten Regionen im Ver-

gleich zum Ansatz der Sakkadenlänge deutlich kleiner. Jedoch traf das sowohl auf wiederholte als auch auf neue Szenen zu, wodurch das Verhältnis bei der Anzahl der betrachteten Regionen zwischen wiederholten und neuen Szenen bei beiden Auswertungsansätzen annähernd gleich war.

Obwohl beide Analysearten ähnliche Ergebnisse erzielen, hat die Auswertung anhand der Sakkadenlänge einen entscheidenden Vorteil. Bei diesem Ansatz werden sowohl individuelle Unterschiede im Blickverhalten als auch verschiedene Eigenschaften der Stimuli, wie beispielsweise Größe oder Position einzelner Objekte berücksichtigt. Daher besteht die Gefahr, dass die Anzahl der betrachteten Regionen in Abhängigkeit der Rastergröße zu hoch oder zu niedrig bestimmt wird (Hannula et al., 2010).

Angenommen es befinden sich zwei unterschiedliche Objekte in einem Sektor eines Rasters, dann wird nur eine Region als betrachtet gewertet, obwohl beide Objekte unabhängig voneinander fixiert wurden und im Grunde eine eigene Region bilden.

Im Gegensatz zum Wiederholungseffekt führten die unterschiedlichen Auswertungsansätze im ersten Experiment teilweise zu widersprüchlichen Ergebnissen. Wurde die ROI über die Koordinaten bestimmt, gab es in der Free-Viewing-Gruppe sowohl bei implizit als auch explizit erkannten Szenen einen signifikanten Unterschied zwischen wiederholten und manipulierten Szenen bei der Anzahl der Übergänge in bzw. aus der ROI. Im Gegensatz dazu konnte in dem gleichen Fall keine Veränderung im Blickverhalten durch die Auswertung anhand des Rasters nachgewiesen werden. Demnach lagen die Fixationen innerhalb und außerhalb der ROI räumlich nah beieinander, da bei der unpräziseren Rasterauswertung keine Unterschiede feststellbar waren. Jedoch spielt die Beziehung zwischen dem Objekt in der ROI und den näheren Objekten außerhalb der ROI für das Erkennen von Manipulationen eine wichtige Rolle (Brockmole, Castelhana & Henderson, 2006; Brockmole & Henderson, 2008).

Ebenso veränderten sich in der Free-Viewing-Gruppe bei implizit erkannten Szenen die Ergebnisse bezüglich des Anteils und der Dauer der Fixationen in der ROI. Bei der Auswertung der Daten über die Koordinaten zeigten sich signifikante Unterschiede bei der Dauer der Fixationen in der ROI, wohingegen der Anteil an Fixationen in der ROI annähernd unverändert blieb. Dagegen waren die Ergebnisse bei einer rasterbasierten Analyse genau umgekehrt: Der Anteil an Fixationen innerhalb der ROI wies einen signifikanten Unterschied auf, während dies bei der Fixationsdauer nicht der Fall war.

Zusammenfassend kann aus diesen Beobachtungen geschlossen werden, dass die Auswertung über die Koordinaten und die Sakkadenlänge einer rasterbasierten Ana-

lyse aufgrund der höheren Präzision vorzuziehen ist. Ein hohes Maß an Genauigkeit bei der Auswertung ist insbesondere dann wichtig, wenn der Einfluss des impliziten Gedächtnisses untersucht wird. Beispielsweise lassen sich Effekte bei Forced-Choice- oder Object-Decision-Aufgaben oft nur im Bereich von wenigen Hundertmillisekunden nachweisen (M. R. Greene & Oliva, 2009; Horner & Henson, 2008, 2012; Kühnel, Dal Mas, Reichelt & Markowitsch, 2013).

4.2.2 Blickbewegungsarten beim Wiederholungs- und Manipulationseffekt

In der vorliegenden Arbeit wurden der Wiederholungs- und der Manipulationseffekt sowie Unterschiede zwischen implizit und explizit erkannten Stimuli anhand von Veränderungen im Blickbewegungsverhalten nachgewiesen. Zu diesem Zweck wurden die Fixationen und Sakkaden mit Hilfe eines Eye-Tracking-Systems aufgezeichnet und ausgewertet. Dabei erfolgte die Auswertung über verschiedene Positions- und Bewegungsmaße, wie beispielsweise die Anzahl der Fixationen oder die Amplitude der Sakkaden. Allerdings waren die Ergebnisse der Analysen bei den einzelnen Maßen und den Experimenten teilweise unterschiedlich stark ausgeprägt und wichen in einigen Fällen sogar voneinander ab. Daher werden im Folgenden diese Unterschiede in den Maßen der Blickbewegungsarten diskutiert.

Die Positionsmaße zur Auswertung des Wiederholungseffektes waren die Anzahl der Fixationen, die durchschnittliche Dauer der Fixationen und die Anzahl der betrachteten Regionen. Bei den Bewegungsmaßen wurden die durchschnittliche Dauer, die maximale Beschleunigung und die Amplitude der Sakkaden ausgewertet (zur detaillierten Beschreibung siehe Kapitel 3.1.3).

Über alle drei Experimente lieferten die Maße der Fixationen im Vergleich zu denen der Sakkaden die robusteren Veränderungen im Blickbewegungsverhalten, wobei die Veränderungen am robustesten bei der Anzahl an Fixationen waren. Wie erwartet wurde, war sowohl bei Webseiten als auch Szenen und unabhängig von implizit oder explizit erkannten Szenen die Anzahl an Fixationen bei wiederholten im Vergleich zu neuen Stimuli deutlich geringer. Die Abnahme der Fixationen resultiert daraus, dass beim erstmaligen Betrachten der Stimuli diese encodiert und eine entsprechende Repräsentation der Form und Position der enthaltenen Objekte erstellt wird. Bei einer wiederholten Präsentation des gleichen Stimulus werden dann weniger Fixationen benötigt, um Objekte wiederzuerkennen und zu lokalisieren (Tatler, Gilchrist & Land,

2005).

Des Weiteren führen weniger, aber dafür zeitlich längere Fixationen dazu, dass um den Fixationsmittelpunkt herum mehr Informationen aufgenommen werden. Wiederum bedeutet dies eine effizientere Verarbeitung der gesehenen Stimuli (Reingold, Charness, Pomplun & Stampe, 2001; Savelsbergh & Williams, 2002; Reingold & Charness, 2005).

Im Gegensatz dazu war jedoch die Veränderung hinsichtlich der durchschnittlichen Dauer der Fixationen bei wiederholten Stimuli nicht immer länger als bei neuen Stimuli. In der Free-Viewing-Gruppe im ersten Experiment und bei den implizit erkannten Szenen im zweiten Experiment unterschied sich die durchschnittliche Fixationsdauer zwischen neuen und wiederholten Szenen nicht. Auf den ersten Blick mag eine Abweichung zwischen der Anzahl der Fixationen und der durchschnittlichen Dauer der Fixationen bei einer festen Darbietungszeit merkwürdig erscheinen. Zwar korrelieren beide Maße miteinander, jedoch sind sie nicht identisch (Holmqvist et al., 2011). Beispielsweise können eine erhöhte Anzahl an Lidschlägen oder längere Amplituden der Sakkaden dafür verantwortlich sein, dass die durchschnittliche Fixationsdauer konstant bleibt, obwohl die Anzahl an Fixationen abnimmt. Primär haben jedoch die Tiefe der Verarbeitung (Holmqvist et al., 2011), die semantische Konsistenz (Henderson et al., 1999) und die Komplexität (Ehmke & Wilson, 2007) eines Stimulus Auswirkungen auf die Dauer der Fixationen.

In der vorliegenden Arbeit können die Abweichungen in der durchschnittlichen Dauer der Fixationen allerdings nicht auf diese Faktoren zurückgeführt werden, da in den anderen Bedingungen (z.B. Task-Gruppe) innerhalb der Experimente die gleichen Szenen verwendet wurden. Bei einer genaueren Betrachtung der Fixationszeiten in den beiden Fällen zeigt sich, dass die Dauer der Fixationen im Mittelwert zwischen neuen und wiederholten Szenen zwar zunahm, allerdings aufgrund einer hohen Standardabweichung kein signifikantes Niveau erreichte. In dem zweiten Experiment kann dieser Umstand auf die möglicherweise fehlerhafte Kategorisierung in dem Gedächtnis test zurückgeführt werden. Demnach haben die Probanden die Szenen nicht implizit, sondern überhaupt nicht erkannt, wodurch die Blickbewegungen eher dem Verhalten beim Betrachten von neuen Szenen entsprachen (siehe Diskussion in Kapitel 4.1.2).

Gleichzeitig würde dies erklären, warum die Anzahl an betrachteten Regionen in allen Experimenten bei wiederholten Stimuli im Vergleich zu neuen Stimuli abnahm – außer im zweiten Experiment bei den implizit erkannten wiederholten Szenen.

Dass weniger Regionen bei wiederholt gezeigten Stimuli betrachtet werden, resultiert zum einen aus einer insgesamt niedrigeren Anzahl an Fixationen. Zum anderen

werden, nachdem ein Überblick über einen Stimulus besteht, semantisch bedeutungsvolle Regionen verstärkt fixiert (Velichkovsky, 2002; Yarbus, 1967).

Im Gegensatz zu den Positionsmaßen lieferte die Analyse der Bewegungsmaße deutlich unstetere Ergebnisse. Nur im dritten Experiment traten die erwarteten Veränderungen im Blickverhalten auf. Die Dauer, Beschleunigung und Amplitude der Sakkaden nahmen bei wiederholten Webseiten im Vergleich zu neuen Webseiten ab. Jedoch waren die Ergebnisse der Bewegungsmaße im ersten und zweiten Experiment unerwartet und teilweise widersprüchlich. Obwohl Dauer, Beschleunigung und Amplitude einer Sakkade stark miteinander korrelieren (Carpenter, 1988), wichen diese Maße innerhalb der einzelnen Gruppen in den ersten beiden Experimenten voneinander ab. Im ersten Experiment waren die Beschleunigung und die Amplitude der Sakkaden bei neuen Szenen größer als bei wiederholten Szenen, während die Dauer nahezu unverändert blieb. Dagegen nahm die Dauer der Sakkaden im zweiten Experiment bei wiederholten im Vergleich zu neuen Szenen ab, wobei keine Unterschiede bei der Beschleunigung und der Amplitude auftraten. Zudem existierten keine Unterschiede zwischen den Bedingungen. Das bedeutet, dass dieses Blickbewegungsverhalten sowohl in der Task- und der Free-Viewing-Gruppe im ersten Experiment als auch bei implizit und explizit erkannten wiederholten Szenen im zweiten Experiment verzeichnet wurde.

Eine mögliche Erklärung für diese Abweichungen besteht in der Schwierigkeit, die Sakkadendauer zu errechnen. Der Startzeitpunkt einer Sakkade ist zwar leicht zu bestimmen, jedoch kann der Endzeitpunkt leicht verzerrt werden. Zum einen kann die Dauer einer Sakkade durch einen anschließenden Lidschlag um bis zu 30 Prozent verlängert werden (Rambold, Sprenger & Helmchen, 2002; Rottach, Das, Wohlgemuth, Zivotofsky & Leigh, 1998). Zum anderen kann die Dauer einer Sakkade aufgrund von Glissaden um bis 50 Prozent in beide Richtungen variieren (Nyström & Holmqvist, 2010). Insbesondere Glissaden sind bei der Auswertung von Blickbewegungen ein Problem, da deren Funktion (Kapoula, Robinson & Hain, 1986) und Zugehörigkeit bisher weitestgehend ungeklärt sind. Beispielsweise sehen Nyström und Holmqvist (2010) Glissaden als Anschlussbewegung an Sakkaden an, wobei deren Amplituden nicht korrelieren. Wiederum werden Glissaden aber auch den Fixationen zugeordnet (Inhoff & Radach, 1998), wodurch die Fixationsdauer beeinflusst wird. Daher werden je nach Detektionsalgorithmus Glissaden entweder den Fixationen oder Sakkaden zugeordnet. Folglich sind Zeitmaße immer mit einer gewissen Vorsicht zu bewerten, wobei die Fixationsdauer im Vergleich zur Sakkadendauer aufgrund der längeren Zeitspanne weniger anfällig gegenüber eventuellen Verzerrungen durch die Glissaden ist.

Abgesehen von der Zeitproblematik existierten jedoch in dem zweiten Experiment auch hinsichtlich der Amplitude der Sakkaden keine Unterschiede zwischen neuen und wiederholten Szenen und zwar unabhängig davon, ob sie implizit oder explizit erkannt wurden. Dieses unerwartete Ergebnis kann auf die heterogene Zusammensetzung der Szenen zurückgeführt werden. Im Gegensatz zum ersten Experiment bestanden die Szenen im zweiten Experiment sowohl aus Nah- als auch aus Panoramaaufnahmen. Da beim Betrachten von Nahaufnahmen die Sakkadenamplitude deutlich kleiner ist als bei Panoramaaufnahmen, könnte eine ungünstige Zusammensetzung der Szenen in den einzelnen Testblöcken zu einer Verzerrung des Ergebnisses geführt haben (Henderson, Larson & Zhu, 2008).

Obwohl zusammenfassend Bewegungsmaße in der Detektion und Berechnung anfälliger für Fehler sind als Positionsmaße, können aus ihnen dennoch wichtige Schlüsse gezogen werden. Beispielsweise nimmt die Sakkadenamplitude bei ansteigender kognitiver Belastung (Recarte & Nunes, 2003) oder mit steigender Komplexität der Stimuli (Zelinsky & Sheinberg, 1997) ab.

In Bezug auf den Manipulationseffekt wichen ebenfalls die Veränderungen im Blickverhalten teilweise von den formulierten Hypothesen ab. An keinem der Blickbewegungsmaße konnten über alle drei Experimente hinweg Veränderungen zwischen wiederholten und manipulierten Stimuli nachgewiesen werden. Dennoch existieren gewisse Muster im Blickverhalten zwischen den einzelnen Experimenten sowie den implizit und explizit erkannten Stimuli.

Zunächst ist das Blickbewegungsverhalten von vielen Übergängen in bzw. aus der ROI geprägt. Dies beruht vermutlich darauf, dass die Probanden die Beziehungen zwischen der Umgebung und der manipulierten Region genauer betrachteten, um sich der Manipulation zu vergewissern (Mello-Thoms, 2006; Mello-Thoms et al., 2005; Ryan et al., 2000). Daraus können ebenso die unerwartet kurzen Fixationszeiten resultieren. Ehmke und Wilson (2007) haben in ihrer Arbeit ein Phänomen beschrieben, bei dem die Probanden vermehrt zeitlich kurze Fixationen machten, wenn sie bestimmte Details erwartet hatten, aber diese nicht finden konnten. Zudem wurde dieses Muster durch einen vermehrten Anteil an Fixationen in der ROI gestützt.

Dennoch gab es im Blickverhalten Abweichungen von dem beschriebenen Muster. In der Task-Gruppe im ersten Experiment gab es keinen Unterschied in der Anzahl der Übergänge in bzw. aus der ROI zwischen wiederholten und explizit erkannten Szenen. Dafür erfolgte jedoch die erste Fixation in die ROI bei den explizit erkannten Szenen deutlich früher. Diese Veränderungen im Blickverhalten bei der Task-Gruppe

resultieren wahrscheinlich aus der Instruktion, sich die Szenen für einen späteren Gedächtnistest aufmerksam anzusehen (Yarbus, 1967). Ebenso ist auf die Instruktion zurückzuführen, dass bei implizit erkannten Szenen im Blickverhalten überhaupt keine Unterschiede zu wiederholten Szenen beobachtbar waren (siehe dazu die Diskussion in Kapitel 3.2.5).

In der Free-Viewing-Gruppe im ersten Experiment und in dem dritten Experiment erfolgte allerdings kein Hinweis auf einen anschließenden Gedächtnistest, wodurch das oben beschriebene Muster auch bei implizit erkannten Stimuli beobachtbar war. Dennoch fiel das Muster weniger deutlich aus. Beispielsweise war die Anzahl an Übergängen in bzw. aus der ROI bei implizit erkannten Stimuli geringer als bei explizit erkannten Stimuli – aber immer noch höher als bei wiederholten Stimuli. Eine mögliche Erklärung geben die Ergebnisse der Studie von Hannula und Ranganath (2009), in der funktionale Magnetresonanztomographie (fMRT) mit der Aufzeichnung von Blickbewegungsdaten kombiniert wurde.

In ihrer Studie präsentierten Hannula und Ranganath (2009) den Probanden zunächst Szenen unterschiedlicher Landschaften, die jeweils ein Foto eines Gesichtes enthielten. Die Probanden sollten dabei bewerten, wie gut das jeweilige Gesicht zur der Landschaft passt. Später wurden den Probanden zunächst nur die Szenen gezeigt und nach einer Sekunde mit drei verschiedenen Gesichtern überdeckt. Alle drei Gesichter waren den Probanden bereits bekannt, jedoch wurde nur eines der Gesichter zuvor mit der entsprechenden Landschaftsszene dargeboten. Demnach dienten die Szenen als Hinweisreize für das Gesicht, welches zuvor mit der jeweiligen Szene präsentiert wurde. Im Anschluss sollten die Probanden angeben, welches der drei Gesichter zuvor mit der entsprechenden Szene gezeigt wurde.

Die Auswertung der fMRT-Daten erfolgte nach richtig und falsch zugeordneten Gesichtern. Bei richtig erkannten Gesichtern war sowohl bei den Hinweisreizen (die Landschaftsszenen) als auch bei den Gesichtern eine Aktivität im Hippocampus zu verzeichnen. Des Weiteren stieg beim Betrachten der Hinweisreize das *blood oxygenation level dependent* (BOLD)-Signal in der rechten parahippocampalen Region und dem linken präfrontalen Cortex an.

Im Gegensatz dazu war bei falsch erkannten Gesichtern der Hippocampus nur bei der Darbietung der Gesichter aktiv, während bei der Präsentation der Hinweisreize das BOLD-Signal deutlich schwächer war als bei den Hinweisreizen der richtig erkannten Gesichter. Ebenso war die Aktivität in der rechten parahippocampalen Region und dem linken präfrontalen Cortex sehr gering.

Daher scheint der Hippocampus wichtig für den Abruf von Beziehungsverhältnis-

sen zwischen Objekten zu sein, während parahippocampale Regionen und der präfrontale Cortex benötigt werden, um diese Verbindungen explizit zu registrieren und eine richtige Antwort auf Verhaltensebene zu generieren (Dobbins & Han, 2006; Hannula et al., 2007; Hannula & Ranganath, 2009; Fletcher & Henson, 2001).

Dabei ist insbesondere die Beteiligung des präfrontalen Cortexes an dem expliziten Erkennen von Beziehungsverhältnissen von Interesse, da über diese Gehirnregion auch die Steuerung der gedächtnisbasierten Sakkaden erfolgt (Gaymard, Ploner & Rivaud, 1998; Matsuda, Matsuura & Ohkubo, 2004; Pierrot-Deseilligny & Rivaud, 1991; siehe dazu auch Kapitel 2.2.1). Da bei explizit erkannten Stimuli die Manipulation nicht nur auf Blickbewegungsebene, sondern auch auf Verhaltensebene im Gedächtnistest erkannt wurde, lässt dies auf eine erhöhte Aktivität im präfrontalen Cortex schließen. Entsprechend können die ausgeprägteren Veränderungen im Blickverhalten bei explizit erkannten manipulierten Stimuli im Vergleich zu implizit erkannten Stimuli im ersten und dritten Experiment dieser Arbeit durch die verstärkte Aktivität im präfrontalen Cortex erklärt werden.

Trotz dieser Erklärung werfen die Ergebnisse von Hannula und Ranganath (2009) die Frage auf, inwiefern beim Manipulationseffekt überhaupt implizite Gedächtnisprozesse involviert sein können. Wenn die Veränderungen im Blickverhalten tatsächlich durch die Beziehungen zwischen der veränderten Region und den umliegenden Regionen hervorgerufen werden, ist es wahrscheinlich, dass ebenso der Hippocampus involviert ist. Allerdings werden hippocampale Aktivitäten in der Regel mit expliziten Gedächtnisprozessen in Verbindung gebracht (Schacter & Buckner, 1998; Squire, 1992; Tulving & Schacter, 1990). Demzufolge würden die Veränderungen im Blickverhalten beim impliziten Erkennen der Manipulation nicht auf impliziten, sondern auf expliziten Gedächtnisprozessen basieren, wobei jedoch kein expliziter Zugang zu dem Wissen um die erkannte Manipulation auf Verhaltensebene existiert. Diese Schlussfolgerung bietet eine Erklärung für die Ergebnisse der Studie von Ryan et al. (2000), in der bei Amnesie-Patienten zwar ein Wiederholungs- aber kein Manipulationseffekt im Blickverhalten nachgewiesen wurde (siehe Kapitel 3.2.1).

Zusammenfassend beruht demnach die deutlichere Veränderung im Blickverhalten bei explizit erkannten Stimuli im Vergleich zu implizit erkannten Stimuli zum einen auf dem expliziten Charakter des Gedächtnistests und zum anderen auf einer erhöhten Aktivität im präfrontalen Cortex.

5 Fazit

In der vorliegenden Arbeit wurde der Frage nachgegangen, ob Blickbewegungen durch implizite oder explizite Gedächtnisprozesse beeinflusst werden. Im Gegensatz zu bisherigen Forschungsergebnissen wurde auf Ebene des Blick- und des Antwortverhaltens gezeigt, dass sich beide Gedächtnissysteme auf die Veränderungen der Blickbewegungen auswirken können. Erklärt wurde dieses abweichende Ergebnis durch methodische Anpassungen, wie dem Auslassen eines Hinweises auf einen nachfolgenden Gedächtnistest bei der Instruktion. Dadurch wurden explizite Einflüsse minimiert, weshalb wiederum implizite Gedächtnisprozesse nicht unterbunden wurden.

Somit trägt die vorliegende Arbeit neue Erkenntnisse zu der Diskussion um die Bedeutung des impliziten und expliziten Gedächtnissystems für das Blickbewegungsverhalten bei. Darüber hinaus leistet die vorliegende Arbeit einen Beitrag zu der Diskussion, ob Blickbewegungen primär reiz- oder gedächtnisbasiert sind, wobei die Ergebnisse die Position eines top-down gesteuerten Blickverhaltens stützen.

Folglich sind die Ergebnisse dieser Arbeit für verschiedene Bereiche von Bedeutung, in denen bisher ein primär bottom-up beeinflusstes Blickbewegungsverhalten angenommen wird. Beispielsweise werden bei computergestützten Modellen zur Vorhersage des Blickverhaltens in der Informatik nur die physikalischen Eigenschaften einer Szene einbezogen. Wie die Ergebnisse dieser und anderer Arbeiten zeigen, greifen solche Modelle allerdings zu kurz. Zum Beispiel kann beim Betrachten einer Szene eine Region mit einem gleichmäßigen Hintergrund dennoch eine hohe Salienz aufweisen, weil sich zuvor in derselben Region ein Objekt befunden hat.

In der vorliegenden Arbeit wurde zwar bewiesen, dass sich sowohl implizite als auch explizite Gedächtnisprozesse auf das Blickverhalten auswirken, jedoch geschah dies nur auf Blickbewegungs- und Verhaltensebene. Daraus folgt die Frage, ob die Blickbewegungsveränderungen beim Wiederholungs- und Manipulationseffekt auch auf neuronaler Ebene durch unterschiedliche Gedächtnisprozesse beeinflusst werden.

Des Weiteren wurde in der Diskussion die Frage aufgeworfen, warum die Veränderungen im Blickverhalten beim expliziten Gedächtnis ausgeprägter sind als beim impliziten Gedächtnis. Um die offenen Fragen zu beantworten, wären daher folgende

Anpassungen bzw. Erweiterungen für Folgestudien denkbar:

Zunächst wäre es sinnvoll, die Verzerrung durch explizite Einflüsse weiterhin zu minimieren, um zu prüfen, ob der Einfluss des impliziten Gedächtnissystems nicht stärker ausfällt. Wie bereits in Kapitel 4.1 angemerkt, bietet sich dazu eine weitere Überarbeitung der Methode im Hinblick auf die Lernphase und den Gedächtnistest an.

In Bezug auf die Überarbeitung des Gedächtnistests muss dabei berücksichtigt werden, dass zwischen wiederholten und manipulierten Stimuli unterschieden werden muss. Beispielsweise bietet sich bei wiederholten Stimuli zunächst ein impliziter Gedächtnistest an, der auf dem Mere-Exposure-Effekt basiert. Dem Effekt nach würden aufgrund der bloßen vorherigen Präsentation der Stimuli, die Probanden die wiederholten Stimuli bevorzugt und schneller gegenüber den Kontrollstimuli wählen (Bornstein & D'Agostino, 1994; Zajonc, 1968).

In einem zweiten Schritt folgt ein expliziter Gedächtnistest, wie er auch bereits in dieser Arbeit verwendet wurde. Die Stimuli, die in dem impliziten Gedächtnistest zwar ausgewählt, aber im expliziten Gedächtnistest nicht als wiederholte Stimuli erkannt wurden, gelten demnach als implizit erkannte Stimuli. Wiederum sind explizit erkannte Stimuli diejenigen, die im expliziten Gedächtnistest richtig als wiederholte Stimuli erkannt wurden – unabhängig davon, wie das Ergebnis im impliziten Gedächtnistest war. Alle restlichen Stimuli werden als gar nicht erkannte Stimuli gewertet.

Bei manipulierten Stimuli ist ein impliziter Gedächtnistest schwer zu realisieren. Wenn zum Beispiel ebenfalls ein Gedächtnistest auf Basis des Mere-Exposure-Effektes genutzt wird, dienen die manipulierten Stimuli als Ziel- und andere vergleichbare Stimuli als Kontrollreize. Jedoch kann bei einer bevorzugten Wahl der Zielreize nicht darauf geschlossen werden, dass diese Wahl auf der erkannten Manipulation beruht. Schließlich haben die Probanden vor dem Test sowohl die manipulierten als auch die originalen Versionen der Stimuli gesehen. Das bedeutet, dass für beide Versionen ein Gefühl der Vertrautheit und somit eine bevorzugte Auswahl existieren kann.

Um dieses Problem zu lösen, wäre eine Möglichkeit, die manipulierte Version eines Stimulus gegen eine weitere Version des Stimulus zu testen, die in der ROI eine andere Manipulation hat. Zum Beispiel gäbe es von einer Parkszenen drei Versionen: Zum einen die originale Version, in der die ROI nur den Hintergrund enthält und zum anderen zwei manipulierte Versionen, wobei die erste manipulierte Version in der ROI einen Mann mit Hund und in der zweiten Version eine Frau mit Kinderwagen zeigt. Die originale und die manipulierte Szene mit Mann und Hund werden dann im Experiment gezeigt (in Block 1 bis 3). Im Gedächtnistest werden dann die beiden manipulierten

Versionen gezeigt. Da beide Versionen abgesehen von der Manipulation bekannt sind, wäre die Erwartung dem Mere-Exposure-Effekt zufolge, dass die Szene mit dem Hund und dem Mann gegenüber der Szene mit Frau und Kinderwagen bevorzugt gewählt wird.

Um den Einfluss des expliziten Gedächtnisses in der Lernphase zu minimieren, existieren verschiedene Ansätze, die zum gleichen Zweck in Priming-Experimenten eingesetzt werden (zur detaillierten Übersicht siehe Henson (2003)). Ziel bei diesen Ansätzen ist es, dass das Lernen der Stimuli durch bestimmte Aufgaben verschleiert wird. Für Szenen und Webseiten bietet sich beispielsweise eine Kategorisierungsaufgabe an. Nach der Darbietung des Stimulus müssen die Probanden die Kategorie bestimmen; zum Beispiel, ob es sich bei einer Szene um eine urbane Szene oder eine Naturszene handelt. Damit der explizite Einfluss weiter minimiert wird, beträgt die Darbietungszeit bei solchen Aufgaben nur wenige Hundertmillisekunden oder liegt sogar unterhalb der Wahrnehmungsschwelle. Damit die Verarbeitung der Stimuli ermöglicht wird, werden die Stimuli jedoch mehrfach wiederholt.

Sollten die Ergebnisse entsprechend den Erwartungen ausfallen, wäre in einem weiteren Schritt ebenfalls eine kombinierte fMRT- und Eye-Tracking-Studie denkbar. Als Grundlage könnte das erste Experiment mit den zuvor erwähnten Anpassungen in der Methode dienen. Im Fokus der Studie würde folglich das Zusammenspiel zwischen den Veränderungen im Blickverhalten bei implizit und explizit erkannten manipulierten Szenen und den Gehirnaktivitäten stehen. Dabei ist die Erwartung, dass anhand einer erhöhten Aktivität im präfrontalen Cortex beim Betrachten der manipulierten Szenen im dritten Block vorhergesagt werden kann, ob die Probanden diese Szenen im anschließenden Gedächtnistest explizit erkennen werden.

Zudem könnte geklärt werden, inwiefern der Hippocampus bei implizit erkannten Szenen aktiviert wird.

Literaturverzeichnis

- Adams, A. M. & Gathercole, S. E. (2000). Limitations in working memory: implications for language development. *International Journal of Language & Communication Disorders / Royal College of Speech & Language Therapists*, 35 (1), 95–116.
- Albert, W., Gribbons, W. & Almadras, J. (2009). Pre-conscious assessment of trust: a case study of financial and health care web sites. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 53 (6).
- Althoff, R. R. & Cohen, N. J. (1999). Eye-movement-based memory effect: A reprocessing effect in face perception. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25, 1–14.
- Althoff, R. R., Cohen, N. J., McConkie, G., Wassermann, S., Maciuskenas, M., Azen, R. & Romine, L. (1998). Eye-movement based memory assessment. In W. Becker, H. Deubel & T. Mergner (Hrsg.), *Current Oculomotor Research: Physiological and Psychological Aspects* (S. 293–302). New York: Kluwer Academic & Plenum Press.
- Antes, J. R. & Penland, J. G. (1981). Picture context effects on eye movement patterns. In D. F. Fisher, R. A. Monty & J. W. Senders (Hrsg.), *Eye movements: Cognition and visual perception* (S. 157–192). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1967). Human memory: a proposed system and its control processes. In *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. New York, NY: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1987). *Working Memory. Psychology Series: No. 11*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556–559.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49 (1), 5–28.
- Baddeley, A. D. (1998). *Human Memory: Theory and Practice*. MA: Allyn and Bacon.

- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (11), 417–423.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4 (10), 829–39.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. In *Recent advances in learning and motivation*. N.Y.: Academic Press.
- Baddeley, A. D., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word Length and the Structure of Short-Term Memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14 (6), 575–589.
- Barbato, G., Ficca, G. & Muscettola, G. (2000). Diurnal variation in spontaneous eye-blink rate. *Psychiatry Research*, 93 (2), 145–151.
- Benway, J. P. (1998). Banner blindness: The irony of attention grabbing on the World Wide Web. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 42 (5), 463–467.
- Bernard, M. L. (2001). Developing schemas for the location of common web objects. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 45 (15), 1161–1165.
- Bernard, M. L. (2003). Examining user expectations for the location of common e-commerce web objects. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 47 (11), 1356–1360.
- Biederman, I. (1972). Perceiving real-world scenes. *Science*, 177, 77–80.
- Biederman, I. (1981). On the semantics of a glance at a scene. In M. Kubovy & J. R. Pomerantz (Hrsg.), *Perceptual organization* (S. 213–253). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bjork, R. A. & Whitten, W. B. (1974). Recency-Sensitive Retrieval Processes in Long-Term Free Recall. *Cognitive Psychology*, 6, 173–189.
- Blackmore, S. J. & Brelstaff, G. (1995). Is the richness of our visual world an illusion? Transsaccadic memory for complex scenes. *Perception*, 24 (9), 1075–1081.
- Bornstein, R. F. & D'Agostino, P. R. (1994). The attribution and discounting of perceptual fluency: Preliminary tests of a perceptual fluency/attributional model of the mere exposure effect. *Social Cognition*, 12 (2), 103–128.
- Brand, M. & Markowitsch, H. J. (2003). The principle of bottleneck structures. In *Principles of Learning and Memory*. Basel: Birkhäuser.
- Brockmole, J. R., Castelano, M. S. & Henderson, J. M. (2006). Contextual cuing in naturalistic scenes: Global and local contexts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 32 (4), 699–706.

- Brockmole, J. R. & Henderson, J. M. (2008). Prioritizing new objects for eye fixation in real-world scenes: Effects of object–scene consistency. *Visual Cognition*, 16 (2-3), 375–390.
- Brown, G. D. A., Neath, I. & Chater, N. (2007). A ratio model of scale-invariant memory and identification. *Psychological Review*, 114, 539–576.
- Buckner, R. L., Wheeler, M. E. & Sheridan, M. A. (2001, April). Encoding processes during retrieval tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13 (3), 406–15.
- Buscher, G., Cutrell, E. & Morris, M. R. (2009). What do you see when you're surfing? Using eye tracking to predict salient regions of web pages. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 21–30.
- Buswell, G. T. (1935). *How People Look at Pictures*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Carpenter, R. H. S. (1988). *Movements of the Eyes* (2. Aufl.). London: Pion.
- Castelhano, M. S. & Henderson, J. M. (2007). Initial scene representations facilitate eye movement guidance in visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33 (4), 753–763.
- Chase, W. G. & Ericsson, K. A. (1982). Skill and working memory. In H. G. Bower (Hrsg.), *The Psychology of Learning & Motivation* (S. 2–60). New York, NY: Academic Press.
- Chen, X. & Zelinsky, G. J. (2006). Real-world visual search is dominated by top-down guidance. *Vision Research*, 46 (24), 4118–4133.
- Chioran, G. M. & Yee, R. D. (1991). Analysis of electro-oculographic artifact during vertical saccadic eye movements. *Clinical and Experimental Ophthalmology*, 237–241.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Aufl.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Connors, F. A., Atwell, J. A., Rosenquist, C. J. & Sligh, A. C. (2001). Abilities underlying decoding differences in children with intellectual disability. *Journal of intellectual disability research*, 45 (4), 292–9.
- Connors, F. A., Rosenquist, C. J. & Sligh, A. C. (2006). Phonological reading skills acquisition by children with mental retardation. *Research in Developmental Disabilities*, 27, 121–137.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *The Behavioral and Brain Sciences*, 24 (1), 87–114.
- Craik, F. I. M. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11 (6),

671–684.

- Craik, F. I. M. & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *104* (3), 268–294.
- Crowston, K. & Williams, M. (2000). Reproduced and emergent genres of communication on the World Wide Web. *The Information Society*, *16* (3), 201–215.
- De Graef, P. (1992). Scene-context effects and models of real-world perception. In K. Rayner (Hrsg.), *Eye movements and visual cognition* (S. 243–259). New York, NY: Springer-Verlag.
- De Graef, P., Christiaens, D. & D'Ydewalle, G. (1990). Perceptual effects of scene context on object identification. *Psychological Research*, *52* (4), 317–329.
- De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1980). Spatial Vision. *Annual Review of Psychology*, *31* (1), 309–341.
- Demaree, H. A., Shenal, B. V., Everhart, D. E. & Robinson, J. L. (2004). Primacy and recency effects found using affective word lists. *Cognitive and Behavioral Neurology : Official Journal of the Society for Behavioral and Cognitive Neurology*, *17* (2), 102–8.
- Demb, J. B., Desmond, J. E., Wagner, A. D., Vaidya, C. J., Glover, G. H. & Gabrieli, J. D. E. (1995). Semantic Encoding and Retrieval in the Left Inferior Prefrontal Cortex: A Functional MRI Study of Task Difficulty and Process Specificity. *The Journal of Neuroscience*, *15* (9), 5870–5878.
- Deubel, H. (1994). Visuelle Verarbeitung und kognitive Faktoren bei der Generierung sakkadischer Augenbewegungen. In W. Prinz & B. Bridgeman (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Band 1: Kognition* (S. 189–253). Göttingen: Hogrefe.
- Deubel, H. & Schneider, W. X. (1996). Saccade target selection and object recognition: evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, *36* (12), 1827–37.
- Di Lollo, V. (1977). Temporal characteristics of iconic memory. *Nature*, *267*, 241–243.
- Dillon, A. & Gushrowski, B. A. (2000). Genres and the Web: Is the personal home page the first uniquely digital genre? *Journal of the American Society for Information Science*, *51* (2), 202–205.
- Ditchburn, R. W. & Ginsborg, B. L. (1952). Vision with a Stabilized Retinal Image. *Nature*, *170*, 36–37.
- Dobbins, I. G. & Han, S. (2006). Cue-versus probe-dependent prefrontal cortex activity during contextual remembering. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18* (9), 1439–1452.

- Donderi, D. (2006). An information theory analysis of visual complexity and dissimilarity. *Perception*, *35* (6), 823–835.
- Donderi, D. & McFadden, S. (2005). Compressed file length predicts search time and errors on visual displays. *Displays*, *26* (2), 71–78.
- Dornhöfer, S. M., Pannasch, S. & Velichkovsky, B. M. (2000). Attentional landscapes and phasic changes of fixation duration in picture perception. *Perception*, *29*, 11–12.
- Dornhöfer, S. M., Unema, P. J. A. & Velichkovsky, B. M. (2002). Blinks, blanks and saccades: how blind we really are for relevant visual events. *Progress in Brain Research*, *140*, 119–131.
- Eckstein, M. P., Drescher, B. A. & Shimozaki, S. S. (2006). Attentional cues in real scenes, saccadic targeting, and Bayesian priors. *Psychological Science*, *17* (11), 973–980.
- Ehmke, C. & Wilson, S. (2007). Identifying web usability problems from eye-tracking data. *Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on HCI*, *1*, 119–128.
- Einhäuser, W., Rutishauser, U. & Koch, C. (2008). Task-demands can immediately reverse the effects of sensory-driven saliency in complex visual stimuli. *Journal of Vision*, *8* (2), 1–19.
- Emilien, G. (2004). *Memory: Neuropsychological Imaging and Psychopharmacological Perspectives*. Hove: Psychology Press.
- Ericsson, K. A. & Staszewski, J. J. (1989). Skilled memory and expertise: Mechanisms of exceptional performance. In H. A. Simon, D. Klahr & K. Kotovsky (Hrsg.), *Complex Information Processing: The Impact of Herbert A. Simon* (S. 235–261). Hillsdale, NJ: Psychology Press.
- Evans, K. K. & Treisman, A. M. (2005). Perception of objects in natural scenes: is it really attention free? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *31* (6), 1476–1492.
- Fei-Fei, L., Iyer, A., Koch, C. & Perona, P. (2007). What do we perceive in a glance of a real-world scene? *Journal of Vision*, *7* (1), 1–29.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3. Aufl.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications Inc.
- Fletcher, P. C. & Henson, R. N. A. (2001). Frontal lobes and human memory insights from functional neuroimaging. *Brain*, *124* (5), 849–881.
- Friedman, A. (1979). Framing pictures: The role of knowledge in automatized encoding and memory for gist. *Journal of Experimental Psychology: General*, *108*,

- 316–355.
- Galley, N. (1989). Saccadic eye movement velocity as an indicator of (de)activation: A review and some speculations. *Journal of Psychophysiology*, 3 (3), 229–244.
- Galley, N. (1993). The evaluation of the electrooculogram as a psychophysiological measuring instrument in the driver study of driver behaviour. *Ergonomics*, 36, 1063–1070.
- Galley, N. (2001). Physiologische Grundlagen und Meßmethoden der Okulomotorischen Aktivität. In F. Rösler (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Band 4: Biologische Psychologie* (S. 237–315). Göttingen: Hogrefe.
- Gaymard, B., Ploner, C. J. & Rivaud, S. (1998). Cortical control of saccades. *Experimental Brain Research*, 123, 159–163.
- Goldberg, J. H. & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements: methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24 (6), 631–645.
- Goldberg, M. E., Eggers, H. M. & Gouras, P. (1991). The ocular motor system. In E. R. Kandel, J. H. Schwartz & T. M. Jessel (Hrsg.), *Principles of Neural Science* (3. Aufl., S. 660–678). Norwalk, CT: Appleton & Lange.
- Greene, A. J. (2007). Human hippocampal-dependent tasks: is awareness necessary or sufficient. *Hippocampus*.
- Greene, M. R. & Oliva, A. (2009). The briefest of glances: The time course of natural scene understanding. *Psychological Science*, 20 (4), 464–472.
- Grüsser, O.-J. & Grüsser-Cornehls, U. (2000). Gesichtssinn und Okulomotorik. In R. F. Schmidt, F. Lang & G. Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen* (28. Aufl., S. 278–315). Berlin: Springer.
- Guitton, D., Buchtel, H. A. & Douglas, R. M. (1985). Frontal lobe lesions in man cause difficulties in suppressing reflexive glances and in generating goal-directed saccades. *Experimental Brain Research*, 58 (3), 455–472.
- Hannula, D. E., Althoff, R. R., Warren, D. E., Riggs, L., Cohen, N. J. & Ryan, J. D. (2010). Worth a glance: using eye movements to investigate the cognitive neuroscience of memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4 (10), 166.
- Hannula, D. E. & Ranganath, C. (2009). The eyes have it: hippocampal activity predicts expression of memory in eye movements. *Neuron*, 63 (5), 592–9.
- Hannula, D. E., Ryan, J. D., Tranel, D. & Cohen, N. J. (2007). Rapid onset relational memory effects are evident in eye movement behavior, but not in hippocampal amnesia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19 (10), 1690–705.
- Helmholz, H. (1866). *Handbuch der physiologischen Optik*. Hamburg: Voss.

- Henderson, J. M. (1997). Transsaccadic memory and integration during real-world object perception. *Psychological Science*, 8 (1), 51–55.
- Henderson, J. M. (2008). Eye Movements and Scene Memory. In S. J. Luck & A. Hollingworth (Hrsg.), *Visual Memory* (S. 87–119). New York, NY: Oxford University Press.
- Henderson, J. M. (2011). Eye movements and scene perception. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist & S. Everling (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Eye Movements* (S. 593–606). Oxford: Oxford University Press.
- Henderson, J. M., Brockmole, J. R., Castelhana, M. S. & Mack, M. (2007). Visual saliency does not account for eye movements during visual search in real-world scenes. In R. van Gompel, M. Fischer, W. Murray & R. Hill (Hrsg.), *Eye movements: A window on mind and brain* (S. 537–562). Oxford: Elsevier.
- Henderson, J. M. & Ferreira, F. (2004). Scene perception for psycholinguists. In J. M. Henderson & F. Ferreira (Hrsg.), *The Interface of Language, Vision, and Action: Eye Movements and the Visual World* (S. 1–58). New York, NY: Psychology Press.
- Henderson, J. M. & Hollingworth, A. (2003). Eye movements and visual memory: detecting changes to saccade targets in scenes. *Perception & Psychophysics*, 65 (1), 58–71.
- Henderson, J. M., Larson, C. L. & Zhu, D. C. (2008). Full scenes produce more activation than close-up scenes and scene-diagnostic objects in parahippocampal and retrosplenial cortex: an fMRI study. *Brain and Cognition*, 66 (1), 40–49.
- Henderson, J. M., Malcolm, G. L. & Schandl, C. (2009). Searching in the dark: Cognitive relevance drives attention in real-world scenes. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 850–856.
- Henderson, J. M., Weeks, P. A. & Hollingworth, A. (1999). The effects of semantic consistency on eye movements during complex scene viewing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*.
- Henson, R. N. A. (2003). Neuroimaging studies of priming. *Progress in Neurobiology*, 70, 53–81.
- Hoffman, J. E. & Subramaniam, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 57 (6), 787–95.
- Hollingworth, A. & Henderson, J. M. (2000). Semantic informativeness mediates the detection of changes in natural scenes. *Visual Cognition*.
- Hollingworth, A., Williams, C. C. & Henderson, J. M. (2001). To see and remember: visually specific information is retained in memory from previously attended

- objects in natural scenes. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8 (4), 761–8.
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. & van de Weijer, J. (2011). *Eye Tracking*. Oxford: Oxford University Press.
- Horner, A. J. & Henson, R. N. A. (2008). Priming, response learning and repetition suppression. *Neuropsychologia*, 46 (7), 1979–1991.
- Horner, A. J. & Henson, R. N. A. (2012). Incongruent abstract stimulus–response bindings result in response interference: fMRI and EEG evidence from visual object classification priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24 (3), 760–773.
- Huey, E. B. (1898). Preliminary experiments in the physiology and psychology of reading. *The American Journal of Psychology*, 9 (4), 575–586.
- Inhoff, A. W. & Radach, R. (1998). Definition and computation of oculomotor measures in the study of cognitive processes. In G. M. Underwood (Hrsg.), *Eye Guidance in Reading and Scene Perception* (S. 29–53). Oxford: Elsevier.
- Intraub, H. (1981). Rapid conceptual identification of sequentially presented pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7 (4), 604–610.
- Itti, L. & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision Research*, 40, 1489–1506.
- Itti, L., Koch, C. & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20, 1254–1259.
- Joos, M., Rötting, M. & Velichkovsky, B. M. (2003). Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden und innovative Anwendungen. In W. Deutsch, T. Herrmann & G. Rickheit (Hrsg.), *Psycholinguistik - Ein internationales Handbuch* (S. 142 – 168). Berlin: De Gruyter.
- Joubert, O. R., Rousselet, G. A., Fize, D. & Fabre-Thorpe, M. (2007). Processing scene context: Fast categorization and object interference. *Vision Research*, 47 (26), 3286–3297.
- Judd, T. & Ehinger, K. (2009). Learning to predict where humans look. *Computer Vision, 2009 IEEE 12th International Conference on*, 2106–2113.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs: Prentice Hall International.
- Kapoula, Z. A., Robinson, D. A. & Hain, T. C. (1986). Motion of the eye immediately after a saccade. *Experimental Brain Research*, 61 (2), 386–394.
- Karsh, R. & Breitenbach, F. W. (1983). Looking at looking: The amorphous fixation

- measure. In R. Groner, C. Menz, D. F. Fisher & R. A. Monty (Hrsg.), *Eye Movements and Psychological Functions: International Views* (S. 53–64). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kowler, E., Anderson, E., Doshier, B. & Blaser, E. (1995). The role of attention in the programming of saccades. *Vision Research*, *35* (13), 1897–916.
- Krieger, G., Rentschler, I., Hauske, G., Schill, K. & Zetsche, C. (2000). Object and scene analysis by saccadic eye-movements: An investigation with higher-order statistics. *Spatial Vision*, *13*, 201–214.
- Kühnel, S., Dal Mas, D. E., Reichelt, B. & Markowitsch, H. J. (2013). The Alliance between Semantic Memory, Priming, and Episodic Memory. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *82*, 562–566.
- Laeng, B., Sirois, S. & Gredebäck, G. (2012). Pupillometry A Window to the Pre-conscious? *Perspectives on Psychological Science*, *7* (1), 18–27.
- Lancaster, W. B. (1941). Fifty years experience in ocular motility. *American Journal of Ophthalmology*, *24*, 299–300.
- Land, M., Mennie, N. & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*, *28*, 1311–1328.
- Land, M. F. & Hayhoe, M. (2001). In what ways do eye movements contribute to everyday activities? *Vision Research*, *41* (25-26), 3559–3565.
- Landow, G. P. (2005). *Hypertext 3.0. Critical Theory and New Media in a Era of Globalization* (3. Aufl.). Baltimore, MD: Johns Hopkins Univ. Press.
- Lashley, K. (1950). In search of the engram. *Symposia of the Society for Experimental Biology*, *4*, 454–482.
- Laurentius, A. (1599). *A discourse of the preservation of the sight: of melancholike diseases, of rheumes, and of old age*. Reprint veröffentlicht von der Shakespeare Association, 1938. London: Oxford University Press.
- Lee, S. Y. & Cho, Y. S. (2010). Do web users care about banner ads anymore? The effects of frequency and clutter in web advertising. *Journal of Promotion Management*, *16* (3), 288–302.
- Lindgaard, G., Dudek, C. & Sen, D. (2011). An exploration of relations between visual appeal, trustworthiness and perceived usability of homepages. *Journal ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, *18* (1), 1–30.
- Lindgaard, G. & Fernandes, G. (2006). Attention web designers: You have 50 milliseconds to make a good first impression! *Behaviour & Information Technology*, *25* (2), 115–126.
- Loftus, G. R., Duncan, J. & Gehrig, P. (1992). On the time course of perceptual

- information that results from a brief visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18 (2), 530–49; discussion 550–61.
- Loftus, G. R. & Mackworth, N. H. (1978). Cognitive determinants of fixation location during picture viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 565–572.
- Loroz, P. S. (2006). The generation gap: a Baby Boomer vs. Gen Y comparison of religiosity, consumer values, and advertising appeal effectiveness. *Advances in Consumer Research*, 33, 308–309.
- Luck, S. J. & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281.
- Lueck, C. J., Crawford, T. J., Hansen, H. C. & Kennard, C. (1991). Increase in saccadic peak velocity with increased frequency of saccades in man. *Vision Research*, 31 (7), 1439–1443.
- Mackworth, N. H. & Bruner, J. S. (1970). How adults and children search and recognize pictures. *Human Development*, 13 (3), 149–177.
- Mackworth, N. H. & Morandi, A. J. (1967). The gaze selects informative details within pictures. *Perception & Psychophysics*, 2 (11), 547–552.
- Mannan, S. K., Ruddock, K. H. & Wooding, D. S. (1996). The relationship between the locations of spatial features and those of fixations made during visual examination of briefly presented images. *Spatial Vision*, 10 (165–188).
- Mäntylä, T. & Sundström, A. (2004). Changing scenes: memory for naturalistic events following change blindness. *Memory*, 12 (6), 696–706.
- Markowitsch, H. J. (1999). *Gedächtnisstörungen. Psychiatrie, Neurologie, Klinische Psychologie*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Markowitsch, H. J. (2003). The functional anatomy of Learning and Memory. In *Handbook of clinical neuropsychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Martin, C. A. (2005). From high maintenance to high productivity: What managers need to know about Generation Y. *Industrial and Commercial Training*, 37 (1), 39–44.
- Matsuda, T., Matsuura, M. & Ohkubo, T. (2004). Functional MRI mapping of brain activation during visually guided saccades and antisaccades: cortical and subcortical networks. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 131 (2), 147–155.
- McGaugh, J. L. (2000). Memory - a century of Consolidation. *Science*, 287 (5451), 248–251.

- McGregor, D. K. & Stern, J. A. (1996). Time on task and blink effects on saccade duration. *Ergonomics*, *39* (4), 649–660.
- McLin, L. N. & Schor, C. M. (1988). Voluntary effort as a stimulus to accommodation and vergence. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *29*, 1739–1746.
- Mello-Thoms, C. (2006). How does the perception of a lesion influence visual search strategy in mammogram reading? *Academic Radiology*, *13* (3), 275–288.
- Mello-Thoms, C., Hardesty, L., Sumkin, J., Ganott, M., Hakim, C., Britton, J. S. & Maitz, G. (2005). Effects of Lesion Conspicuity on Visual Search in Mammogram Reading. *Academic Radiology*, *12* (7), 830–840.
- Mesulam, M. (1994). Neurocognitive networks and selectively distributed processing. *Revue Neurologique*, *150* (8-9), 564–569.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63* (2), 81–97.
- Moss, H. E. & Tyler, L. K. (2000). A progressive category-specific semantic deficit for non-living things. *Neuropsychologia*.
- Muellbacher, W., Ziemann, U., Weissel, J., Dang, N. & Koffler, M. (2002). Early consolidation in human primary motor cortex. *Nature*, *415* (February), 640–644.
- Nairne, J. S. & Dutta, A. (1992). Spatial and temporal uncertainty in long-term memory. *Journal of Memory and Language*, *31*, 396–407.
- Nielsen, J. (1995). *Multimedia and Hypertext: The Internet and Beyond*. San Diego, CA: Academic Press.
- Nielsen, J. & Loranger, H. (2006). *Prioritizing Web Usability*. Berkeley, CA: Pearson Education.
- North, A. W. (1965). Accuracy and Precision of Electro-Oculographic Recording. *Investigative Ophthalmology*, *4*, 343–8.
- Nyström, M. & Holmqvist, K. (2010). An adaptive algorithm for fixation, saccade, and glissade detection in eyetracking data. *Behavior Research Methods*, *42* (1), 188–204.
- Oliva, A., Torralba, A., Castelhamo, M. S. & Henderson, J. M. (2003). Top-down control of visual attention in object detection. *IEEE International Conference on Image Processing*, *1*, 253–256.
- Oliva, A., Wolfe, J. M., Arsenio, H. C. & Helga, C. (2004). Panoramic search: the interaction of memory and vision in search through a familiar scene. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30* (6), 1132–1146.

- Oster, P. J. & Stern, J. A. (1980). Measurement of eye movements: Electrooculography. In E. Martin & P. H. Venables (Hrsg.), *Techniques in Psychophysiology* (S. 275–309). Chichester: Wiley.
- Owens, J. W. (2013). *Getting the gist of websites: Exploring the effects of display duration, size, and resolution*. Dissertation. Zugriff auf <http://soar.wichita.edu:8080/handle/10057/6728>
- Owens, J. W. (2014). The Pervasiveness of Text Advertising Blindness. *Journal of Usability Studies*, 9 (2), 51–69.
- Owens, J. W., Chaparro, B. S. & Palmer, E. M. (2011). Text advertising blindness: the new banner blindness? *Journal of Usability Studies*, 6 (2), 172–197.
- Palmer, S. E. (1975). Visual perception and world knowledge. In D. A. Norman, D. E. Rumelhart & L. R. Group (Hrsg.), *Explorations in Cognition* (S. 279–307). San Francisco, CA: W. H. Freeman.
- Palmer, S. E. (1999). *Vision Science: Photons to Phenomenology*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Parkhurst, D., Law, K. & Niebur, E. (2002). Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention. *Vision Research*, 42, 284–293.
- Paulesu, E., Frith, C. D. & Frackowiak, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362 (6418), 342–345.
- Pelz, J. B. & Canosa, R. (2001). Oculomotor behavior and perceptual strategies in complex tasks. *Vision Research*, 41 (25-26), 3587–3596.
- Pezdek, K. & Maki, R. (1988). Picture memory: recognizing added and deleted details. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14 (3), 468–476.
- Phillips, M. H. & Edelman, J. A. (2008). The dependence of visual scanning performance on search direction and difficulty. *Vision Research*, 48 (21), 2184–2192.
- Pierrot-Deseilligny, C. H. & Rivaud, S. (1991). Cortical control of memory-guided saccades in man. *Experimental Brain Research*, 83, 607–617.
- Potter, M. C. (1975). Meaning in visual search. *Science*, 187, 965–966.
- Pritzel, M., Brand, M. & Markowitsch, H. J. (2003). *Gehirn und Verhalten: Ein Grundkurs der physiologischen Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Rambold, H., Sprenger, A. & Helmchen, C. (2002). Effects of voluntary blinks on saccades, vergence eye movements, and saccade-vergence interactions in humans. *Journal of Neurophysiology*, 88 (3), 1220–1233.

- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychonomic Bulletin & Review*, *124* (3), 372–422.
- Rayner, K. & Pollatsek, A. (1989). *The Psychology of Reading*. Englewood Cliffs: Prentice Hall International.
- Recarte, M. A. & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *9* (2), 119–137.
- Reingold, E. M. & Charness, N. (2005). Perception in chess: Evidence from eye movements. In G. Inderwood (Hrsg.), *Cognitive Processes in Eye Guidance* (S. 325–354). Oxford: University Press.
- Reingold, E. M., Charness, N., Pomplun, M. & Stampe, D. M. (2001). Visual span in expert chess players: Evidence from eye movements. *Psychological Science*, *12* (1), 48–55.
- Reinhold, N. & Markowitsch, H. J. (2009). Retrograde episodic memory and emotion: a perspective from patients with dissociative amnesia. *Neuropsychologia*, *47* (11), 2197–2206.
- Rensink, R. A. (2000). The Dynamic Representation of Scenes. *Visual Cognition*, *7* (1-3), 17–42.
- Rensink, R. A. (2002). Change detection. *Annual Reviews Psychology*, *53*, 245–277.
- Rodiek, R. W. (1998). *The First Steps in Seeing*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.
- Roediger, H. L. & McDermott, K. B. (1993). Implicit memory in normal human subjects. In F. Boller & J. Grafman (Hrsg.), *Handbook of neuropsychology* (S. 63–131). Amsterdam: Elsevier.
- Rosenquist, C. J., Conners, F. A. & Roskos-Ewoldsen, B. (2003). Phonological and visuo-spatial working memory in individuals with intellectual disability. *American journal of mental retardation : AJMR*, *108* (6), 403–13.
- Roth, S. P. & Schmutz, P. (2010). Mental models for web objects: Where do users expect to find the most frequent objects in online shops, news portals, and company web pages? *Interacting with Computers*, *22* (2), 140–152.
- Rottach, K. G., Das, V. E., Wohlgemuth, W. A., Zivotofsky, A. Z. & Leigh, J. R. (1998). Properties of horizontal saccades accompanied by blinks. *Journal of Neurophysiology*, *79* (6), 2895–2902.
- Rucker, J. C., Shapiro, B. E., Han, Y. H., Kumar, A. N., Garbutt, S., Keller, E. L. & Leigh, R. J. (2004). Neuro-ophthalmology of late-onset Tay–Sachs disease (LOTS). *Neurology*, *63* (10), 1918–1926.

- Ryan, J. D. (2004). Processing and short-term retention of relational information in amnesia. *Neuropsychologia*, *42* (4), 497–511.
- Ryan, J. D., Althoff, R. R. & Whitlow, S. (2000). Amnesia is a deficit in relational memory. *Psychological Science*, *11* (6), 454–461.
- Ryan, J. D. & Cohen, N. J. (2004). The nature of change detection and online representations of scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30* (5), 988–1015.
- Ryan, J. D., Hannula, D. E. & Cohen, N. J. (2007). The obligatory effects of memory on eye movements. *Memory*, *15* (5), 508–25.
- Saiki, J. (2002). Multiple-object permanence tracking: Limitation in maintenance and transformation of perceptual objects. *Progress in Brain Research*, *140*, 133–148.
- Santini, M. (2007). Characterizing genres of web pages: Genre hybridism and individualization. *Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 71–71.
- Savelsbergh, G. J. P. & Williams, A. M. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, *20* (3), 279–287.
- Schacter, D. L., Bowers, J. & Booker, J. (1989). Intention, awareness, and implicit memory: The retrieval intentionality criterion. In S. Lewandowsky & J. C. Dunn (Hrsg.), *Implicit Memory: Theoretical Issues* (S. 47–65). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schacter, D. L. & Buckner, R. L. (1998). Priming and the brain. *Neuron*.
- Schandry, R. (1989). *Lehrbuch Psychophysiologie - Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens* (2. Aufl.). München & Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Schor, C. M., Lott, L. A., Pope, D. & Graham, A. D. (1999). Saccades reduce latency and increase velocity of ocular accommodation. *Vision Research*, *39* (22), 3769–3795.
- 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.
- Shah, P. & Miyake, A. (1999). Models of working memory: An introduction. In A. Miyake & P. Shah (Hrsg.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Shaikh, A. D., Chaparro, B. S. & Joshi, A. (2006). Indian Users' Expectations for the Location of Web Objects on Informational Websites. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *50* (17), 1922–1926.

- Simons, D. J. (2000). Current Approaches to Change Blindness. *Visual Cognition*, 7 (1-3), 1–15.
- Simons, D. J. & Levin, D. T. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5 (4), 644–649.
- Smeets, J. B. J. & Hooge, I. T. C. (2003). Nature of variability in saccades. *Journal of Neurophysiology*, 90 (1), 12–20.
- Smith, C. N., Hopkins, R. O. & Squire, L. R. (2006). Experience-dependent eye movements, awareness, and hippocampus-dependent memory. *Journal of Neuroscience*, 26 (44), 304–312.
- Smith, C. N. & Squire, L. R. (2008). Experience-dependent eye movements reflect hippocampus-dependent (aware) memory. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 28 (48), 12825–33.
- Snodgrass, J. G. & Hirshman, E. (1994). Dissociations among implicit and explicit memory tasks: the role of stimulus similarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory and cognition*, 20 (1), 150–60.
- Squire, L. R. (1987). *Memory and Brain*. N.Y.: Oxford University Press.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99 (2), 195–231.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82 (3), 171–7.
- Squire, L. R. & Zola-Morgan, S. (1988). Memory: brain systems and behavior. *Trends in Neurosciences*, 11 (4), 170–5.
- Stickgold, R. (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*, 437 (7063), 1272–8.
- Tarnow, E. (2008). Response probability and response time: a straight line, the Tagging/Retagging interpretation of short term memory, an operational definition of meaningfulness and. *Cognitive Neurodynamics*, 2, 347–353.
- Tatler, B. W., Gilchrist, I. D. & Land, M. F. (2005). Visual memory for objects in natural scenes: From fixations to object files. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 58 (5), 931–960.
- Tatler, B. W., Gilchrist, I. D. & Rusted, J. (2003). The time course of abstract visual representation. *Perception*, 32, 579–593.
- Thielsch, M. T. & Hirschfeld, G. (2012). Spatial frequencies in aesthetic website evaluations—explaining how ultra-rapid evaluations are formed. *Ergonomics*, 55 (7), 731–742.

- Treisman, A. M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97–136.
- Tronel, S., Milekic, M. H. & Alberini, C. M. (2005). Linking new information to a reactivated memory requires consolidation and not reconsolidation mechanisms. *PLoS Biology*, 3 (9), 1630–1638.
- Tuch, A. N., Bargas-Avila, J. a., Opwis, K. & Wilhelm, F. H. (2009). Visual complexity of websites: Effects on users' experience, physiology, performance, and memory. *International Journal of Human-Computer Studies*, 67 (9), 703–715.
- Tuch, A. N., Presslauer, E. E. & Stöcklin, M. (2012). The role of visual complexity and prototypicality regarding first impression of websites: Working towards understanding aesthetic judgments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70 (11), 794–811.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory: Quo vadis? In *The cognitive neurosciences*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Tulving, E. (2001). Episodic memory and common sense: how far apart? *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 356 (1413), 1505–15.
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*, 53, 1–25.
- Tulving, E. (2005). Episodic memory and autoevidence: Uniquely human? In *The missing link in cognition. origins of self-reflective consciousness*. Oxford: Oxford University Press.
- Tulving, E., Kapur, S., Craik, F. I. M., Moscovitch, M. & Houle, S. (1994). Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: positron emission tomography findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91, 2016–2020.
- Tulving, E. & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247 (4940), 301–306.
- Tyler, L. K., Moss, H. E., Durrant-Peatfield, M. R. & Levy, J. P. (2000). Conceptual structure and the structure of concepts: A distributed account of category-specific deficits. *Brain and language*.
- Unema, P. J. A. (1995). *Eye Movements and Mental Effort*. Aachen: Verlag Shaker.
- Van Eimeren, B. & Frees, B. (2012). 76 Prozent der Deutschen online: Neue Nutzungssituationen durch mobile Endgeräte. *Media Perspektiven*, 7-8, 362–379.
- Van Eimeren, B., Oehmichen, E. & Schröter, C. (1997). ARD-Online-Studie 1997: Onlinenutzung in Deutschland. *Media Perspektiven*, 548–557.

- Vanrullen, R. & Thorpe, S. J. (2001). The time course of visual processing: from early perception to decision-making. *Journal of Cognitive Neuroscience*.
- Velichkovsky, B. M. (1982). Visual cognition and its spatial-temporal context. In F. Klix, J. Hoffman & E. van der Meer (Hrsg.), *Cognitive research in psychology* (S. 63–79). Amsterdam: North Holland.
- Velichkovsky, B. M. (2002). Heterarchy of cognition: The depths and the highs of a framework for memory research. *Memory*, 10 (5/6), 405–419.
- Velichkovsky, B. M., Sprenger, A. & Unema, P. J. A. (1997). Towards gaze mediated interaction: collecting solutions of the midas touchproblem. In S. Howard, J. Hammond & G. Lindgaard (Hrsg.), *Human-computer interaction: Interact'97* (S. 509–516). London: Chapman and Hall.
- Volkman, F. C., Riggs, L. A. & White, K. D. (1978). Central and peripheral determinants of saccadic suppression. In J. W. Senders, D. F. Fisher & R. A. Monty (Hrsg.), *Eye movements and the higher psychological functions* (S. 35–54). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wagner, A. D., Desmond, J. E., Demb, J. B., Glover, G. H. & Gabrieli, J. D. E. (1997). Semantic repetition priming for verbal and pictorial knowledge: a functional MRI study of left inferior prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 714–726.
- Wagner, A. D. & Koutstaal, W. (2002). Priming. In *Encyclopedia of the human brain* (Ramachandran Aufl., S. 27–46). San Diego, CA: Academic Press.
- Walker, M. P. (2005). A refined model of sleep and the time course of memory formation. *The Behavioral and Brain Sciences*, 28 (1), 51–64; discussion 64–104.
- Walker, M. P. & Stickgold, R. (2006). Sleep, memory, and plasticity. *Annual review of psychology*, 57, 139–66.
- Waugh, N. C. & Norman, D. A. (1965). Primary Memory. *Psychological Review*, 72 (2), 89–104.
- Wheeler, M. A., Stuss, D. T. & Tulving, E. (1997). Toward a theory of episodic memory: the frontal lobes and autonoetic consciousness. *Psychological Bulletin*, 121, 331–354.
- Wickelgren, I. (1997). Cognitive Neuroscience: Getting a Grasp on Working Memory. *Science*, 275, 1580–1582.
- Yarbus, A. L. (1967). *Eye movements and vision*. New York: Plenum Press.
- Yonelinas, A. P. & Jacoby, L. L. (1994). Dissociations of processes in recognition memory: effects of interference and of response speed. *Canadian Journal of*

- Experimental Psychology*, 48 (4), 516–534.
- Yonelinas, A. P. & Levy, B. J. (2002). Dissociating familiarity from recollection in human recognition memory: different rates of forgetting over short retention intervals. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9 (3), 575–82.
- Young, L. R. & Sheena, D. (1975). Survey of eye movement recording methods. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, 7 (5), 95–105.
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9 (2), 1–27.
- Zelinsky, G. J. & Sheinberg, D. L. (1997). Eye movements during parallel–serial visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23 (1), 244–262.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Darstellung der Gedächtnisprozesse	13
2.2	Dreistufiges Komponentenmodell entlang der Zeitachse	16
2.3	Das Arbeitsgedächtnis	18
2.4	Klassifizierung von anterograde und retrograde Amnesie	20
2.5	Modell des Langzeitgedächtnisses nach Squire	21
2.6	Modell des Langzeitgedächtnisses nach Tulving	22
2.7	Das Serial-Parallel-Independent Modell	24
2.8	Visuelle Auflösung des menschlichen Auges	27
2.9	Zentralnervöse Strukturen zur Steuerung von Blickbewegungen	29
2.10	Auswirkung der Instruktion auf das Blickverhalten	37
2.11	Die zwei Aufmerksamkeitssebenen	38
3.1	Die Purkinje-Bilder	42
3.2	Methodisches Design des ersten Experiments	58

Tabellenverzeichnis

2.1	Verschiedene Arten von Augenbewegungen und ihre zugehörige Funktion	30
2.2	Der Einfluss von Szenenwissen auf das Blickverhalten	36
3.1	Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block	62
3.2	Manipulationseffekt: Veränderungen im Blickverhalten innerhalb der ROI zwischen wiederholten, explizit erkannten und implizit erkannten Szenen im dritten Block	65
3.3	Übersicht über das Schlafverhalten und die Konzentrationsfähigkeit der Probanden an den Tagen des Experiments	73
3.4	Unterschiede zwischen neuen und wiederholten Szenen am zweiten Tag	75
3.5	Within-Subject Kontraste zwischen neuen, explizit erkannten und implizit erkannten Szenen am zweiten Tag	77
3.6	Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block	86
3.7	Veränderungen im Blickverhalten zwischen wiederholten, explizit erkannten und implizit erkannten Szenen im dritten Block	88
3.8	Veränderungen im Blickverhalten zwischen den strukturellen Regionen im zweiten Block	88
3.9	Veränderungen im Blickverhalten in den strukturellen Regionen bei neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block	89
3.10	Veränderungen im Blickverhalten zwischen den medialen Regionen im zweiten Block	89
3.11	Veränderungen im Blickverhalten in den medialen Regionen bei neuen und wiederholten Szenen im zweiten Block	90
3.12	Veränderungen im Blickverhalten zwischen neuen und wiederholten Werberegionen im zweiten Block	90