

Langzeitgedächtnis für Farben von Objekten in natürlichen Szenen

- Aufmerksamkeit und Gedächtnis
für visuelle Oberflächeninformation -

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften
des Fachbereichs Psychologie der Universität Hamburg

vorgelegt von
Jana Marija Müller
aus Hamburg

Hamburg, 2005

Erstgutachter: Prof. Dr. rer. nat. Detlef Rhenius

Zweitgutachter: Prof. Dr. phil. habil. Rainer H. Kluwe

Tag der mündlichen Prüfung: 26.4.2006

INHALT

1	Einleitung	1
2	Wahrnehmung natürlicher Szenen und visuelles Gedächtnis	6
2.1	Komplexität und schrittweise Informationsaufnahme	6
2.1.1	Steuerung von Blickbewegungen.....	7
2.1.2	Informationsaufnahme zur gesamten Szene.....	8
2.1.3	Informationsaufnahme zu einzelnen Objekten.....	9
2.1.4	Zusammenfassung.....	12
2.2	Informationsintegration über Sakkaden hinweg	12
2.2.1	<i>Composite Sensory Image-Hypothese</i>	13
2.2.2	Verschmelzen visueller Information aus mehreren Fixationen.....	15
2.2.3	Konstruktion einer topologischen Repräsentation	16
2.2.4	Überdauern sensorischer Information im transsakkadischen Gedächtnis.....	17
2.2.5	Zusammenfassung.....	19
2.3	Arten von Information in Repräsentationen natürlicher Szenen.....	20
2.3.1	Thematischer Kerngehalt einer Szene.....	21
2.3.2	Räumliches Layout einer Szene	21
2.4	Objektrepräsentationen im transsakkadischen Gedächtnis	23
2.4.1	Visuelle Oberflächenmerkmale.....	25
2.4.2	Objektgröße	26
2.4.3	Objektposition	26
2.4.4	Zusammenfassung.....	27
2.5	Kapazitätsgrenzen des visuellen Arbeitsgedächtnisses.....	28
3	Speichern visueller Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen: Befunde und Theorien	30
3.1	Transsakkadische Teilberichtsstudien.....	30
3.1.1	Zusammenfassung.....	33

3.2	<i>Object File Theory of Transsaccadic Memory</i>	33
3.2.1	Speichern visueller Oberflächeninformation von Objekten in Szenen gemäß der <i>Object File Theory of Transsaccadic Memory</i>	35
3.2.2	Zusammenfassung.....	36
3.3	<i>Change Blindness</i> -Phänomen	37
3.3.1	Entdecken von Veränderungen und visuelle Aufmerksamkeit	41
3.3.2	Entdecken von Veränderungen und visuelles Gedächtnis	42
3.4	<i>Coherence Theory</i>	44
3.4.1	Entstehen von <i>Change Blindness</i> gemäß der <i>Coherence Theory</i>	46
3.4.2	Triadische Architektur der visuellen Wahrnehmung	47
3.4.3	Speichern visueller Oberflächeninformation von Objekten in Szenen gemäß der <i>Coherence Theory</i>	48
3.4.4	<i>Visual Transience</i> -Hypothese	49
3.5	Bestehende Gedächtnisrepräsentationen bei <i>Change Blindness</i>	51
3.5.1	Verzögertes Entdecken von Veränderungen	51
3.5.2	Langzeitgedächtnis für visuelle Objektmerkmale.....	53
3.6	<i>Visual Memory Theory of Scene Representation</i>	54
3.6.1	Speichern visueller Oberflächeninformation von Objekten in Szenen gemäß der <i>Visual Memory Theory of Scene Representation</i>	56
3.6.2	Visuelle Aufmerksamkeit und visuelles Gedächtnis.....	56
3.6.3	Zusammenfassung.....	57
4	Langzeitgedächtnis für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in Szenen.....	58
4.1	Langzeitgedächtnis für Bilder	58
4.1.1	Langzeitgedächtnis für visuelle Oberflächeninformation von Objekten	59
4.1.2	Kritik an verwendeten Versuchsbedingungen.....	60
4.2	Erinnern des visuellen Oberflächenmerkmals Farbe	64
4.2.1	Ungenauigkeiten des Farbgedächtnisses	64
4.2.2	Langzeitgedächtnis für Farben von Objekten in natürlichen Szenen.....	65

4.2.3	Messung von Farbgedächtnisleistungen.....	66
5	Messung der visuellen Aufmerksamkeit.....	69
5.1	Theoretische Grundlagen der Aufmerksamkeitsmessung.....	70
5.1.1	Visuelle Aufmerksamkeit und Blickbewegungen.....	70
5.1.2	Visuelle Aufmerksamkeit und Zielbewegungen.....	71
5.1.3	Zusammenfassung.....	73
5.2	Mausklick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit.....	73
5.2.1	Validierungsstand der Mausclick-Methode.....	78
5.2.2	Einfluss der Mausclick-Methode auf Gedächtnisleistungen.....	82
6	Durchgeführte Untersuchungen zum Langzeitgedächtnis für Objektfarben.....	83
6.1	Generelle Methode.....	84
6.1.1	Stichprobe.....	85
6.1.2	Material.....	85
6.1.3	Apparatur.....	86
6.1.4	Vorgehen.....	86
6.2	Experiment 1.....	90
6.2.1	Methode Experiment 1.....	95
6.2.2	Ergebnisse Experiment 1.....	100
6.2.3	Diskussion Experiment 1.....	112
6.3	Experiment 2.....	120
6.3.1	Experimente 2A und 2B.....	123
6.3.1.1	Methode Experiment 2A und 2B.....	125
6.3.1.2	Ergebnisse Experiment 2A und 2B.....	126
6.3.1.3	Diskussion Experiment 2A und 2B.....	136
6.3.2	Experiment 2C.....	140
6.3.2.1	Methode Experiment 2C.....	140
6.3.2.2	Ergebnisse Experiment 2C.....	141
6.3.2.3	Diskussion Experiment 2C.....	145

6.3.3	Experiment 2D	147
6.3.3.1	Methode Experiment 2D	149
6.3.3.2	Ergebnisse Experiment 2D	149
6.3.3.3	Diskussion Experiment 2D.....	157
6.4	Zusammenfassung der Experimente 1 und 2	160
6.5	Experiment 3	163
6.5.1	Experiment 3A	165
6.5.1.1	Methode Experiment 3A	165
6.5.1.2	Ergebnisse Experiment 3A.....	168
6.5.1.3	Diskussion Experiment 3A.....	175
6.5.2	Experiment 3B.....	179
6.5.2.1	Methode Experiment 3B	179
6.5.2.2	Ergebnisse Experiment 3B	182
6.5.2.3	Diskussion Experiment 3B.....	198
7	Gesamtdiskussion.....	202
8	Zusammenfassung.....	213
9	Literatur.....	216
10	Anhang	231
10.1	Szenenabbildungen	231
10.2	Gedächtnistestitems	237
10.3	Tabellen.....	251

1 Einleitung

Unsere Umwelt ist in visueller Hinsicht sehr komplex. Ständig sind wir von einer Vielzahl von Objekten umgeben, die ihrerseits zahlreiche visuell unterscheidbare Merkmale aufweisen. Oftmals schenken wir diesen Merkmalen kaum Beachtung. Versuchen wir aber beispielsweise einen Gegenstand abzuzeichnen, kann uns diese Detailfülle bewusst werden: Bei dem Versuch, eine einfache Teetasse zu zeichnen, können wir beim genauen Hinsehen unterschiedliche Oberflächenmerkmale wie ihre Farbe, aufgedruckte Muster und Strukturen erkennen. Wir können sehen, ob die Tasse aus glattem oder rauem Material besteht, erkennen Einkerbungen, Rundungen und Vorsprünge an der gesamten schalenartigen Form. Zusätzliche Lichtreflexe und Schattenwürfe auf der Tassenoberfläche machen die Teetasse darüber hinaus zu einem vielschichtigen Zeichenmodell. Wollen wir die Teetasse als Teil eines gedeckten Frühstückstischs zeichnen, tritt zur visuellen Komplexität dieses einzelnen Objekts noch die der gesamten Szene hinzu. Die Frühstücksszenerie umfasst verschiedene Gegenstände, die auf bestimmte Weise zueinander angeordnet sind und sich teilweise gegenseitig verdecken. Außerdem ist der Frühstückstisch von weiteren Dingen umgeben, die sich im Hintergrund erkennen lassen.

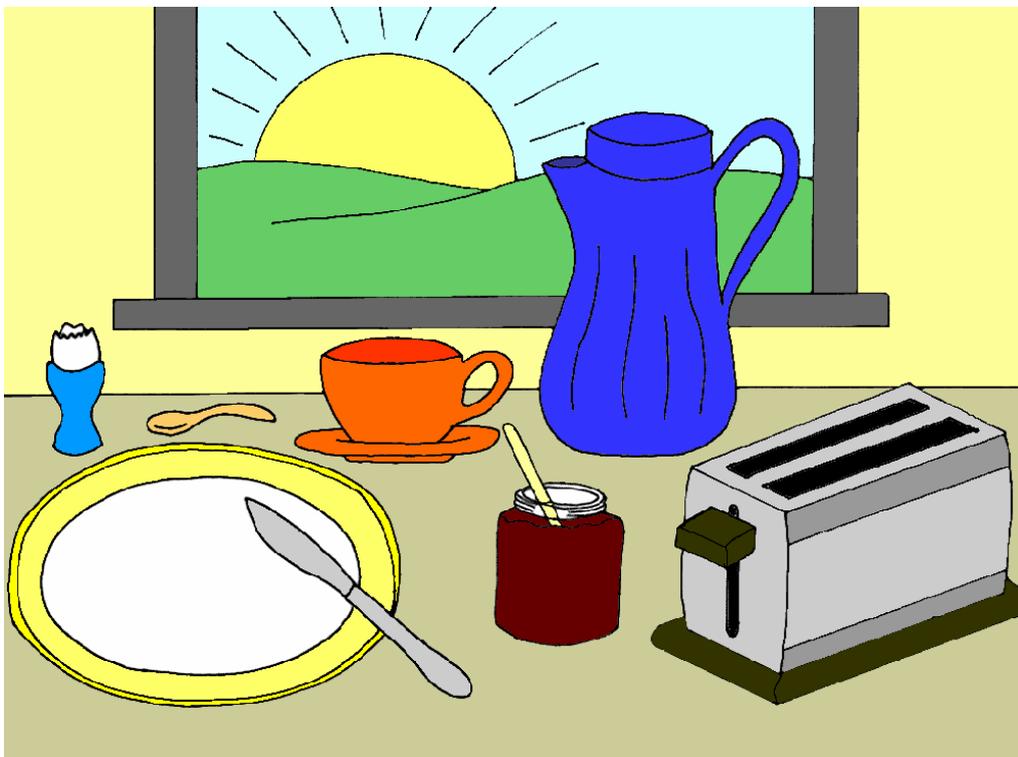


Abbildung 1: Natürliche Szene aus den experimentellen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit

Ansichten der realen Umwelt wie die eines solchen Frühstückstischs werden in der psychologischen Literatur als natürliche Szenen bezeichnet. Tatsächlich sind wir im Alltag ständig von natürlichen Szenen umgeben und halten uns in ihnen auf. Nicht nur der Frühstückstisch stellt eine solche Szene dar, sondern auch das ihn umgebende Esszimmer. Ebenso werden andere Arten von Innen- und Außenräumen wie Badezimmer und Bibliotheken, Einkaufsstraßen und Spielplätze zu natürlichen Szenen gerechnet. Abbildung 1 zeigt eine natürliche Szene, die in den experimentellen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit eingesetzt wurde.

Natürliche Szenen sind wie folgt definiert: Eine natürliche Szene ist semantisch einheitlich, d.h. ihre Bestandteile „passen zueinander“, und sie kann zumeist mit einem Begriff benannt werden. Sie besteht aus Hintergrundelementen und einer Reihe voneinander abgrenzbarer Objekte. Unter Hintergrundelementen werden dabei größere, unbewegliche Oberflächen und Strukturen wie Wände und Fußböden in Innenbereichen oder der Boden und Berge in Außenbereichen verstanden. Als Objekte werden kleinere, diskrete Einheiten bezeichnet, die sich beispielsweise innerhalb der Szene bewegen oder auf andere Art verändern lassen. Diese Bestandteile einer natürlichen Szene sind räumlich in einer realistischen, zulässigen Art und Weise angeordnet (Henderson & Hollingworth, 1999a). Natürliche Szenen stellen somit komplexe, wirklichkeitsnahe Stimuli dar.

In der vorliegenden Arbeit werden Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen untersucht. Wenn wir einer natürlichen Szene begegnen, verwenden wir zumeist einige Information, die wir der Szene entnehmen können, für unser aktuelles Handeln. Möglicherweise speichern wir darüber hinaus auch Information für spätere Zwecke ab. Aufgrund der beschriebenen Komplexität natürlicher Szenen ist es jedoch fraglich, ob eine wahrgenommene Szene langfristig tatsächlich vollständig und in allen ihren Details erinnert wird. Wenn dies der Fall wäre, müsste eine sehr große Menge an Information gespeichert werden (vgl. Rensink, 2000a). Da wir einen Großteil der Information aus einer Szene gar nicht für unser Handeln benötigen, besonders dann nicht, wenn sich die Szene nicht mehr vor unseren Augen befindet, wäre es sehr ineffizient, wenn die gesamte Komplexität natürlicher Szenen im Langzeitgedächtnis erhalten bliebe. Solche Überlegungen lassen es plausibel erscheinen, dass von Szenen eher abstrakte Gedächtnisrepräsentationen aufgebaut und gespeichert werden.

Untersuchungen mehrerer unterschiedlicher Forschungsrichtungen können diese Vermutung stützen. In der Literatur bestehen jedoch kontroverse Ansichten darüber, wie detailliert

einzelne Objekte innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden. Insbesondere ist umstritten, ob visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen erhalten bleiben. Unter visuellen Oberflächenmerkmalen werden zusammenfassend alle visuell wahrnehmbaren Merkmale verstanden, in denen sich zwei Objekte derselben konzeptuellen Kategorie voneinander unterscheiden, also nur solche Objektmerkmale, die sich nicht auf die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit eines Objekts auswirken. Dazu zählen Merkmale wie Form, Farbe oder Oberflächenstruktur eines Objekts. Um der Frage nachzugehen, ob visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersucht, ob und inwieweit sich Langzeitgedächtnisleistungen für Farben einzelner Objekte nachweisen lassen. Farbe wurde dabei als Beispiel für eine Art visueller Oberflächeninformation zur näheren Untersuchung ausgewählt. Ergänzend dazu wurde betrachtet, welche Faktoren die Höhe von Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben insgesamt beeinflussen sowie, was das Erinnern der Farben einzelner Objekte bestimmt.

Im folgenden Abschnitt 2.1 werden zunächst Befunde zur Wahrnehmung natürlicher Szenen beschrieben. Es wird verdeutlicht, dass Szenen aufgrund ihrer Komplexität und bestimmter Eigenschaften des visuellen Systems als Ganzes nur im Laufe mehrerer Fixationen erfasst werden können. Besonders Information zu einzelnen Objekten wird beim Betrachten von Szenen nur in unmittelbarer Nähe der Fixationsposition aufgenommen. Bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen ist es daher notwendig, Information aus mehreren Fixationen miteinander zu verbinden und im Gedächtnis anzusammeln. In welcher Form dies geschieht, wird unter 2.2 dargestellt. In diesem Zusammenhang wird insbesondere verdeutlicht, dass zur Speicherung visueller Information über eine Sakkade hinweg nicht das sensorische Gedächtnis, sondern das visuelle Arbeitsgedächtnis genutzt wird. In den Abschnitten 2.3 und 2.4 werden zunächst unterschiedliche Informationsarten aufgeführt, die von einer Szene insgesamt sowie von einzelnen darin enthaltenen Objekten aufgenommen und über Sakkaden hinweg gespeichert werden. Die von Kapitel 3 an folgende Darstellung konzentriert sich dann auf die Frage, wie detailliert Objekte im Laufe des Betrachtens einer Szene repräsentiert werden.

Da visuelle Information über Sakkaden hinweg im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert wird, dieses Gedächtnissystem aber von begrenzter Kapazität ist, lässt sich vermuten, dass dem Umfang, in dem visuelle Oberflächeninformation von mehreren Objekten innerhalb einer Szene angesammelt werden kann, Grenzen gesetzt sind. Unter 3.1 und 3.3 werden einige

Untersuchungen aus der Forschung zum transsakkadischen Gedächtnis und zum *change blindness*-Phänomen angeführt, die für die Annahme sprechen, dass detaillierte visuelle Oberflächeninformation von mehreren Objekten einer Szene insgesamt nur in sehr begrenztem Umfang akkumuliert. Diesen Befunden stehen jedoch andere unter 3.5 dargestellte *change detection*-Studien gegenüber, die nahe legen, dass visuelle Objektmerkmale doch in beträchtlichem Umfang angesammelt werden können, während eine Szene betrachtet wird. Von diesen empirischen Befunden ausgehend werden unter 3.2 und 3.4 sowie 3.6 entsprechend unterschiedliche Theorien zur Repräsentation von Objekten vorgestellt. Alle Ansätze beschreiben das Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu einem Objekt als notwendige Voraussetzung zum Aufbau einer Objekt-*token*-Repräsentation. Zwei der Ansätze – die *object file theory of transsaccadic memory* und die *coherence theory* – nehmen an, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten lediglich in geringem Umfang im visuellen Arbeitsgedächtnis repräsentiert werden, die *visual memory theory of scene representation* postuliert dagegen, dass eine größere Menge visueller Objektinformation darüber hinaus noch im visuellen Langzeitgedächtnis gespeichert werden kann. Aus den dargestellten Ansätzen lassen sich daher unterschiedliche Vorhersagen bezüglich der Frage ableiten, wie lange visuelle Oberflächeninformation von zuvor beachteten Objekten abrufbar bleibt.

Weitere Studien zum Langzeitgedächtnis für Bildmaterial, die für die Annahme der *visual memory theory* sprechen, werden unter 4.1 angeführt. Dabei wird verdeutlicht, dass die bislang vorliegenden Studien noch keinen eindeutigen Beleg dafür darstellen, dass visuelle Objektinformation langfristig gespeichert wird. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten experimentellen Untersuchungen versuchen, diese strittige Frage zu klären, indem ermittelt wird, ob und inwieweit Farben von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden. Dieser Untersuchungsfrage entsprechend werden unter 4.2 einige Befunde zum Gedächtnis für Farbinformation dargestellt, das Erinnern von Farben von Objekten in Szenen wurde bislang allerdings noch nicht gezielt untersucht.

Bevor die eigenen Untersuchungen zum Langzeitgedächtnis für Objektfarben beschrieben werden, wird in Kapitel 5 zunächst noch auf die Möglichkeiten der Messung der visuellen Aufmerksamkeit eingegangen. Da visuelle Oberflächeninformation und somit auch Farbinformation grundsätzlich nur von solchen Objekten erinnert werden kann, denen zuvor Aufmerksamkeit zugewandt worden ist, war es in den hier durchgeführten Experimenten nötig, einen Aufmerksamkeitstest einzusetzen, um zu kontrollieren, welche Objekte während der Szenenpräsentation beachtet werden. Nach einigen theoretischen Grundlagen der

Aufmerksamkeitsmessung wird unter 5.2 eine neue, auf Mausklicks basierende Aufmerksamkeitstestmethode vorgestellt, die in den hier durchgeführten Untersuchungen zum Einsatz kam.

In Kapitel 6 werden dann die eigenen Untersuchungen zum Langzeitgedächtnis für Farben von Objekten in natürlichen Szenen beschrieben. Nach der Schilderung der durchgeführten Untersuchungen wird die Bedeutung der ermittelten Befunde in Kapitel 7 in Hinblick auf die Literatur diskutiert. Abschließend werden die Fragen und Ergebnisse der Arbeit in einer Zusammenfassung dargestellt.

2 Wahrnehmung natürlicher Szenen und visuelles Gedächtnis

2.1 Komplexität und schrittweise Informationsaufnahme

Natürliche Szenen sind Strukturen von hoher Komplexität. Wenn eine Szene wahrgenommen wird, kann sie nicht auf einen Blick vollständig erfasst und verarbeitet werden. Dies hat zunächst mit dem Aufbau der Augen zu tun. Obwohl wir mit beiden Augen ungefähr 180° des vor uns liegenden Raums wahrnehmen können (180° in der Breite und 130° in der Höhe; vgl. Irwin, 1992b), sind wir nur in der Lage, einen sehr kleinen Ausschnitt (ca. $2 \times 2^\circ$) davon scharf und detailliert zu sehen. Die im Gesichtsfeld bestehenden Sehschärfeunterschiede verdeutlicht Abbildung 2.1.1: Die links gezeigte Szene wird von unseren Augen wie rechts dargestellt wahrgenommen.



Abbildung 2.1.1: Sehschärfeunterschiede im Gesichtsfeld

(aus: <http://epsych.msstate.edu/descriptive/Vision/miscMeadows/Flicker/index.html>)

Grund hierfür ist eine ungleichmäßige Verteilung der Photorezeptoren auf der Retina: Die Zapfen, die für das Sehen unter Tageslichtbedingungen, das so genannte photopische Sehen, verantwortlich sind, liegen nur in der Fovea so dicht gepackt vor, dass detaillierte visuelle Information aufgenommen werden kann. In extrafovealen Regionen der Retina findet sich dagegen eine erheblich geringere Dichte von Zapfen, sodass die äußere Umwelt hier nur unscharf abgebildet wird. Die Unterschiede in der Auflösung, mit der die Außenwelt über zentrale, foveale und periphere, extrafoveale Netzhautregionen wahrgenommen wird, werden durch anschließende neuronale Verschaltungen zusätzlich verstärkt. Während in peripheren Netzhautregionen eine größere Anzahl Photorezeptoren auf wenige Ganglienzellen konvergiert, sind die Rezeptoren der Fovea jeweils mit einzelnen Ganglienzellen verbunden. Dadurch wird über die Fovea aufgenommene visuelle Information auf einer größeren Fläche des primären visuellen Cortex und somit höher aufgelöst abgebildet (vgl. Goldstein, 1997;

Palmer, 1999). Durch diese Unterschiede zwischen zentralen und peripheren Regionen der Retina fungieren die Augen bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen als eine Art Filter für deren Detailreichtum (vgl. van der Heijden, 1996): Wenn eine Szene betrachtet wird, steht visuelle Detailinformation zunächst nur von einem kleinen Ausschnitt der Szene zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung; von dem Großteil der Szene werden dagegen nur grobe Strukturen aufgenommen.

Bedingt durch den Aufbau der Augen wird eine natürliche Szene also nicht sofort in allen Details wahrgenommen. Um Einzelheiten verschiedener Szenenbestandteile erkennen zu können, sind Augenbewegungen erforderlich. Indem sich die Augen über die Szene bewegen, können unterschiedliche Teile der Szene fixiert und foveal wahrgenommen werden. Im Laufe mehrerer Fixationen kann so schrittweise detaillierte visuelle Information aus der gesamten Szene aufgenommen werden. Dass der Großteil einer Szene während einer Fixation nur unscharf wahrgenommen wird, bedeutet jedoch nicht, dass aus den meisten Szenenregionen keine nutzbare Information aufgenommen wird. Die in der visuellen Peripherie wahrgenommenen grob gefilterten Szenenstrukturen werden zu mehreren unterschiedlichen Zwecken benötigt, die in den folgenden Abschnitten aufgeführt werden.

2.1.1 Steuerung von Blickbewegungen

Wichtige Verwendung findet die über periphere Netzhautregionen aufgenommene Information zunächst bei der Steuerung von Blickbewegungen. Auch wenn noch nicht eindeutig ermittelt werden konnte, welche visuellen Stimulusdimensionen genutzt werden, um den Blickverlauf zu lenken, und wie sich der Einfluss einzelner visueller Merkmale kombiniert, werden hierzu vermutlich großflächige Verteilungen von Luminanz, Farben, Kontrast und Kantendichte verwendet, die in frühen Stadien der visuellen Wahrnehmung extrahiert werden (vgl. Henderson & Ferreira, 2004; Henderson & Hollingworth, 1999a).

Modelle, die zur Steuerung von Blickbewegungen beim Lesen entwickelt worden sind (Henderson, 1992; Morrison, 1984), haben Henderson, Weeks und Hollingworth (1999) zu einem Modell der Blickbewegungssteuerung beim Wahrnehmen natürlicher Szenen erweitert. In ihrem *saliency map framework* nehmen die Autoren an, dass die Salienz, d.h. der Grad der Auffälligkeit, einzelner Szenenregionen den Blickverlauf lenkt: Ziel der nächsten Fixation ist immer die jeweils salienteste Region. Henderson et al. zufolge tragen zum Salienzwert einer Szenenregion neben den beschriebenen, über foveale und extrafoveale Netzhautregionen wahrnehmbaren visuellen Merkmalen zusätzlich auch kognitive Faktoren bei. Dies sind beispielsweise die Bedeutung einer Region für aktuelle Handlungsziele oder der Grad, in dem

eine Region als informativ angesehen wird. Visuellen und kognitiven Faktoren kommt in frühen und späteren Stadien der Szenenwahrnehmung unterschiedliches Gewicht bei der Steuerung von Blickbewegungen zu: Während frühe Fixationen beim Wahrnehmen einer Szene vornehmlich von visuellen Szenenmerkmalen beeinflusst werden, gewinnen kognitive Einflussgrößen im Laufe der Zeit zunehmend an Bedeutung. Insgesamt gesehen, wird der Blickverlauf beim Betrachten natürlicher Szenen überwiegend *top-down* gesteuert, visuelle Stimulusmerkmale allein können nur in geringem Umfang erklären, welche Positionen innerhalb einer Szene fixiert werden (vgl. Henderson & Ferreira, 2004).

2.1.2 Informationsaufnahme zur gesamten Szene

Visuelle Information aus peripheren Netzhautregionen wird neben der Steuerung von Blickbewegungen auch dazu verwendet, Information zu einer Szene als Ganzes zu gewinnen. Ein typischer Befund bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen ist, dass der thematische Kerngehalt einer Szene (engl. *scene gist*), d.h. ob die Szene beispielsweise ein Wohnzimmer, einen Supermarkt oder einen Park darstellt, sehr schnell bereits nach ca. 100-150 Millisekunden erkannt werden kann. Diese Fähigkeit, den Szenen-*type* schnell zu identifizieren, ist sehr gut belegt und konnte in verschiedenen Untersuchungsparadigmen ermittelt werden (vgl. Henderson & Ferreira, 2004; Antes, Penland & Metzger, 1981; Biederman, Mezzanotte & Rabinowitz, 1982; Intraub, 1981; Potter, 1976; VanRullen & Thorpe, 2001). Die durchschnittliche Fixationsdauer beim Betrachten natürlicher Szenen beträgt 330 Millisekunden (Henderson & Hollingworth, 1999a; Rayner, 1998); der thematische Kerngehalt einer Szene kann demnach innerhalb einer einzigen Fixation identifiziert werden. Da der überwiegende Teil einer Szene während einer Fixation nur unscharf wahrgenommen wird, lässt sich vermuten, dass der Szenen-*type* auch aus den über die visuelle Peripherie aufgenommenen grob gefilterten Szenenstrukturen ermittelt wird. Diese Vermutung wird von Studien gestützt, in denen entsprechend nachgewiesen werden konnte, dass zur Identifikation einer Szene in frühen Stadien der Szenenwahrnehmung vor allem globale Szeneninformation und weniger lokale Objektinformation genutzt wird (vgl. Henderson & Hollingworth, 1999a; Antes, Penland & Metzger, 1981; Loftus, Nelson & Kallman, 1983; Metzger & Antes, 1983; Schyns & Oliva, 1994). Globale Szeneninformation, die zur Identifikation des Szenen-*types* genutzt wird, stellen einerseits Luminanzverteilungen innerhalb einer Szene dar (Oliva & Schyns, 1997; Schyns & Oliva, 1994); bei bestimmten Szenenarten kann darüber hinaus auch Information zu typischen Farbverteilungen innerhalb der Szene herangezogen werden. Typische Farben finden sich beispielsweise in Abbildungen

von Stränden, die überwiegend Blautöne von Himmel und Wasser enthalten, und in Abbildungen von Wäldern, in denen Grüntöne überwiegen (Goffaux, Jacques, Mouraux, Oliva, Schyns & Rossion, in press; Oliva & Schyns, 2000).

Beim Wahrnehmen natürlicher Szenen wird also nicht nur über die Fovea aufgenommene detaillierte visuelle Information, sondern auch visuelle Information größerer Struktur aus extrafovealen Netzhautregionen genutzt. Inwieweit Information aus der Peripherie aufgenommen wird, hängt von der Komplexität der foveal wahrgenommenen Stimuli ab: Je detaillierter am Fixationspunkt dargebotene Information sind, desto kleiner ist der umgebende Bereich, aus dem Information aufgenommen wird (Ikeda & Takeuchi, 1975; Saida & Ikeda, 1979). Obwohl beim Betrachten einer Szene Information zur Szene als Ganzes aus fovealen und großen Teilen extrafovealer Regionen gewonnen wird, lässt sich dagegen bei der Wahrnehmung von Objekten innerhalb von Szenen eine deutliche Filterfunktion des visuellen Systems erkennen. Wie im folgenden Abschnitt dargestellt wird, zeigen unterschiedliche Studien, dass Information zu einzelnen Objekten vorzugsweise aus einer räumlich begrenzten Region um den Fixationspunkt herum aufgenommen wird.

2.1.3 Informationsaufnahme zu einzelnen Objekten

In einer klassischen Untersuchung erhoben bzw. kontrollierten Nelson und Loftus (1980) Blickbewegungen, während Probanden eine Reihe von Szenen betrachteten, und ermittelten, wie direkt einzelne Testobjekte in den Szenen fixiert wurden. Um zu bestimmen, inwieweit Information zu den Testobjekten aufgenommen wurde, führten sie anschließend *forced choice*-Rekognitionstests mit zwei Antwortalternativen (2AFC-Rekognitionsaufgaben) durch. Darin wurde jede Szene mit einem zuvor gezeigten Target-Objekt bzw. mit einem einer anderen konzeptuellen Kategorie angehörigen Distraktor-Objekt, also einem Objekt-*type*-Distraktor, vorgelegt. Die Autoren bestimmten, in welchem Abstand die jeweils dichteste Fixation zu einem Testobjekt ausgeführt worden war, und verglichen, wie genau Objekte abhängig von der Fixationsposition wieder erkannt wurden. Es zeigte sich, dass Objekte umso besser erinnert wurden, je direkter sie beim Betrachten einer Szene fixiert worden waren. Objekte, die zuvor direkt fixiert worden waren, wurden am besten wieder erkannt. Gute Gedächtnisleistungen fanden sich, wenn Positionen in Objektnähe bis zu 1,8° Blickwinkel entfernt fixiert worden waren. Lagen Fixationspunkte weiter entfernt als 1,8°, war dagegen ein deutlicher Einbruch in den Rekognitionsleistungen zu beobachten. Nelson und Loftus

schlossen hieraus, dass Information zu einzelnen Objekten in natürlichen Szenen überwiegend aus einer Region von 3-4° Durchmesser um den Fixationspunkt herum aufgenommen wird.

Die Abhängigkeit der Informationsaufnahme zu einzelnen Objekten von der jeweiligen Fixationsposition beim Betrachten einer Szene wird auch in neueren Untersuchungen deutlich, in denen *change detection*-Methoden zum Einsatz kamen.

In *change detection*-Studien werden im Laufe der Szenenpräsentation Veränderungen an Objekten durchgeführt. Probanden haben die Aufgabe, während sie die Szenen betrachten, nach solchen Veränderungen zu suchen und diese anzuzeigen, sobald sie sie entdecken. Wenn Veränderungen durchgeführt werden, während die Szene für die Probanden nicht sichtbar ist, wie z.B. während einer Sakkade oder eines Lidschlags, ist ein typisches Ergebnis, dass auch sehr deutliche Veränderungen an Objekten nur schwer zu erkennen sind. Dieses Phänomen wird als *change blindness* bezeichnet, eine zeitweilige Blindheit für Veränderungen (Rensink, O'Regan & Clark 1997; vgl. Henderson & Hollingworth, 1999a; Rensink, 2002; Simons & Levin, 1997; s.a. 3.3).

Um eine Veränderung an einem Objekt in einer Szene zu erkennen, muss zunächst Information von der ursprünglichen und danach von der veränderten Version des Objekts aufgenommen werden. Wird eine Veränderung erkannt, kann davon ausgegangen werden, dass diese beiden Informationsaufnahmen erfolgt sind. In *change detection*-Untersuchungen zeigte sich nun, dass Veränderungen an Objekten nur dann erkannt werden, wenn Objekte vor Einführung der Veränderung fixiert worden sind. Werden Objekte zuvor nicht fixiert, so können Probanden die erfolgte Veränderung nicht erkennen (Hollingworth & Henderson, 2002). Ebenso war zu beobachten, dass Veränderungen zumeist erkannt werden, sobald ein verändertes Objekt erneut fixiert wird (Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Schrock & Henderson, 2001; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001). Ähnlich wie in der Untersuchung von Nelson und Loftus sind die Entdeckungsleistungen für Veränderungen umso höher, je dichter eine erneute Fixation an dem veränderten Objekt erfolgt (Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b; O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000). Diese Ergebnisse zeigen, dass Information von Objekten vor und nach Einführung einer Veränderung umso besser aufgenommen wird, je direkter ein Objekt fixiert wird. Es kann nicht von allen Objekten einer Szene zugleich Information aufgenommen werden, sondern die Informationsaufnahme zu einzelnen Objekten hängt entscheidend von der Fixationsposition ab. Das Ungleichgewicht in der Informationsaufnahme von nah und entfernt liegenden Objekten kann mit einem Ergebnis von O'Regan, Deubel, Clark und Rensink (2000)

verdeutlicht werden: In ihrer Untersuchung war zu beobachten, dass die Wahrscheinlichkeit, eine Veränderung zu entdecken, sprunghaft von knapp 60% auf unter 20% sinkt, wenn ein Objekt verändert wird, das mehr als 2° von der aktuellen Fixationsposition entfernt liegt.

Information zu einem Objekt wird jedoch nicht nur aufgenommen, während es fixiert wird. Wird ein Objekt verändert, während eine Sakkade ausgeführt wird, um es zu fixieren, und erfolgt die Veränderung noch bevor die Augen auf dem Objekt landen, sind besonders hohe Entdeckungsleistungen für Veränderungen zu beobachten (Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b). Dieser Sakkadenziel-Effekt verdeutlicht, dass Information zu Objekten bereits aufgenommen wird, bevor diese fixiert werden. Da während Sakkaden keine visuelle Information extrahiert wird (vgl. Matin, 1974), muss die Informationsaufnahme aus einiger Entfernung von der vorigen Fixationsposition aus erfolgen. Hierzu kommt es, da dem Zielpunkt einer Sakkade bereits vor Beginn der Blickbewegung visuelle Aufmerksamkeit zugewandt wird (s.a. 5.1). Auch beim Entdecken von Veränderungen an Sakkadenzielen findet sich ein Einfluss der Distanz: Veränderungen an Objekten, die Zielpunkt einer Sakkade sind, werden umso besser erkannt, je dichter die vorige Fixationsposition am Zielpunkt der Sakkade liegt (Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b). Dies spricht erneut dafür, dass Information zu Objekten in natürlichen Szenen vorzugsweise in Nähe des aktuellen Fixationspunkts aufgenommen wird.

Insgesamt gesehen zeigen auch *change detection*-Studien, dass Information von Objekten innerhalb natürlicher Szenen vor allem an und in unmittelbarer Nähe der aktuellen Fixationsposition aufgenommen wird. In den oben genannten Studien konnte dieser Umstand für semantische, visuelle und räumliche Objektmerkmale nachgewiesen werden. Obwohl es nicht unmöglich ist, Objekte bzw. Veränderungen an Objekten in peripheren Teilen des Blickfelds zu erkennen (Henderson, McClure, Pierce & Schrock, 1997; Pollatsek, Rayner & Collins, 1984), geschieht dies beim Wahrnehmen natürlicher Szenen in eher geringem Umfang. Ein möglicher Grund hierfür könnte der komplexe Hintergrund sein, vor dem Objekte wahrgenommen werden müssen.

2.1.4 Zusammenfassung

Während Information zu einer Szene als ganzes, wie z.B. ihr thematischer Kerngehalt, aus großen Teilen der Retina und daher bereits während einer einzigen Fixation aufgenommen werden kann, wird Information zu einzelnen Objekten innerhalb einer Szene vorzugsweise aus einer räumlich begrenzten Region um den Fixationspunkt herum gewonnen. Um detaillierte visuelle Information zu mehreren Objekten zu erlangen, ist es aus diesem Grund notwendig, mehrere Fixationen auf eine Szene auszuführen. Eine Szene in allen ihren Einzelheiten zu erfassen und insbesondere Information zu den darin enthaltenen Objekten zu erlangen, ist daher nur möglich, indem die Augen nach und nach auf unterschiedliche Szenenregionen gerichtet werden. Die Komplexität natürlicher Szenen auf der einen Seite und die Filterfunktion des visuellen Systems auf der anderen Seite machen es erforderlich, dass Information aus natürlichen Szenen sukzessiv im Laufe mehrerer Fixationen aufgenommen wird. Aus dieser schrittweisen Informationsaufnahme ergibt sich eine entscheidende Notwendigkeit: Es müssen Gedächtnisprozesse an der Wahrnehmung natürlicher Szenen beteiligt sein, damit die nach und nach aufgenommene Information gespeichert und zusammengeführt werden kann. Wie sehen die Gedächtnisrepräsentationen aus, die beim Wahrnehmen von Szenen aufgebaut werden? Welche Arten von Information werden gespeichert und in welchem Gedächtnissystem geschieht dies? Diesen Fragen wird in den folgenden Abschnitten nachgegangen.

2.2 Informationsintegration über Sakkaden hinweg

Während eine natürliche Szene betrachtet wird, liefert jede Fixation ein weiteres Stück detaillierter Information über die Szene insgesamt und darin enthaltene Objekte. Da visuelle Information nur während Fixationen und nicht während Sakkaden aufgenommen wird, liegt die aus einer natürlichen Szene aufgenommene Information im Grunde genommen in Form von unverbundenen „Schnappschüssen“ von unterschiedlichen Szenenpositionen vor (Neisser, 1967). Wie wird dieses „Rohmaterial“ verwendet, um eine Repräsentation der gesamten Szene aufzubauen?

Bei der Frage nach Repräsentationen natürlicher Szenen geht es zunächst um den Fall des Betrachtens einer Szene: Wie sieht eine Repräsentation der gesamten Szene aus, die im Laufe mehrerer Fixationen aufgebaut wird? Inwieweit eine Szenenrepräsentation erhalten bleibt, sobald sich die Szene nicht mehr vor den Augen des Betrachters befindet, ist eine weitere

Frage, die erst im Anschluss an das erste Problem behandelt werden kann. Wie deutlich werden wird, ergeben sich aus den theoretischen Vorschlägen, die den Aufbau von Repräsentationen beim Betrachten von Szenen betreffen, jedoch bestimmte Implikationen für ihr langfristiges Erinnern (s. 3.2.1, 3.4.3, 3.6.1).

2.2.1 Composite Sensory Image-Hypothese

Frühe theoretische Ansätze basierten auf der Idee, dass eine vollständige Szenenrepräsentation aufgebaut wird, indem die Inhalte einzelner Fixationen wie bei einem Puzzlespiel auf einer Art „inneren Leinwand“ zusammengesetzt werden. Diese Annahme wird als *composite sensory image*-Hypothese (Henderson & Hollingworth, 2002, 2003a) oder *spatiotopic fusion*-Hypothese bezeichnet (Irwin, 1992c; Irwin & Andrews, 1996; Irwin, Zacks & Brown, 1990). Konkrete Formulierungen dieser Hypothese, die in vielen Ansätzen zur visuellen Wahrnehmung enthalten ist, finden sich beispielsweise bei Rayner (1978; *integrative visual buffer*), Trehub (1991; *retinoid*) und Feldman (1985; *stable feature frame*). Der *composite sensory image*-Hypothese nach wird die Projektion der Außenwelt auf der Retina, die während einer Fixation entsteht, direkt in dieser Form in einem visuellen Puffer gespeichert und mit Außenweltabbildern aus folgenden Fixationen kombiniert. Indem immer mehr Szenenteile fixiert werden, kann so im Laufe der Zeit eine immer vollständigere Repräsentation der wahrgenommenen Szene entstehen. Um die Inhalte mehrerer Fixationen zu verbinden, wurde angenommen, dass diejenigen Teile der Projektionen, die dieselbe Region der äußeren Umwelt abbilden, übereinander gelegt und miteinander verschmolzen werden. Extrafoveal wahrgenommene Information würde demnach mit foveal wahrgenommener Information kombiniert. Die Stelle, an der ein Fixationsinhalt in die bestehende Szenenrepräsentation eingefügt werden muss, kann dadurch ermittelt werden, dass die Position und Bewegungsrichtung von Augen, Kopf und Körper in Betracht gezogen werden oder dass Ähnlichkeiten zwischen Teilen der gespeicherten und der neu aufgenommenen visuellen Information ermittelt werden. Die *composite sensory image*-Hypothese postuliert, dass die räumliche Struktur der Umwelt über einen solchen Prozess in topologischer Form rekonstruiert wird, sodass sowohl Nachbarschaftsbeziehungen als auch Abstände zwischen einzelnen Elementen erhalten bleiben (vgl. Henderson & Hollingworth, 2003a; Irwin 1992c; O'Regan, 1992; Pollatsek, Rayner & Collins, 1984).

Die Annahme eines visuellen Pufferspeichers wurde oft im Rahmen theoretischer Vorschläge vorgebracht, um das Phänomen der visuellen Stabilität zu erklären (vgl. Bridgeman, van der Heijden & Velichkovsky, 1994; Irwin, 1992c; McConkie & Currie, 1996; O'Regan, 1992). Es stellt sich die Frage, wie die Außenwelt als unbewegt und stabil wahrgenommen werden kann, wenn sie wegen ständiger Augenbewegungen fortlaufend auf anderen Positionen der Retina abgebildet wird, und wieso unsere visuelle Wahrnehmung als kontinuierlich erlebt wird, obwohl die Aufnahme visueller Information während Sakkaden nachweislich unterbrochen wird. Die Annahme einer Repräsentation, in der die gesamte wahrgenommene Information zu einer Szene aus mehreren Fixationen vereint und die räumliche Struktur der Umwelt rekonstruiert wird, schien diese Fragen auf einfache Art lösen zu können: Die äußere Umwelt wird als stabil empfunden, da wir über eine Repräsentation von ihr verfügen, die nicht auf retinalen, sondern auf umweltbezogenen Koordinaten basiert, und ihre Wahrnehmung wird als kontinuierlich erfahren, da wir zu jedem Zeitpunkt auf diese Repräsentation zugreifen können.

Obwohl zunächst einige Studien diese intuitiv plausible *composite sensory image*-Hypothese zu stützen schienen, hat sie sich dennoch letztendlich als falsch erwiesen. Problematisch an der *composite sensory image*-Hypothese ist die Annahme, dass foveal und extrafoveal wahrgenommene Information aus mehreren Fixationen miteinander verbunden wird. Wie eingangs dargestellt, ist der Bereich einer Szene, der während einer Fixation scharf wahrgenommen wird, nur sehr klein und beträgt lediglich ca. 0,015% des wahrnehmbaren Blickfelds. Nicht nur die Schärfe, sondern auch die Fähigkeit, Farben zu unterscheiden, ist in peripheren Netzhautregionen weniger hoch ausgeprägt. Foveal und extrafoveal aufgenommene visuelle Information ist daher von sehr unterschiedlicher Qualität, und es ist nicht einfach zu erklären, wie sie miteinander verbunden werden können (vgl. Irwin, Yantis & Jonides, 1983; O'Regan & Lévy-Shoen, 1983; Pollatsek & Rayner, 1992; Rensink, 2000a). Ausschlaggebend dafür, dass von der *composite sensory image*-Hypothese Abstand genommen wurde, war jedoch vor allem die sich zunehmend durchsetzende Erkenntnis, dass es einfach nicht möglich ist, Inhalte mehrerer Fixationen zu einer Gesamtrepräsentation zu verschmelzen (s. 2.2.2). Darüber hinaus wurde in einer Reihe von Untersuchungen deutlich, dass Information im Laufe des Betrachtens einer Szene eher in abstrakter Form gespeichert wird und nicht so detailliert, wie sie zunächst wahrgenommen wurde (s. 2.2.4).

2.2.2 Verschmelzen visueller Information aus mehreren Fixationen

Eine Reihe von Studien wurde durchgeführt, um den Prozess des Verschmelzens von Information aus aufeinander folgenden Fixationen (engl. *transsaccadic fusion*) direkt zu untersuchen (vgl. Irwin, 1992c; Pollatsek & Rayner, 1992). Dazu wurden Aufgaben verwendet, in denen zwei Teile eines Musters verbunden werden müssen, von denen der eine Teil vor und der andere nach einer Sakkade dargeboten wurde. Wenn Inhalte einzelner Fixationen tatsächlich zu einer Gesamtrepräsentation zusammengefügt werden, in der die räumliche Struktur der Umwelt rekonstruiert wird, sollte es möglich sein, beide Musterteile zu verbinden, wenn sie an derselben räumlichen Position, aber an unterschiedlichen retinalen Positionen dargeboten werden.

Frühe Studien, die scheinbar erste Belege für das Verschmelzen von visueller Information über Sakkaden hinweg erbringen konnten, erwiesen sich als mit verschiedenen methodischen Problemen behaftet (vgl. Irwin, 1992b, 1992c; Irwin, Yantis & Jonides, 1983). Ein häufiges technisches Problem war, dass Stimuli auf den damals verwendeten Displays nach Ausblenden nicht sofort vollständig verschwanden, sondern eine Art „Nachbild“ hinterließen, welches die Probanden zum Lösen der experimentellen Aufgaben nutzen konnten. Eine Untersuchungsreihe, in denen diese Probleme umgangen wurden, führten Irwin, Yantis und Jonides (1983) durch.

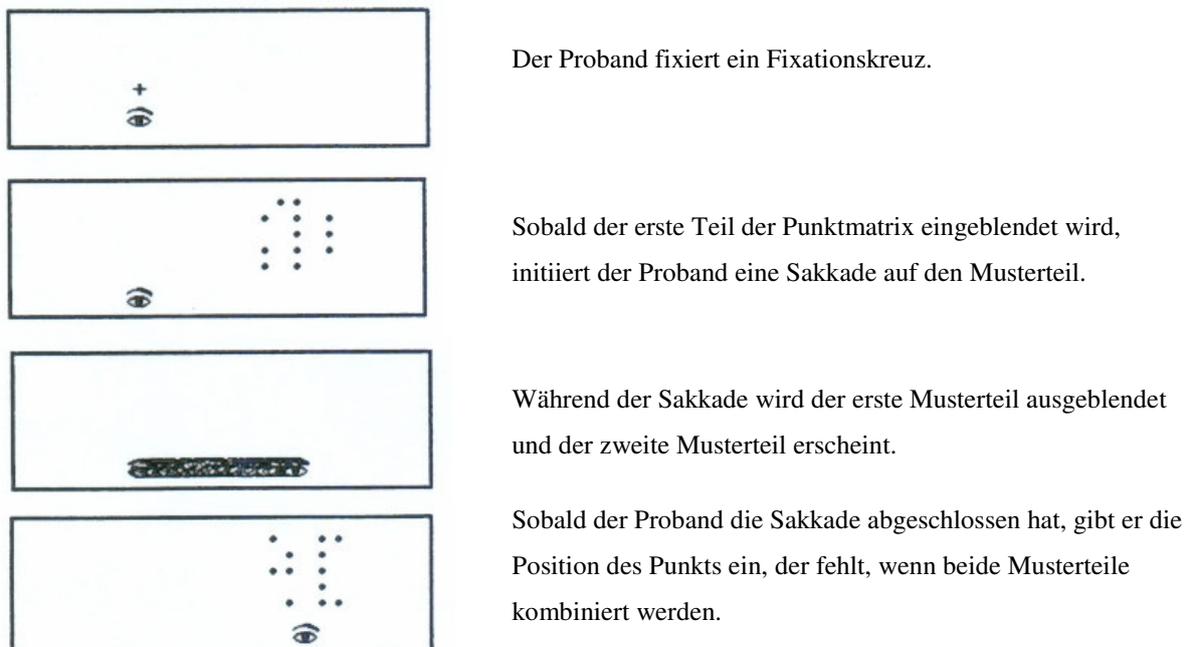


Abbildung 2.2.1: Experimentelles Vorgehen von Irwin, Yantis und Jonides (1983; aus: Irwin, 1992c, S. 128)

Die Autoren verwendeten darin eine Abwandlung eines Paradigmas von Di Lollo (u.a. Di Lollo, 1980), das dieser entwickelt hatte, um die Eigenschaften des sensorischen Gedächtnisses zu untersuchen. Irwin et al. stellten ihren Probanden die Aufgabe, einen fehlenden Punkt in einer 3x3- oder einer 5x5-Punktmatrix zu entdecken, die in zwei Teilen dargeboten wurde (s. Abbildung 2.2.1). Zunächst wurden vier bzw. zwölf Punkte in Nähe des Fixationspunkts eingeblendet. Sobald dies geschah, sollte eine Sakkade ausgeführt werden, um das Punktmuster zu fixieren. Während der Sakkade wurde dann der erste Musterteil ausgeblendet und vier bzw. zwölf weitere Punkte erschienen. Irwin et al. beobachteten, dass Probanden den fehlenden Punkt in dem gesamten Muster nur schwer entdecken können, wenn beide Punktdarbietungen durch eine Sakkade getrennt werden. Dagegen ist die Aufgabe sehr einfach zu lösen, wenn die Punkte präsentiert werden, während die Fixationsposition beibehalten wird; bei einem kurzen Intervall zwischen den beiden Musterpräsentationen wird dann sogar ein einheitliches Muster gesehen (vgl. Di Lollo, 1980). Wenn eine Sakkade ausgeführt wird, nehmen die Probanden jedoch kein verbundenes Muster wahr und können den fehlenden Punkt nur ermitteln, indem sie ihr Gedächtnis für beide Musterteile einzeln konsultierten (vgl. Irwin, 1991). Diese Ergebnisse von Irwin et al. wurden mehrfach repliziert und verdeutlichen, dass es einfach nicht möglich ist, visuelle Information aus zwei Fixationen unmittelbar zu einem Gesamtmuster zu verbinden (Irwin, Brown & Sun, 1988; O'Regan & Lévy-Shoen, 1983; Rayner & Pollatsek, 1983). Das im Rahmen der *composite sensory image*-Hypothese postulierte Verschmelzen von Fixationsinhalten findet demnach nicht statt. Visuelle Information aus einzelnen Fixationen kann lediglich erinnert und miteinander verglichen werden.

2.2.3 Konstruktion einer topologischen Repräsentation

In Untersuchungen zur Integration von Information über Sakkaden hinweg sowie in Studien zur visuellen Stabilität sind weitere Befunde ermittelt worden, die ebenfalls nicht gut mit der *composite sensory image*-Hypothese vereinbar sind: Es zeigte sich, dass während einer Sakkade durchgeführte Veränderungen der Position oder der Größe von Objekten nur schwer entdeckt werden können (z.B. Bridgeman & Stark, 1979; Henderson, 1997; Mack, 1970; McConkie & Currie, 1996; Verfaillie, De Troy & Van Rensbergen, 1994). Wenn eine zusammengesetzte Szenenrepräsentation aufgebaut würde, in der die räumliche Struktur der Umwelt in topologischer Form rekonstruiert wird, wie in der *composite sensory image*-Hypothese vorgebracht, müsste es den Aufbau einer solchen Repräsentation stören oder

zumindest deutlich zu erkennen sein, wenn ein Element seine Position oder Größe verändert. Dies ist jedoch nicht der Fall.

2.2.4 Überdauern sensorischer Information im transsakkadischen Gedächtnis

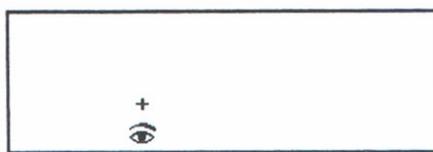
Ein weiterer Aspekt der *composite sensory image*-Hypothese, der sich letztlich als nicht zutreffend erwiesen hat, ist die Vermutung, dass visuelle Information über mehrere Fixationen hinweg in sehr detaillierter Form gespeichert wird. Es war angenommen worden, dass visuelle Information vermutlich auf der Ebene sensorischer Repräsentation, Punkt für Punkt so erhalten bleibt, wie sie über die Retina aufgenommen worden ist. Um diese Annahme zu untersuchen, führten Irwin und Mitarbeiter eine Reihe von Experimenten durch (Irwin 1991; Irwin, Zacks & Brown, 1990). Darin verwendeten sie eine Abwandlung des Paradigmas von Phillips (1974), das dieser zur Unterscheidung zwischen sensorischem Speicher und visuellem Arbeitsgedächtnis¹ entwickelt hatte.

Phillips Probanden hatten die Aufgabe anzugeben, ob zwei nacheinander präsentierte Zufallsmuster aus schwarzen und weißen Blöcken, identisch sind oder sich in der Farbe eines Blocks unterscheiden. Dabei wurden die Komplexität der Muster, das Intervall zwischen den beiden Musterpräsentationen und die räumliche Position, an der die Muster gezeigt wurden, variiert. Außerdem untersuchte Phillips die Auswirkungen der Präsentation eines maskierenden Schachbrettmusters zwischen den beiden Zufallsmustern. Abhängig von der Länge des Interstimulusintervalls zwischen den Musterpräsentationen waren sehr unterschiedliche Leistungen zu beobachten: Nach einem kurzen Intervall (20ms) konnten Probanden die Muster unabhängig von ihrer Komplexität erfolgreich vergleichen, ihre Leistungen wurden jedoch stark beeinträchtigt, wenn die räumliche Position der beiden Muster nicht übereinstimmte und wenn zwischen den Mustern ein Maskierreiz eingeblendet wurde. Bei längeren Intervallen (ab 300ms) zeigten Positionsveränderung und Maskierung keinen Effekt, dagegen wirkte sich nun die Komplexität der Muster entscheidend auf die Vergleichsleistungen der Probanden aus. Während sie nach einem kurzen Interstimulusintervall noch Muster aus 8x8 Blöcken erfolgreich vergleichen konnten, gelang ihnen nach längeren Intervallen nicht einmal ein Vergleich von Mustern aus 4x4 Blöcken. Mit weiterer Verlängerung des Intervalls (ab 600ms bis 9s) war ein weiterer, wenn auch

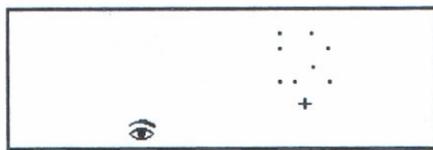
¹ Phillips bezeichnete dieses Gedächtnissystem als *short term visual memory*, um auszudrücken, dass es sich hierbei um ein kurzlebiges visuelles Gedächtnis handelt. In neueren Publikationen werden die Bezeichnungen „visuelles Kurzzeitgedächtnis“ (VSTM: *visual short term memory*) und „visuelles Arbeitsgedächtnis“ (*visual working memory*) gleichbedeutend verwendet (vgl. Hollingworth, 2004). Im Rahmen dieser Arbeit wird der Bezeichnung „Kurzzeitgedächtnis“ die neuere Bezeichnung „Arbeitsgedächtnis“ vorgezogen und somit überwiegend von dem „visuellem Arbeitsgedächtnis“ gesprochen.

langsamer Leistungsabfall zu beobachten. Insgesamt verdeutlichen diese Ergebnisse von Phillips die Existenz zweier unterschiedlicher visueller Gedächtnisarten, während Probanden die Fixationsposition beibehalten: Ein sensorisches Gedächtnis mit hoher Kapazität, das jedoch schnell zerfällt, sowie maskierbar und stark an die retinale Position eines Reizes gebunden ist, und ein visuelles Arbeitsgedächtnis von begrenzter Kapazität, das demgegenüber vergleichsweise stabil ist und nicht durch Maskierung oder Positionsveränderungen von Stimuli gestört wird.

Irwin und Mitarbeiter veränderten das Mustervergleichsparadigma von Phillips nun dahingehend, dass ihre Probanden zwischen den beiden Musterpräsentationen eine Sakkade ausführen mussten (s. Abbildung 2.2.2), und untersuchten damit die Charakteristika des Gedächtnissystems, in dem visuelle Information über Sakkaden hinweg angesammelt wird. Dieses System wird als transsakkadisches Gedächtnis bezeichnet.



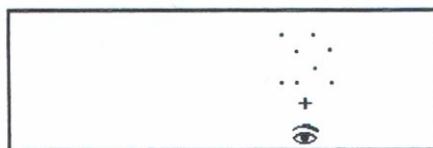
Der Proband fixiert ein Fixationskreuz.



Zusammen mit der Sakkadenzielmarkierung wird das erste Punktmuster eingeblendet.



Sobald der Proband die Sakkade initiiert, wird das erste Muster wieder ausgeblendet.



Nach einem kurzen Intervall erscheint das zweite Punktmuster an derselben räumlichen oder retinalen Position (hier nicht dargestellt). Der Proband gibt an, ob das zweite mit dem ersten Muster identisch ist.

Abbildung 2.2.2: Experimentelles Vorgehen von Irwin (1991; aus: Irwin, 1991, S. 425)

In einer Kontrollbedingung, in der keine Sakkade ausgeführt wurde und die beiden Muster an derselben Position dargeboten wurden, konnte Irwin (1991) die Ergebnisse von Phillips replizieren und fand sowohl Hinweise auf einen sensorischen Speicher als auch auf ein visuelles Arbeitsgedächtnis. Führten die Probanden aber eine Sakkade zwischen den beiden Musterpräsentationen aus, zeigten sich stets nur Merkmale des visuellen Arbeitsgedächtnisses: Die Mustervergleichsleistungen der Probanden wurden stark von der Musterkomplexität beeinflusst, die Länge des Intervalls zwischen den beiden

Musterpräsentationen hatte dagegen kaum einen Effekt (Irwin, 1991). Ebenso wenig wurden die Leistungen der Probanden davon beeinflusst, ob die beiden Muster an derselben räumlichen Position präsentiert wurden oder nicht (Irwin, 1991; Irwin, Zacks & Brown, 1990). Irwin (1991; 1992b; 1992c) schloss aus diesen Ergebnissen, dass visuelle Information im Laufe mehrerer Fixationen nicht in sensorischer Form in einem speziellen Pufferspeicher, sondern in abstrakter Form im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert wird. Das transsakkadische Gedächtnis entspricht demnach dem visuellen Arbeitsgedächtnis. Dass Probanden komplexe Muster schwerer exakt erinnern konnten, verdeutlicht, dass visuelle Information in diesem Gedächtnissystem eher abstrakt repräsentiert wird. Den Umstand, dass Positionsveränderungen der Muster die Vergleichsleistungen nicht beeinträchtigten, deutete Irwin dahingehend, dass Objekte im transsakkadischen Gedächtnis in objektbezogenen und nicht in betrachterbezogenen Koordinaten repräsentiert werden (Irwin, 1991).

2.2.5 Zusammenfassung

Die *composite sensory image*-Hypothese hat sich somit in mehrfacher Hinsicht als unzutreffend erwiesen: Die während einer Fixation aufgenommene visuelle Information kann über Sakkaden hinweg nicht so detailliert erinnert werden, wie sie wahrgenommen wurde. Bereits von Fixation zu Fixation bestehen Gedächtnisbeschränkungen. Ebenso wenig wird visuelle Information aus mehreren Fixationen in einem speziellen Puffer zu einer Gesamtrepräsentation verschmolzen. Visuelle Information wird vielmehr in abstrakter Form im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert.

Was bedeuten diese Befunde, die mit einfachen, schematischen Stimuli ermittelt wurden, nun für das Wahrnehmen natürlicher Szenen? Wie unter 2.1 dargestellt wurde, kann eine Szene in allen Einzelheiten nur nach und nach über mehrere Fixationen hinweg wahrgenommen werden. Während Information zu der Szene als ganzes bereits während einer einzigen Fixation aufgenommen wird, kann Information zu einzelnen Objekten innerhalb der Szene dagegen nur schrittweise im Laufe mehrerer Fixationen angesammelt werden. Aufgrund der eben dargestellten Beschränkungen des transsakkadischen Gedächtnisses muss eine umfassende Szenenrepräsentation, die auch Information zu einzelnen Objekten enthält, daher aus solcher Information bestehen, die über Sakkaden hinweg erhalten bleibt. Welche unterschiedlichen Arten von Information während des Betrachtens einer Szene gespeichert werden, wird im folgenden Abschnitt dargestellt. Anschließend wird genauer auf die Repräsentation von Objekten eingegangen und beschrieben, wie detailliert Objekte im transsakkadischen Gedächtnis gespeichert werden.

2.3 Arten von Information in Repräsentationen natürlicher Szenen

Beim Betrachten einer natürlichen Szene können unterschiedliche Arten von Information gewonnen werden. Einerseits kann Information zur Szene als ganzes aufgenommen werden, wie konzeptuelle Information zum Szenen-*type* und räumliche Information zum Szenenlayout. Zum anderen kann Information zu einzelnen Objekten innerhalb einer Szene gewonnen werden, wie Information zur konzeptuellen Klassenzugehörigkeit von Objekten, d.h. um was für eine Art Objekt es sich handelt, sowie Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen eines Objekts wie seiner genauen Form, Größe, Farbe oder Oberflächenstruktur. Obwohl es viele Ansätze zu einzelnen Aspekten der Wahrnehmung und Repräsentation natürlicher Szenen gibt, wie beispielsweise zu Auswirkungen des Szenenkontexts auf die Identifikation von Objekten (vgl. Boyce & Pollatsek, 1992; De Graef, 1992), liegt zurzeit keine Rahmentheorie vor, die zusammenfassend beschreibt, wie alle diese unterschiedlichen Arten von Information beim Wahrnehmen einer Szene zusammenwirken und ob sie innerhalb einer einheitlichen Szenenrepräsentation oder eher unverbunden gespeichert werden. Auch wenn die Frage, inwieweit es sich dabei um eine Einheit handelt, noch ungeklärt ist, wird in der Literatur bisweilen zusammenfassend von *der* Repräsentation einer Szene gesprochen.

Was die Arten von Information angeht, die bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen aufgenommen werden, gilt es als unumstritten, dass semantische und räumliche Merkmale einer Szene als ganzes, d.h. Information zum thematischen Kerngehalt sowie zum räumlichen Layout einer Szene gespeichert werden und nicht von den Kapazitätsbegrenzungen des transsakkadischen Gedächtnisses betroffen sind. Ebenso wird allgemein angenommen, dass auch semantische Information zu einigen in der Szene enthaltenen Objekten, d.h. ihre konzeptuelle Klassenzugehörigkeit, repräsentiert wird und über Sakkaden hinweg abrufbar bleibt. Kontrovers diskutiert wird jedoch, inwieweit Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen einzelner Objekte im Laufe des Betrachtens einer Szene akkumuliert (vgl. Henderson & Hollingworth, 2002, 2003b, 2003c; Irwin & Andrews, 1996; Rensink, 2000a, 2000b; Wolfe, 1998; s. Kapitel 3). Im Folgenden werden kurz die unterschiedlichen Informationsarten beschrieben, die von einer Szene insgesamt aufgenommen werden, im nächsten Abschnitt wird dann ausführlicher auf Information zu einzelnen Objekten innerhalb von Szenen eingegangen.

2.3.1 Thematischer Kerngehalt einer Szene

Das Konzept des thematischen Kerngehalts einer Szene (engl. *scene gist*) wird unterschiedlich definiert: Teilweise wird darunter lediglich konzeptuelle Information zum Szenen-*type* verstanden, also Information darüber, um was für eine Art Szene es sich handelt. Teilweise werden zum thematischen Kerngehalt einer Szene darüber hinaus noch weitere Eigenschaften von Szenen dieser Klasse sowie typische räumliche Layout-Merkmale gerechnet (vgl. Henderson & Ferreira, 2004; Rensink, 2000a; Wolfe, 1998). Unabhängig davon wird jedoch allgemein angenommen, dass beim Betrachten natürlicher Szenen semantische und räumliche Szenenmerkmale aufgenommen und gespeichert werden.

Um was für eine Art Szene es sich handelt, kann sehr schnell bestimmt werden (s. 2.1.2). Dabei wird eine konzeptuelle Szenen-*type*-Repräsentation im Langzeitgedächtnis aktiviert. Durch diese Aktivierung konzeptueller Information kann zusätzlich Szenenschema-Information verfügbar werden, welche semantische und räumliche Information zu Szenen der entsprechenden Kategorie betrifft sowie Information zu Objekten, die typischerweise in dieser Art von Szenen zu finden sind (vgl. Biederman, Mezzanotte & Rabinowitz, 1982; Mandler & Ritchey, 1977; Rensink, 2000a). Da Szenen-*type*-Information im Langzeitgedächtnis repräsentiert ist, unterliegt ihre Speicherung nicht den Kapazitätsgrenzen des transsakadischen Gedächtnisses. Dass thematische Kerngehaltsinformation mehrerer gesehener Szenen abrufbar bleiben kann, wird in einer klassischen Untersuchung von Standing (1973) deutlich: Probanden wurden 200 Szenenabbildungen für jeweils fünf Sekunden präsentiert. In einer anschließenden *free recall*-Phase waren sie in der Lage, den thematischen Kerngehalt von durchschnittlich 51,6 der gezeigten Szenen anzugeben (s.a. 4.1).

2.3.2 Räumliches Layout einer Szene

Zum räumlichen Layout einer Szene zählt Information darüber, an welcher Position sich die Untergrundfläche befindet und wie weit sie sich erstreckt, sowie Information über Positionen von Bezugsobjekten und Oberflächen innerhalb der Szene. Des Weiteren stellen Größen- und Abstandsbeziehungen zwischen Szenenelementen und Beschränkungen darüber, an welchen Positionen sich Objekte in der Szene befinden können, Layout-Information dar (Sanocki & Epstein, 1997). Bislang wurde das Wahrnehmen und Erinnern des räumlichen Layouts von Szenen erst in wenigen Studien direkt untersucht, vorliegende Ergebnisse sprechen jedoch dafür, dass Layout-Information bereits nach kurzen Szenenpräsentationen von wenigen Sekunden aufgenommen wird (Sanocki, 2003; Sanocki & Epstein, 1997; Simons, 1996). Im

Vergleich zu Information zu einzelnen Objekten kann Layout-Information außerdem sehr gut erinnert werden. Dies wird in einer Studie von Simons (1996) deutlich, in der Entdeckungsleistungen für Veränderungen in Anordnungen von Objekten untersucht wurden. Hier zeigte sich, dass Konfigurationsveränderungen besonders gut erkannt werden können: Wenn eines von fünf Objekten an eine zuvor unbesetzte Position in der Anordnung bewegt wurde, waren wesentlich höhere Entdeckungsleistungen zu beobachten, als wenn zwei Objekte ihre Positionen tauschten oder wenn ein Objekt gegen ein Objekt einer anderen konzeptuellen Kategorie ausgetauscht wurde. Für Konfigurationsveränderungen zeigten sich in einer Ja-Nein-Rekognitionsaufgabe bei einer Ratewahrscheinlichkeit von 50% Trefferraten von über 95%; bei Veränderungen einzelner Objekte erreichten die Entdeckungsleistungen unter manchen Versuchsbedingungen keine Signifikanz und lagen stets unter 75%.

Insgesamt gesehen ermöglicht das Aufnehmen und Erinnern von Layout-Information, eine Szene leichter zu verarbeiten. Priming-Untersuchungen zeigen, dass aufgenommene Information über das räumliche Layout einer Szene einen Rahmen darstellt, der die weitere räumliche Verarbeitung der Szene wie das Einschätzen von Abständen beschleunigt (Sanocki, 2003; Sanocki & Epstein, 1997; vgl. aber Germeys & d'Ydewalle, 2001). In Studien zur visuellen Suche wurde darüber hinaus deutlich, dass Konfigurationsinformation ähnlich strukturierter Anordnungen im Laufe mehrerer Suchdurchgänge inzidentell gelernt wird und so die Verarbeitung vergleichbar aufgebauter Szenen erleichtern und ein Suchen darin beschleunigen kann (Chun, 2003; Chun & Jiang, 1998; Chun & Nakayama, 2000). Diese Ergebnisse zeigen, dass Layout-Information sowohl im Laufe des Betrachtens einer Szene als auch über mehrere wahrgenommene Szenen hinweg abrufbar bleibt. Auch räumliche Szeneninformation ist daher offensichtlich nicht von den Kapazitätsgrenzen des transsakkadischen Gedächtnisses betroffen.

Wenn eine Szene präsentiert wird, kann semantische und räumliche Information zu der Szene als Ganzes also sehr schnell aufgenommen und gespeichert werden. Dass diese Information über Sakkaden hinweg erinnert wird und somit während des Betrachtens einer Szene erhalten bleibt, ist unumstritten. Was Information zu einzelnen Objekten innerhalb natürlicher Szenen betrifft, bestehen jedoch gegensätzliche Ansichten: Da allgemein angenommen wird, dass semantische Objektinformation in Form von Aktivierung im Langzeitgedächtnis repräsentiert wird, wird zwar nicht bezweifelt, dass auch Information zur konzeptuellen Klassenzugehörigkeit wahrgenommener Objekte im Laufe mehrerer Fixationen angesammelt werden kann. Aufgrund der beschriebenen Beschränkungen des transsakkadischen

Gedächtnisses ist es jedoch unklar, inwieweit visuelle Oberflächeninformation von mehreren Objekten beim Betrachten einer Szene akkumulieren kann. Auf die Frage, welche Arten von Information zu Objekten über Sakkaden hinweg gespeichert werden, wird im nun folgenden Abschnitt eingegangen. Im Anschluss daran werden in Kapitel 3 gegensätzliche theoretische Ansätze dazu vorgestellt, inwieweit visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten innerhalb natürlicher Szenen erinnert werden.

2.4 Objektrepräsentationen im transsakkadischen Gedächtnis

Obwohl ein Objekt über Sakkaden hinweg nicht Punkt für Punkt genau erinnert werden kann, wie Irwin nachweisen konnte (vgl. 2.2.4), werden dennoch einige seiner visuellen Merkmale gespeichert. Anhaltspunkte dazu, wie detailliert Objekte im transsakkadischen Gedächtnis repräsentiert sind und welche Art von Information von einem zuvor fixierten Objekt erinnert wird, können Studien mit dem von Pollatsek, Rayner und Collins (1984) entwickelten *transsaccadic preview*-Paradigma liefern.

Dieses Untersuchungsdesign, das aus der Leseforschung übernommen wurde, stellt eine Art Priming-Aufgabe dar, in der ermittelt wird, inwieweit sich die Präsentation einer „Vorschau“ auf ein Objekt erleichternd auf die Identifikation des Objekts in der folgenden Fixation auswirkt (s. Abbildung 2.4.1).

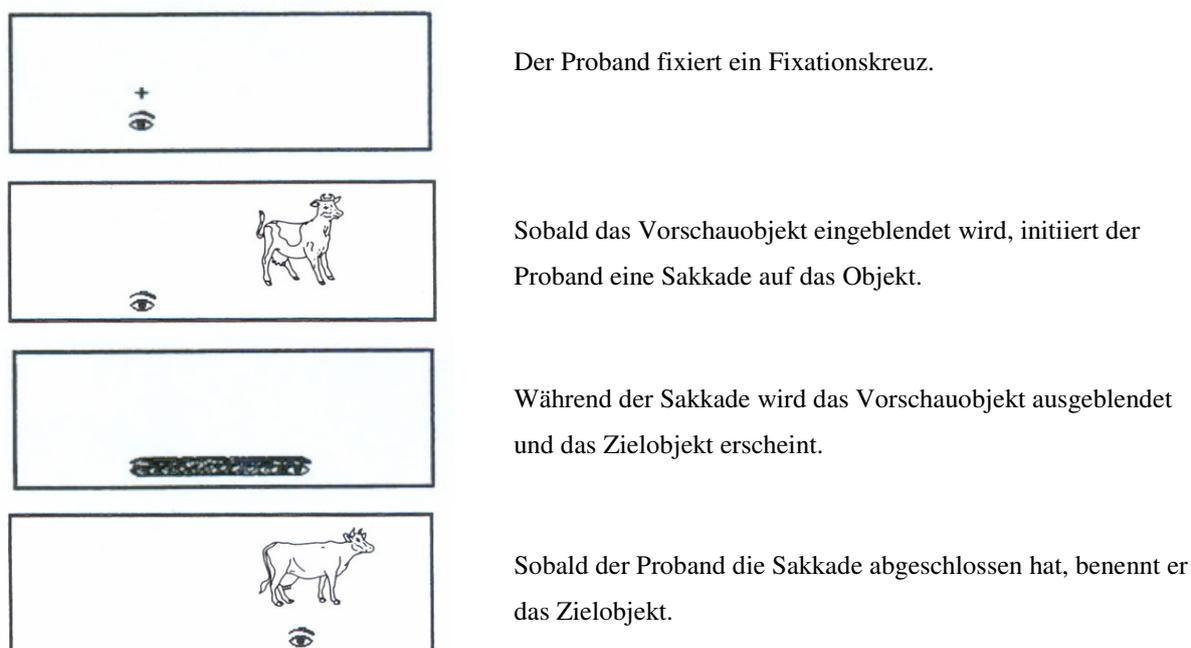


Abbildung 2.4.1: Experimentelles Vorgehen von Pollatsek, Rayner und Collins (1984; nach Pollatsek, Rayner & Collins, 1984; S. 437)

In Nähe des Fixationspunkts wird ein Vorschauobjekt präsentiert. Sobald dieser Stimulus erscheint, haben die Probanden die Aufgabe, eine Sakkade auszuführen, um das Objekt zu fixieren und es zu benennen. Während der Sakkade kann das Objekt unverändert bleiben oder auf verschiedene Weise verändert werden. In beiden Fällen sind unterschiedlich starke Erleichterungseffekte bei der Objektidentifikation zu beobachten. Verglichen mit dem Fall, dass kein Vorschauobjekt präsentiert wird, erleichtert es das Benennen des Zielobjekts am stärksten, wenn genau dasselbe Objekt als Vorschau dient (Henderson, 1994, Henderson & Siefert, 1999, 2001; Pollatsek, Rayner & Collins, 1984; Pollatsek, Rayner & Henderson, 1990). Schwächere Effekte finden sich, wenn zwischen Vorschauobjekt und dem zu identifizierenden Objekt lediglich bestimmte Ähnlichkeiten bestehen. Der Umstand, dass das Vorschauobjekt die Identifikation des Zielobjekts beeinflusst, obwohl zwischenzeitlich eine Sakkade ausgeführt wird, zeigt, dass Information von dem Vorschauobjekt über die Sakkade hinweg erhalten bleibt. Welche Objektmerkmale im transsakkadischen Gedächtnis überdauern, kann daraus abgelesen werden, welche Ähnlichkeiten zwischen Vorschau- und Zielobjekt die Objektidentifikation zu beeinflussen vermögen.

Ziel von *transsaccadic preview*-Studien ist es, die Objektwahrnehmung im Laufe mehrerer Fixationen zu untersuchen und zu ermitteln, wie Information zu ein und demselben Objekt über Sakkaden hinweg angesammelt und zusammengefügt wird. Es zeigte sich, dass zu dem beobachtbaren Vorschauvorteil unterschiedliche Prozesse beitragen: Zum einen wird die Objektidentifikation durch Priming von konzeptuellen Objekt-*type*-Repräsentationen im Langzeitgedächtnis erleichtert, zum anderen sind auch Integrationsprozesse in einem episodischen Objekt-*token*-Repräsentationssystem beteiligt (Henderson, 1994; Henderson & Anes, 1994; Henderson & Siefert, 2001). Die Vorschauvorteile werden von den Autoren daher nicht als Priming-Effekte, sondern allgemeiner als Vorschauvorteil (engl.: *preview benefit*) bezeichnet (vgl. auch Kahneman, Treisman & Gibbs, 1992). Die Experimente in *transsaccadic preview*-Studien sind den Untersuchungen sehr ähnlich, die Kahneman, Treisman und Gibbs (1992) durchgeführt haben, um ihre einflussreiche *object file theory* zu begründen. Während Kahneman et al. in erster Linie eine Theorie episodischer Objektrepräsentation entwickelt haben, steht in *transsaccadic preview*-Untersuchungen der Aspekt der Blickbewegungen bei der Objektwahrnehmung im Vordergrund und damit die Frage, welche Art von Information über eine Sakkade hinweg erinnert und mit Information aus der folgenden Fixation kombiniert wird. Die theoretischen Vorschläge zur Objektrepräsentation in einem Objekt-*type*- und einem Objekt-*token*-System, die im Rahmen

von *transsaccadic preview*-Studien vorgebracht wurden, ähneln der *object file theory* jedoch stark.

2.4.1 Visuelle Oberflächenmerkmale

In *transsaccadic preview*-Studien war zu beobachten, dass ein Vorschauvorteil auftritt, wenn zwischen Vorschau- und Zielobjekt Ähnlichkeiten in visuellen Merkmalen bestehen. Die Identifikation des Zielobjekts wird erleichtert durch Vorschauobjekte von ähnlicher Form (z.B. Vorschau: Ball – Zielobjekt: Tomate; Pollatsek, Rayner & Collins, 1984), durch eine spiegelverkehrte Version des Zielobjekts (Pollatsek, Rayner & Collins, 1984; Henderson & Siefert, 1999, 2001) sowie durch Vorschauobjekte, die ein anderes Exemplar derselben konzeptuellen Kategorie darstellen (z.B. Vorschau und Zielobjekt sind Kühe in unterschiedlicher Körperhaltung; Pollatsek, Rayner & Collins, 1984). Dass visuell ähnliche Objekte einen Vorschauvorteil erzeugen, zeigt, dass visuelle Merkmale zur Objektform über eine Sakkade hinweg erinnert werden und sich auf die Objektidentifikation in der nächsten Fixation auswirken.

Vergleicht man die Höhe des Vorschaueffekts, wenn als Vorschau dasselbe Objekt oder ein ähnlich aussehendes Objekt gezeigt werden, kann ein weiterer Schluss gezogen werden: Dass eine stärkerer Vorteil besteht, wenn als Vorschau genau dasselbe Objekt präsentiert wird als wenn das Vorschauobjekt lediglich visuell ähnlich ist, spricht dafür, dass in beiden Fällen unterschiedliche Information aus der Vorschau gespeichert wird. Über eine Sakkade hinweg werden visuelle Objektmerkmale also soweit gespeichert, dass einzelne Objekt-*tokens* unterschieden werden können.

Eine Untersuchung von Henderson (1997) verdeutlicht jedoch, dass die Konturen eines Objekts im transsakkadischen Gedächtnis nicht punktgenau erinnert werden können. Henderson präsentierte seinen Probanden als Vorschau Objekte, die teilweise durch senkrechte Streifen verdeckt waren, wie wenn sie durch einen Zaun betrachtet werden. Als Zielobjekte dienten teilweise dieselben Konturteile wie in der Vorschau, teilweise wurden nun komplementäre Konturteile der Objekte gezeigt, die in der Vorschau durch Streifen verdeckt gewesen waren. Obwohl sich im letzteren Fall jedes Pixel von Vorschau- zu Zielobjekt veränderte, entstanden in beiden Fällen Vorschauvorteile von vergleichbarer Höhe. Darüber hinaus bemerkten Probanden solche Konturveränderung nur sehr selten.

2.4.2 Objektgröße

Größenveränderungen zeigen im *transsaccadic preview*-Paradigma im Gegensatz zu Veränderungen visueller Objektmerkmale keine Auswirkungen: Wird als Vorschau- und Zielobjekt dasselbe Objekt in veränderter Größe gezeigt, mindert dies den Vorschauereffekt nicht (Pollatsek, Rayner & Collins, 1984). Wie bereits Ergebnisse von Studien zur visuellen Stabilität (vgl. 2.2.3) legen somit auch *transsaccadic preview*-Untersuchungen nahe, dass die Größe eines Objekts über Sakkaden hinweg nicht exakt erinnert wird.

Zu einem anderen Ergebnis kommen jedoch Palmer und Ames (1992): Die Autoren konnten zeigen, dass Höhe und Länge von geometrischen Figuren sowie Abstände zwischen zwei Punkten durchaus genau erinnert werden können, wenn Objekte über Sakkaden hinweg verglichen werden sollen. Dies verdeutlicht, dass es zumindest unter bestimmten Bedingungen möglich ist, die genaue Größe eines Objekts von Fixation zu Fixation zu speichern.

2.4.3 Objektposition

Im Gegensatz zu Größenveränderungen wirken sich Positionsveränderungen zwischen Vorschau- und Zielobjekt mindernd auf den Vorschauvorteil aus (Henderson, 1994, Henderson & Anes, 1994; Pollatsek, Rayner & Henderson, 1990). Wenn sich die Position des zu benennenden Objekts ändert, wird der Vorschauvorteil leicht herabgesetzt, besteht aber dennoch in erheblichem Maße weiter. Aus diesem Ergebnis wurden Rückschlüsse auf die Beteiligung zweier unterschiedlicher Prozesse an dem Zustandekommen des Vorschauereffekts gezogen, eines Objekt-*type*- und eines Objekt-*token*-Repräsentationssystems.

Die Präsentation eines Vorschauobjekts führt einerseits zur Aktivierung einer konzeptuellen Objekt-*type*-Repräsentation im Langzeitgedächtnis sowie andererseits zum Aufbau einer episodischen Objekt-*token*-Repräsentation. Das Objekt-*type*-System ermöglicht es, wahrgenommene Objekte zu identifizieren, während das Objekt-*token*-System dazu dient, Information zu aktuell wahrgenommenen Objekten zu bündeln und gegebenenfalls zu aktualisieren (vgl. Henderson, 1994; Henderson & Siefert, 2001; Irwin & Andrews, 1996; Kahneman, Treisman & Gibbs, 1992). Wenn die Positionen von Vorschau- und Zielobjekt nicht übereinstimmen, hat dies Folgen für das episodische Objekt-*token*-Repräsentationssystem, jedoch nicht für das Objekt-*type*-System: Wahrgenommene Objekte aktivieren im Objekt-*type*-System lediglich semantische Objektinformation. Diese Aktivierung ist jedoch in keiner Weise mit einem bestimmten wahrgenommenen Objekt verbunden, daher macht es für

Objekt-*type*-Repräsentationen keinen Unterschied, ob ein Objekt im Blickfeld seine Position ändert oder nicht. Solange nur seine konzeptuelle Klassenzugehörigkeit unverändert bleibt, kann aus diesem System ein Vorschauvorteil entstehen. Im episodischen Objekt-*token*-System wird dagegen Information zu bestimmten wahrgenommenen Objekten von Fixation zu Fixation zusammengeführt. Um aufgenommene Information einzelnen Objekten zuordnen zu können, wird ein Objekt durch seine raum-zeitliche Kontinuität als ein und dasselbe Objekt erkannt; semantische oder visuelle Objektmerkmale tragen nicht zur Identifikation eines Objekt-*tokens* bei (Henderson, 1994; Henderson & Siefert, 2001; Kahneman, Treisman & Gibbs, 1992). Erscheint ein Zielobjekt im *transsaccadic preview*-Paradigma nun an einer anderen Position als in der Vorschau, ohne dass eine sichtbare Bewegung an die neue Position stattgefunden hat, können das Vorschauobjekt und das Zielobjekt im Objekt-*token*-System nicht als dasselbe Objekt identifiziert werden, da keine raum-zeitliche Kontinuität gegeben ist. Information zu dem Zielobjekt kann daher nicht derselben Objekt-*token*-Repräsentation zugeführt werden wie Information zu dem Vorschauobjekt; für das Zielobjekt muss eine neue Objekt-*token*-Repräsentation aufgebaut werden. Da dies mehr Zeit beansprucht, als wenn eine bestehende Repräsentation aktualisiert wird, entsteht in diesem Fall aus dem Objekt-*token*-System kein Vorschauvorteil.

Die Annahme, dass zum Vorschauvorteil Objekt-*type*- und Objekt-*token*-Repräsentationen beitragen können, wird durch weitere Ergebnisse gestützt, die zeigen, dass sich die positionsabhängige und die positionsunabhängige Komponente des Vorschauvorteils differentiell beeinflussen lassen. So wird allein die positionsabhängige Komponente davon berührt, dass in der Vorschau bedeutungshaltige Flanker-Objekte präsentiert werden oder dass das Vorschauobjekt eine spiegelverkehrte Version des Zielobjekts darstellt (Henderson, 1994; Henderson & Anes, 1994; Henderson & Siefert, 2001).

2.4.4 Zusammenfassung

Insgesamt gesehen kann aus *transsaccadic preview*-Studien geschlossen werden, dass von Objekten über Sakkaden hinweg ihre konzeptuelle Klassenzugehörigkeit, ihre Position und einige visuelle Merkmale erhalten bleiben. Dabei werden Objekte im transsakkadischen Gedächtnis nicht punktgenau erinnert, aber doch so detailliert, dass einzelne Objekte derselben konzeptuellen Kategorie unterschieden werden können. Wenn mehrere Objekte innerhalb natürlicher Szenen wahrgenommen werden, besteht jedoch ein Problem: Dies ist die nachgewiesene Kapazitätsbegrenzung des transsakkadischen Gedächtnisses (s. 2.2.4). Wenn das transsakkadische Gedächtnis von begrenzter Kapazität ist, können in ihm nur eine

begrenzte Anzahl von Elementen aufgenommen werden, während eine Szene betrachtet wird. Da semantische Objektinformation durch Aktivierung im Langzeitgedächtnis (Objekt-type-System) repräsentiert wird, ist sie von der Kapazitätsbegrenzung nicht betroffen, wohl aber sind es visuelle Objektmerkmale. Wie viel visuelle Oberflächeninformation kann also beim Betrachten natürlicher Szenen von einer Reihe wahrgenommener Objekte erinnert werden?

2.5 Kapazitätsgrenzen des visuellen Arbeitsgedächtnisses

Wie Irwin (1991; 1992b; 1992c) zeigen konnte, wird zur Speicherung visueller Objektinformation über Sakkaden hinweg das visuelle Arbeitsgedächtnis genutzt (s. 2.2.4). Ein zentrales Merkmal des Arbeitsgedächtnissystems sind seine Kapazitätsgrenzen. Auch wenn noch nicht abschließend geklärt ist, wie diese genau zu charakterisieren sind (vgl. Cowan, 2001), finden sich in der Literatur einige konkrete Begrenzungsangaben. Diese bestehen zumeist in einer Anzahl von Objektrepräsentationen, da sich in Untersuchungen zum visuellen Arbeitsgedächtnis gezeigt hat, dass seine Einheiten nicht einzelne visuelle Merkmale, sondern *chunks* von Objekten sind, die sich in mehreren visuellen Merkmalen unterscheiden können (z.B. Lee & Chun, 2001; Luck & Vogel, 1997; Vogel, Woodman & Luck, 2001). Als Kapazitätsgrenze des visuellen Arbeitsgedächtnisses wird meistens die Anzahl von drei bis vier, bisweilen auch von fünf Objekten genannt (Jiang, Olson & Chun, 2000; Luck & Vogel, 1997; Pashler, 1988; Todd & Marois, 2004; Vogel, Woodman & Luck, 2001). Alvarez und Cavanagh (2004) weisen jedoch darauf hin, dass diese Grenze nicht unbedingt allgemein gültig ist. Vielmehr lassen sich unterschiedlich hohe Begrenzungen für unterschiedlich komplexe Objekte beobachten. In jedem Fall besteht jedoch Einigkeit darüber, dass dem Speichern von Information im visuellen Arbeitsgedächtnis enge Grenzen gesetzt sind.

Bezüglich der Frage, wie viel visuelle Oberflächeninformation von Objekten beim Betrachten einer natürlichen Szene über mehrere Fixationen hinweg angesammelt werden kann, liefern Studien aus unterschiedlichen Forschungsrichtungen auf den ersten Blick gegensätzliche Ergebnisse. Befunde aus transsakkadischen Teilberichtsstudien (s. 3.1) sowie solche aus einigen Untersuchungen zum *change blindness*-Phänomen (s. 3.3) scheinen gut zu der Konzeption des kapazitätsbegrenzten visuellen Arbeitsgedächtnisses zu passen. Andere Ergebnisse aus *change detection*-Studien (s. 3.5) können dagegen nicht in diesem Rahmen

erklärt werden. Dementsprechend wurden konkurrierende Ansätze dazu vorgebracht, wie detailliert Objekte innerhalb natürlicher Szenen repräsentiert werden. Die aus transsakkadischen Teilberichtsstudien heraus entwickelte *object file theory of transsaccadic memory* (s. 3.2) sowie die ausgehend von *change blindness*-Untersuchungen entwickelte *coherence theory* (s. 3.4) postulieren beide, dass visuelle Oberflächeninformation von Objekten in Szenen nur kurzzeitig in sehr begrenztem Umfang gespeichert wird. Die *visual memory theory of scene representation* (s. 3.6) nimmt dagegen an, dass detaillierte visuelle Objektrepräsentationen langfristig in erheblichem Umfang abrufbar bleiben. Diese Untersuchungen und theoretischen Vorschläge werden im nun folgenden Kapitel 3 dargestellt.

3 Speichern visueller Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen: Befunde und Theorien

3.1 Transsakkadische Teilberichtsstudien

In mehreren Studien haben sich Irwin und Mitarbeiter direkt mit den Kapazitätsgrenzen des transsakkadischen Gedächtnisses befasst (Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996; Irwin & Zelinsky, 2002). Dazu führten sie transsakkadische Teilberichtsaufgaben mit Buchstabenanordnungen und Anordnungen natürlicher Objekte durch (s. Abbildung 3.1.1). In beiden Fällen zeigte sich, dass über eine Sakkade hinweg sowie im Laufe mehrerer Fixationen nur eine begrenzte Anzahl von Objekt-*tokens* erinnert werden kann. Auch wenn in diesen Studien keine natürlichen Szenen eingesetzt wurden, können ihre Ergebnisse auf das Wahrnehmen von Objekten innerhalb von Szenen übertragen werden.

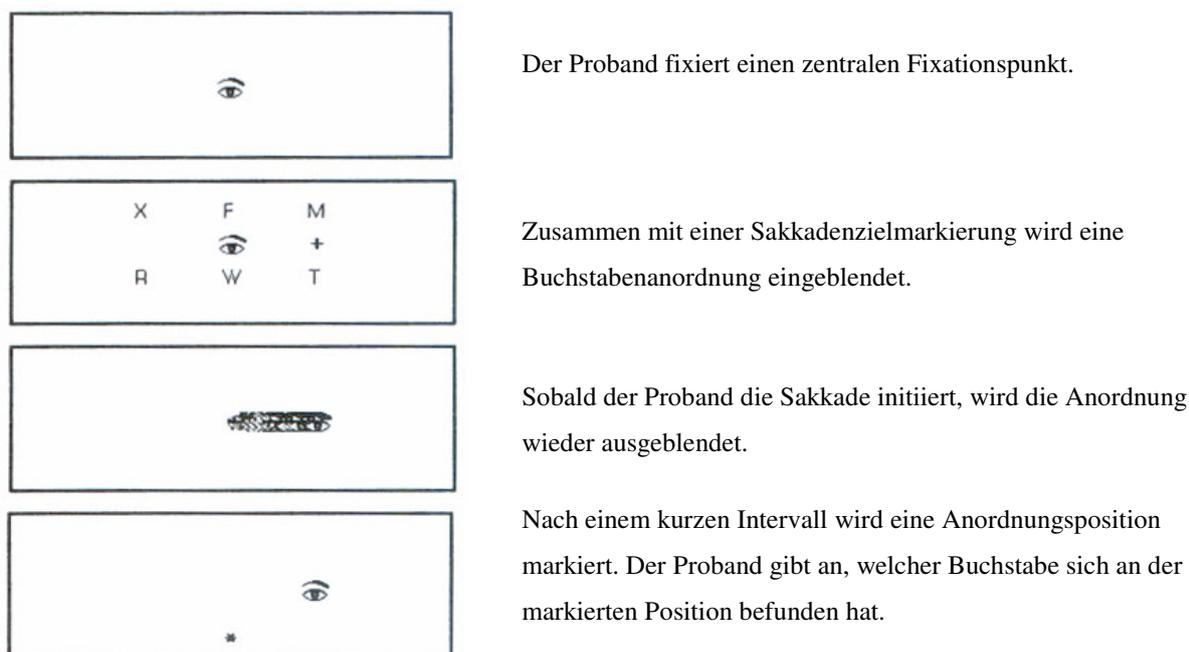


Abbildung 3.1.1: Experimentelles Vorgehen von Irwin und Andrews (1996; aus: Irwin & Andrews, 1996, S. 133)

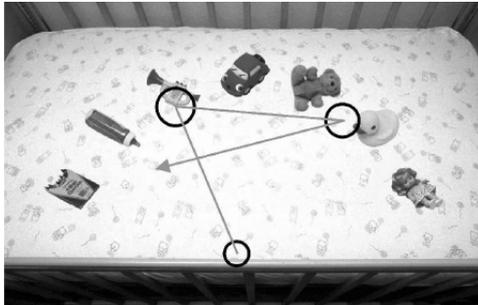
Irwin und Andrews (1996) präsentierten Probanden eine Anordnung farbiger Buchstaben für die Dauer einer Fixation (ca. 340ms), bis eine Sakkade zu einem Zielpunkt initiiert wurde. Nach einem kurzen Intervall, während dem die Blickbewegung abgeschlossen werden konnte, wurde eine Anordnungsposition markiert und die Probanden hatten die Aufgabe, Farbe und Identität des Buchstabens anzugeben, der sich an der entsprechenden Anordnungsposition befunden hatte. Es wurden also Gedächtnisleistungen für Position-Buchstabenidentität-Farb-

Einheiten untersucht, d.h. Objekt-*tokens*. Irwin und Andrews fanden heraus, dass nach einer Sakkade drei bis vier Objekte der Anordnung richtig identifiziert werden konnten. Diese Kapazitätsgrenze des transsakkadischen Gedächtnisses deckt sich mit der aus früheren Untersuchungen (Irwin, 1992a). Wenn statt einer Fixation zwei Fixationen auf die Buchstabenanordnung ausgeführt wurden, waren etwas höhere Gedächtnisleistungen zu beobachten: In einer transsakkadischen Teilberichts-aufgabe mit zehn Objekten stieg die Trefferquote von 43% auf 46%, was einer Anzahl von 3,7 bzw. 4,0 erinnerten Objekten entspricht². Dieses Ergebnis interpretierten die Autoren dahingehend, dass Information über Sakkaden hinweg nicht wesentlich akkumulieren kann, da das transsakkadische Gedächtnis starken Beschränkungen unterlegen ist.

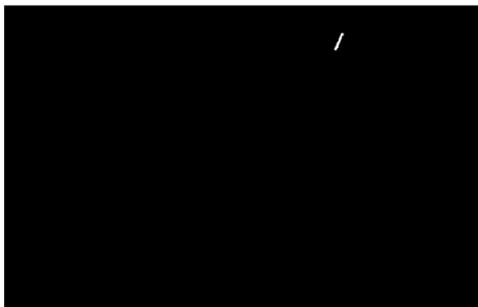
Wie viele Objekt-*tokens* im transsakkadischen Gedächtnis gespeichert werden können, wenn mehrere Fixationen auf eine Anordnung ausgeführt werden, wurde weiter von Irwin und Zelinsky (2002) untersucht (s. Abbildung 3.1.2). Sie präsentierten ihren Probanden eine halbkreisförmige Anordnung von sieben natürlichen Objekten, die frei betrachtet werden konnte. Nach einer bestimmten Anzahl von Fixationen wurde die Objktanordnung ausgeblendet und, sobald die letzte Sakkade beendet worden war, wurde eine Anordnungsposition markiert. Die Probanden sollten nun das Objekt identifizieren, das sich an der markierten Position befunden hatte. Auch Irwin und Zelinsky untersuchten somit ein transsakkadisches Erinnern von Objekt-*tokens*, nämlich Positions-Objektidentitäts-Einheiten. Die Trefferquoten in der transsakkadischen Teilberichts-aufgabe waren umso höher, je mehr Fixationen die Probanden auf die Anordnung ausgeführt hatten. Nach einer Fixation (174ms) war eine Trefferquote von 36% zu beobachten, was 1,8 erinnerten Objekten entspricht. Wenn bis zu 15 Fixationen (4.927ms) auf die Anordnung ausgeführt wurden, stieg die Trefferquote schrittweise bis zu einer Höhe von 78%; dies entspricht 5,2 erinnerten Objekten. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass die Anzahl der Objekt-*tokens*, die im transsakkadischen Gedächtnis gespeichert wird, kontinuierlich ansteigt, je länger eine Vorlage betrachtet wird. Objekt-*token*-Information kann jedoch nicht in unbegrenztem Umfang angesammelt werden. Betrachtet man, wie viele Objekte während der Displaypräsentation fixiert wurden, ist zu beobachten, dass sich die Trefferquote in der Teilberichts-aufgabe nicht weiter steigert, wenn

² Um von einer Trefferquote in der Teilberichts-aufgabe zur Anzahl der erinnerten Objekt-*tokens* zu gelangen, die eine solche Teilberichtsleistung ermöglichen, gingen Irwin und Kollegen wie folgt vor: Zunächst korrigierten sie die Trefferquote um die Ratewahrscheinlichkeit in der Aufgabe mit der Formel $p = (x - g)/(1 - g)$, wobei p der korrigierten Trefferquote, x der unkorrigierten Trefferquote und g der Ratewahrscheinlichkeit entspricht. Dann multiplizierten sie die korrigierte Trefferquote p mit der Anzahl der Items im Teilberichtsdisplay, um zu der Anzahl erinnerter Objekte zu gelangen (vgl. Irwin & Zelinsky, 2002).

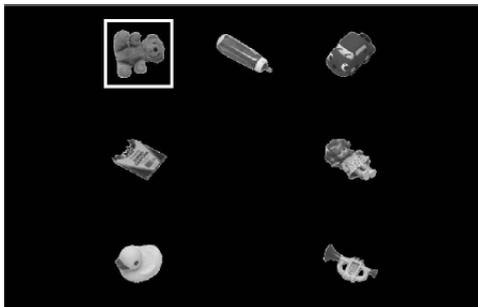
sechs oder alle sieben Objekte fixiert worden sind. In beiden Fällen werden 5,4 Objekt-*tokens* erinnert. Irwin und Zelinsky werteten dies als Beleg für eine Kapazitätsgrenze des transsakkadischen Gedächtnisses, in dem lediglich Information von bis zu fünf Objekten akkumulieren kann.



Ausgehend von der Startposition an der unteren Bildschirmmitte führt der Proband mehrere Fixationen auf eine Objektanordnung aus.



Nach einer festgelegten Anzahl von Fixation wird die Anordnung ausgeblendet und der Bildschirm bleibt schwarz, bis die letzte Sakkade abgeschlossen ist. Dann wird eine Anordnungsposition markiert.



Nach einem weiteren Intervall von 2 Sekunden wählt der Proband das Objekt, das sich an der markierten Anordnungsposition befunden hat, aus einer Testanordnung aus.

Abbildung 3.1.2: Experimentelles Vorgehen von Irwin und Zelinsky (2002; aus: Irwin & Zelinsky, 2002, S. 885)

Als ein weiteres Ergebnis zeigte sich, dass solche Objekte, die kurz vor Ausblenden der Anordnung fixiert worden waren, besonders gut erinnert werden konnten. Genauer gesagt, betrifft der Gedächtnisvorteil die drei zuletzt fixierten Objekte sowie das Objekt, das als Ziel der letzten Sakkade ausgewählt worden war, die zum Ausblenden des Displays führte. Ein Sakkadenziel-Effekt fand sich auch in Studien mit Buchstabenanordnungen, auf die nur eine Fixation ausgeführt wurde (Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996). Die Tatsache, dass auch das Zielobjekt der letzten Sakkaden besser erinnert wird, obwohl es nie fixiert worden ist, spricht dafür, dass nicht das Fixieren, sondern das Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu einem Objekt vor Beginn einer Blickbewegung den Gedächtnisvorteil erzeugt (s. 5.1). Insgesamt verdeutlicht der beobachtbare Gedächtnisvorteil, dass Objekte im

transsakkadischen Gedächtnis dynamisch repräsentiert werden, sodass für kürzlich fixierte und beachtete Objekte stärkere Gedächtnisspuren bestehen.

3.1.1 Zusammenfassung

Irwin und Mitarbeiter konnten also in mehreren Studien Kapazitätsgrenzen des transsakkadischen Gedächtnisses nachweisen. Wenn beim Betrachten einer Anordnung mehrere Objekte wahrgenommen werden, können Objekt-*token*-Repräsentationen lediglich in sehr begrenztem Umfang akkumulieren. Kürzlich beachtete Objekte werden dabei besser erinnert als solche Objekte, die zeitlich früher fixiert worden sind. In den genannten Studien wurde dabei stets ermittelt, in welchem Umfang Positions-Objektidentitäts-Einheiten im transsakkadischen Gedächtnis gespeichert werden. Wie viel visuelle Oberflächeninformation von einzelnen Objekten im Laufe mehrerer Fixationen angesammelt wird, wurde nicht direkt untersucht. Da visuelle Objektmerkmale definitionsgemäß Teil von Objekt-*token*-Repräsentationen sind, lässt sich jedoch vermuten, dass visuelle Oberflächeninformation nur von den im transsakkadischen Gedächtnis enthaltenen drei bis fünf Objekt-*tokens* erinnert wird.

3.2 *Object File Theory of Transsaccadic Memory*

Aus seinen Untersuchungen zum transsakkadischen Gedächtnis entwickelte Irwin eine Theorie der Objektrepräsentation über Sakkaden hinweg, die auf der *object file theory* von Kahneman und Treisman basiert (Kahneman, Treisman & Gibbs, 1992; Treisman, 1988), und daher als *object file theory of transsaccadic memory* bezeichnet wird (Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996; Irwin & Zelinsky, 2002). Wie in der Ausgangstheorie nimmt Irwin mehrere Ebenen der Objektrepräsentation an: Das Vorhandensein unterschiedlicher visueller Merkmale (z.B. Farbe, Form) innerhalb des betrachteten Umweltausschnitts wird in mehreren Merkmalskarten (engl. *feature maps*) unabhängig voneinander registriert. Mittels einer Positionskarte (engl. *master map of locations*), die den wahrgenommenen Raum repräsentiert, wird registriert, an welcher Position sich einzelne Merkmale befinden. Eine zentrale Idee der *object file theory* ist, dass das Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu einer räumlichen Position zum Aufbau einer einheitlichen Objektrepräsentation aus einzelnen Merkmalen führt. Wenn einer Position innerhalb des wahrgenommenen Raums nun visuelle Aufmerksamkeit zugewandt wird, werden die an dieser Stelle vorhandenen visuellen Merkmale zu einer

episodischen Objekt-*token*-Repräsentation verbunden (z.B. eine farbige Form). Dieses so genannte *object file* ist eine episodische Objektrepräsentation, in der Information zu Position, visuellen Oberflächenmerkmalen und auch semantischen Merkmalen eines Objekts gebündelt wird. Semantische Objektmerkmale werden durch Aktivierung von Knoten innerhalb eines konzeptuellen Netzes im Langzeitgedächtnis verfügbar, das der Identifikation von Objekt-*types* dient und Objektbeschreibungen und -namen enthält.

In der *object file theory of transsaccadic memory* beschreibt Irwin weiter, wie Objekte über Sakkaden hinweg repräsentiert werden. Wenn ein Objekt im Fokus der visuellen Aufmerksamkeit steht, gelangt sein *object file* ins transsakkadische Gedächtnis, das Irwin, wie bereits dargestellt, mit dem visuellen Arbeitsgedächtnis gleichsetzt. Im visuellen Arbeitsgedächtnis können drei bis fünf *object files* wahrgenommener Objekte angesammelt werden, dann ist seine Kapazität erschöpft. Wenn mehr Objekte wahrgenommen werden, als die Kapazität des visuellen Arbeitsgedächtnisses fassen kann, fallen *object files* von zeitlich weiter zurückliegend wahrgenommenen Objekten wieder aus dem Arbeitsgedächtnis heraus, vermutlich dadurch, dass sie durch neu aufgebaute *object files* überschrieben werden. Dies hat zur Folge, dass *object files* jeweils nur von einigen kürzlich fixierten bzw. beachteten Objekten gespeichert werden können.

Ist ein *object file* nicht mehr im visuellen Arbeitsgedächtnis vorhanden, kann dennoch semantische Objektinformation durch Restaktivierung im Langzeitgedächtnis erhalten bleiben. Zusätzlich kann restliche Aktivierung in den Merkmalskarten bestehen. Abweichend von der *object file theory* wird in der *object file theory of transsaccadic memory* angenommen, dass in Merkmalskarten auch grobe Positionsinformation gespeichert wird, sodass über fortbestehende Aktivierung in Merkmalskarten das Vorhandensein einzelner Merkmale erinnert und einer ungefähren Position zugeordnet werden kann. Vollständige Objekt-*tokens* werden so jedoch nicht repräsentiert. Diese beiden Zusatzannahmen überdauernder Aktivierung wurden von Irwin und Andrews (1996) in die *object file theory of transsaccadic memory* aufgenommen, um zwei häufig auftretende Arten von Verwechslungsfehlern in transsakkadischen Teilberichtsaufgaben zu erklären: Durch Restaktivierung im Langzeitgedächtnis kann es eher zu Verwechslungen mit anderen Items aus der Testanordnung kommen als zu Verwechslungen mit Items, die nicht in der Anordnung vorhanden sind. Durch Restaktivierung in den Merkmalskarten, die auch die ungefähre Position von Merkmalen repräsentieren, ist es möglich, dass Farben benachbart liegender Items häufiger verwechselt werden als Farben von Items, die weiter voneinander entfernt liegen. Beide Arten von Restaktivierung zerfallen einige Zeit, nachdem der Stimulus nicht mehr zu sehen ist; wie lange

sie überdauern können, beschreibt Irwin jedoch nicht. Dass es durch bestehende Aktivierung in den Merkmalskarten möglich ist, einzelne in der Anordnung vorhandene visuelle Merkmale über längere Zeit hinweg zu erinnern, während der unter Umständen mehrere weitere Stimuli wahrgenommen werden, ist jedoch unwahrscheinlich. In ihren Experimenten verwendeten Irwin und Mitarbeiter Intervalle von 40 bis 750 Millisekunden zwischen Ausblenden der Objktanordnung und Teilberichtstest. Die als Restaktivierungseffekte interpretierten Verwechslungsfehler traten also nach einem relativ kurzen Intervall auf und ohne, dass zwischenzeitlich ein weiterer visueller Stimulus wahrgenommen wurde.

3.2.1 Speichern visueller Oberflächeninformation von Objekten in Szenen gemäß der *Object File Theory of Transsaccadic Memory*

Wie ist der *object file theory of transsaccadic memory* nach nun die Frage zu beantworten, in welchem Umfang visuelle Oberflächeninformation von Objekten beim Betrachten natürlicher Szenen gespeichert wird? Eine Objektrepräsentation, die visuelle Merkmale umfasst, besteht nur dann, wenn sich ein *object file* des Objekts im visuellen Arbeitsgedächtnis befindet. Dort können zu jedem Zeitpunkt lediglich drei bis fünf *object files* gespeichert werden. Während des Betrachtens einer Szene ist es also nicht möglich, visuelle Oberflächeninformation von unbegrenzt vielen Objekten gleichzeitig zu repräsentieren, vielmehr existieren stets nur einige wenige detaillierte Objekt-*token*-Repräsentationen. Die innerhalb einer Szene enthaltenen Objekte werden insofern ausschnitthaft und sparsam repräsentiert. Zusätzlich besteht bei der Repräsentation von Objekten eine Dynamik: *Object files* bestehen nur von kürzlich fixierten bzw. beachteten Objekten. Von früher wahrgenommenen Objekten bleiben keine visuelle Oberflächenmerkmale umfassenden Objekt-*token*-Repräsentationen erhalten. Während eine Szene betrachtet wird, ändert sich also fortlaufend, welche Objekte detailliert und welche undetailliert repräsentiert werden. Ein entscheidender Faktor hierbei ist die visuelle Aufmerksamkeit: Da *object files* nur von beachteten Objekten aufgebaut werden, bestimmt die Bewegung der visuellen Aufmerksamkeit beim Betrachten einer Szene, von welchen Objekten visuelle Merkmale gespeichert werden.

Während eine natürliche Szene betrachtet wird, werden also jeweils nur einige wenige darin enthaltene Objekte in ihren Einzelheiten repräsentiert. Die *object file theory of transsaccadic memory* sieht dabei nur vor, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in *object files* gespeichert werden. Sobald sich ein *object file* nicht mehr im visuellen Arbeitsgedächtnis befindet, können folglich auch keine visuellen Objektmerkmale mehr abgerufen werden. In diesem Fall kann von einem Objekt allein Objekt-*type*-Information im Langzeitgedächtnis

überdauern. Diese Annahme hat bestimmte Konsequenzen für das langfristige Erinnern von Objekten innerhalb von Szenen: Sobald sich eine Szene nicht mehr vor den Augen des Betrachters befindet, bestehen die *object files* der zuletzt fixierten bzw. beachteten Objekte im visuellen Arbeitsgedächtnis noch eine Zeit lang fort, bis sie durch neu eintreffende Information ersetzt werden. Bis dahin können visuelle Oberflächenmerkmale der entsprechenden Objekte abgerufen werden, später ist dies jedoch nicht mehr möglich. Aus der *object file theory of transsaccadic memory* kann daher abgeleitet werden, dass von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig keine visuelle Oberflächeninformation sondern lediglich semantische Information erinnert werden kann.

3.2.2 Zusammenfassung

Aus verschiedenen Untersuchungen zum transsakkadischen Gedächtnis wird deutlich, dass beim Wahrnehmen natürlicher Szenen zu jedem Zeitpunkt nur einige wenige Objekte detailliert repräsentiert werden. Zwar zeigen *transsaccadic preview*-Studien, dass über Sakkaden hinweg visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten gespeichert werden, transsakkadische Teilberichtsstudien lassen jedoch erkennen, dass im Laufe mehrerer Fixationen visuelle Oberflächeninformation von mehreren Objekten nur in begrenztem Maße angesammelt werden kann, da jeweils nur wenige Objekt-*token*-Repräsentationen gespeichert werden können. Die aus transsakkadischen Gedächtnisstudien heraus entwickelte *object file theory of transsaccadic memory* beschreibt eine sparsame und dynamische Art der Repräsentation von Objekten in natürlichen Szenen (Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996; Irwin & Zelinsky, 2002). Da die Theorie ausschließlich annimmt, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert werden und dort nicht dauerhaft erhalten bleiben, kann abgeleitet werden, dass bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen zunächst aufgenommene visuelle Objektmerkmale langfristig unweigerlich verloren gehen.

Sehr ähnliche Schlussfolgerungen wurden aus Untersuchungen zum Phänomen der *change blindness* sowie aus einigen Studien zur visuellen Suche gezogen. *Change blindness* hat sich ab Mitte der Neunziger Jahre zu einem äußerst populären Forschungsgebiet entwickelt, besonders aus dem Grund, da nicht erwartet worden war, unter welcher großen Bandbreite von Bedingungen dieses Wahrnehmungsphänomen hervorzurufen ist. Im Zuge dieser Entwicklung wurde das Auftreten des *change blindness*-Phänomens immer wieder als Beleg dafür angeführt, dass der Wahrnehmung und Speicherung visueller Information enge Grenzen

gesetzt sind. Während aus der *change blindness*-Forschung vergleichsweise radikale Vorschläge hervorgingen, nach denen gar keine visuellen Oberflächenmerkmale eines Objekts gespeichert werden, sobald ihm keine Aufmerksamkeit mehr zugewandt wird (z.B. O'Regan, 1992; Rensink, 2000a), wurden ähnliche zunächst vorgebrachte Vorschläge aus der Forschung zur visuellen Suche nicht lange aufrechterhalten (Horowitz & Wolfe, 1998; Wolfe, 1999; dagegen: Horowitz & Wolfe, 2003; Wolfe, Klempen & Dahlen, 2000). Im folgenden Abschnitt wird das Wahrnehmungsphänomen der *change blindness* ausführlicher dargestellt. Anschließend wird mit Rensinks *coherence theory* eine vorrangig aus *change blindness*-Studien heraus entwickelte visuelle Gedächtnistheorie vorgestellt, die wie die *object file theory of transsaccadic memory* auf der Annahme basiert, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten innerhalb natürlicher Szenen nur in sehr begrenztem Umfang repräsentiert werden.

3.3 *Change Blindness*-Phänomen

Unter der Bezeichnung *change blindness* wird ein Wahrnehmungsphänomen verstanden, nämlich die Schwierigkeit, Veränderungen an visuellen Vorlagen zu entdecken, selbst wenn aktiv nach ihnen gesucht wird (Rensink, O'Regan & Clark, 1997; s.a. 2.1.3). Dieser Zustand tritt vor allem dann auf, wenn eine Veränderung vorgenommen wird, während die Vorlage nicht sichtbar ist. Da es schwer, aber nicht unmöglich ist, derartige Veränderungen zu entdecken, ist die Bezeichnung „Blindheit“ etwas irreführend. *Change blindness* kann sowohl beim Betrachten von komplexen natürlichen Szenen als auch von Anordnungen einfacher visueller Stimuli entstehen und lässt sich unter einer Vielzahl von Bedingungen hervorrufen. Abbildung 3.3.1 zeigt ein Veränderungsbeispiel aus einer *change detection*-Studie³.

Zuerst wurde das Phänomen beobachtet, wenn Veränderungen während Sakkaden durchgeführt wurden, wie in Studien zur visuellen Stabilität (z.B. Mack, 1970; McConkie & Currie, 1996; s.a. 2.2.3) und zum Lesen (z.B. McConkie & Zola, 1979), in denen die Informationsintegration über Sakkaden hinweg untersucht wurde. Es zeigte sich jedoch, dass *change blindness* nicht nur im Zusammenhang mit Blickbewegungen hervorzurufen ist,

³ Auf folgenden Websites sind animierte *change blindness*-Demonstrationen zu finden:
 J.K. O'Regan: <http://nivea.psychu.univ-paris5.fr/>
 R.A. Rensink: <http://www.usd.edu/psyc301/ChangeBlindness.htm>
 D.J. Simons: http://viscog.beckman.uiuc.edu/djs_lab/demos.html

sondern grundsätzlich dann, wenn das durch eine Veränderung entstehende Bewegungssignal nicht wahrgenommen werden kann. Sind die durch eine Veränderung entstehenden visuellen Übergänge (engl. *transients*) wahrnehmbar, ziehen sie die visuelle Aufmerksamkeit an und lenken sie auf die Stelle, an der die Veränderung stattgefunden hat, sodass diese leicht entdeckt werden kann. Tritt ein solches Bewegungssignal aber beispielsweise während einer Sakkade auf, kann es nicht wahrgenommen werden und die Aufmerksamkeit daher nicht auf sich ziehen. In diesem Fall muss die Vorlage schrittweise abgesucht werden, um die erfolgte Veränderung aufzuspüren. Ein wesentlicher Faktor für das Zustandekommen der *change blindness* ist somit eine fehlende Aufmerksamkeitssteuerung: Wenn die visuelle Aufmerksamkeit nicht durch das Bewegungssignal an die Stelle der Veränderung geführt wird, können Veränderungen nicht unmittelbar erkannt werden (O'Regan, 2001; O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000; Rensink, 2000b, 2002; Rensink, O'Regan & Clark, 1997, 2000).



Abbildung 3.3.1: Beispiel für eine von O'Regan, Deubel, Clark und Rensink (2000) verwendete Veränderung (aus: <http://nivea.psych.univ-paris5.fr/demos/Blink-O'Regan.gif>)

Durch bestimmte Störungen beim Betrachten von Vorlagen kann es also dazu kommen, dass durch eine Veränderung hervorgerufene visuelle Übergänge nicht wahrgenommen werden, sodass anderenfalls leicht zu erkennende Veränderungen nur noch schwer zu entdecken sind. Es wurde eine ganze Reihe unterschiedlicher störender Ereignisse identifiziert, unter denen es zu *change blindness* kommen kann (vgl. Henderson & Hollingworth, 2003a; Rensink, 2002; Simons, 2000). Das Phänomen konnte nachgewiesen werden bei Unterbrechungen der Sichtbarkeit einer Vorlage während einer Sakkade (Currie, McConkie, Carlson-Radvansky & Irwin, 2000; Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b; Hollingworth & Henderson, 2002; McConkie & Currie, 1996; Verfaillie, De Troy & Van Rensbergen, 1994), während eines Lidschlags (O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000), während eines Filmschnitts (Levin & Simons, 1997; Simons, 1996), während kurzzeitig ein leerer Bildschirm eingeblendet wird

(Aginsky & Tarr, 2000; Hollingworth & Henderson, 2000; Hollingworth, Schrock & Henderson, 2001; Rensink, O'Regan & Clark, 1997, 2000; Scholl, 2000; Simons, 1996) oder während der Blick auf ein Zielobjekt durch ein anderes Objekt verstellt wird (Levin & Simons, 1997; Simons & Levin, 1998). Tatsächlich kann *change blindness* auch dann auftreten, wenn das Angezogenwerden der visuellen Aufmerksamkeit auf die sich verändernde Stelle dadurch unterbrochen wird, dass abrupt Flecken auf der Vorlage eingeblendet werden (O'Regan, Rensink & Clark, 1999; Rensink, O'Regan & Clark, 2000). Diese müssen dabei nicht einmal die Stelle der Veränderung überdecken; es genügt, dass sie ein Signal darstellen, das die visuelle Aufmerksamkeit stärker bindet als die durch die Veränderung entstehenden Übergänge.

In *change blindness*-Untersuchungen ist es einerseits möglich, eine Veränderung nur einmal durchzuführen und anschließend zu testen, ob sie entdeckt wird. Andererseits können Veränderungen auch mehrfach durchgeführt werden, sodass das veränderte Element zwischen seinem Ausgangszustand und der veränderten Version hin und her wechselt. In diesem Fall wird ermittelt, nach wie vielen Wechseln ein Proband die Veränderung entdeckt. Solche mehrfachen Veränderungen werden im so genannten *flicker*-Paradigma durchgeführt (Rensink, O'Regan & Clark, 1997): Während Probanden eine Vorlage betrachten, wird in regelmäßigen Abständen kurz ein leerer Bildschirm eingeblendet, was den Eindruck eines Flackerns (engl. *flicker*) erzeugt. Nach einer bestimmten Anzahl von Einblendungen wird die Vorlage verändert. Der Proband hat die Aufgabe anzugeben, wann er eine Veränderung bemerkt, wo sie sich befindet und worin sie besteht. Dass das Einblenden des leeren Bildschirms das Entdecken von sonst gut sichtbaren Veränderungen stark erschwert, verdeutlicht ein Ergebnis von Rensink, O'Regan und Clark (1997): Wurde eine Veränderung eingeführt, während eine Vorlage durchgehend zu sehen war, benötigten Probanden durchschnittlich 0,9 Sekunden, um sie zu entdecken. Unter *flicker*-Bedingungen konnte dieselbe Veränderung jedoch erst nach durchschnittlich 4,7 Sekunden ermittelt werden, es kam also zu *change blindness*. Veränderungen an Elementen, die für die Bedeutung eines gezeigten Bildes nicht zentral sind, wurden durchschnittlich sogar erst nach 10,9 Sekunden entdeckt. Das *flicker*-Paradigma bietet den Vorteil, dass *change blindness* unabhängig von Sakkaden hervorgerufen werden kann, sodass es möglich ist, das Phänomen zu demonstrieren, ohne eine Apparatur einzusetzen, die Displayveränderungen in Abhängigkeit von den Blickbewegungen eines Probanden durchführt.

Ebenso wie unterschiedliche Arten von Störungen beim Betrachten einer visuellen Vorlage zu *change blindness* führen können, tritt das Phänomen auch bei vielen verschiedenen Arten von Veränderungen auf. In *change detection*-Untersuchungen, in denen natürliche Szenen zum Einsatz kamen, wurden im Allgemeinen keine Veränderungen verwendet, die Auswirkungen auf den thematischen Kerngehalt der Szene haben oder zu Anomalien führen, wie wenn ein Objekt beispielsweise auf einmal in der Luft schwebt (vgl. Rensink, 2002). Häufig eingesetzt wurden *token*-Veränderungen, also Veränderungen visueller Oberflächenmerkmale eines Objekts oder Bildelements, wie seiner Form (Henderson & Hollingworth, 2003b; Hollingworth, 2003; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001; Simons, 1996) oder Farbe (Aginsky & Tarr 2000; Hayhoe, Bensinger & Ballard, 1998; O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000; O'Regan, Rensink & Clark, 1999; Rensink, O'Regan & Clark, 1997, 2000), seiner Größe (McConkie & Currie, 1996; s.a. 2.2.3) oder räumlichen Orientierung (Henderson & Hollingworth, 1999b; Hollingworth, 2003; Hollingworth & Henderson, 2000, 2002; Hollingworth, Schrock & Henderson, 2001; Scholl, 2000). Des Weiteren wurden Objekt-*type*-Veränderungen vorgenommen, also Veränderungen der konzeptuellen Klassenzugehörigkeit eines Objekts (Henderson & Hollingworth, 2003b; Hollingworth & Henderson, 2002; Scholl, 2000), sowie Positionsveränderungen von Objekten (Aginsky & Tarr 2000; Currie, McConkie, Carlson-Radvansky & Irwin, 2000; McConkie & Currie, 1996; O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000; O'Regan, Rensink & Clark, 1999; Rensink, O'Regan & Clark, 1997, 2000; Simons, 1996; Verfaillie, De Troy & Van Rensbergen, 1994; s. auch 2.2.3) und Veränderungen, die darin bestehen, dass ein Objekt oder Bildelement in einer Szene hinzugefügt oder entfernt wurde (Aginsky & Tarr 2000; Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b; Hollingworth & Henderson, 2000; Hollingworth, Schrock & Henderson, 2001; O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000; O'Regan, Rensink & Clark, 1999; Rensink, O'Regan & Clark, 1997, 2000; Simons, Chabris, Schnur & Levin, 2002). Teilweise wurde auch die gesamte dargebotene Szene verändert, indem sie verschoben wurde (Currie, McConkie, Carlson-Radvansky & Irwin, 2000) oder sich der Blickwinkel auf die Szene veränderte (Hollingworth & Henderson, 2004). Eine besondere Art von Veränderung der gesamten Szene stellt das Verschieben von Streifen dar, die eine Abbildung so verdecken, als würde man sie durch einen Zaun betrachten. Werden die Streifen in einem *change detection*-Setting so verschoben, dass sie jeweils komplementäre Ausschnitte der Szene verdecken, ist es Probanden kaum möglich, diese Veränderungen zu entdecken, obwohl sich tatsächlich sämtliche Punkte der dargebotenen Szene verändern (Henderson & Hollingworth, 2003c; s.a. Henderson, 1997).

Insgesamt gesehen ist *change blindness* also nicht nur unter eng begrenzten Laborbedingungen zu erzeugen, sondern tritt bei einer Vielzahl von Veränderungen und Störungen des Betrachtens einer Szene auf. Es handelt sich demnach um einen robusten Wahrnehmungseffekt, der unterschiedliche Objekt- und Szenenmerkmale betreffen kann. Da dieses Wahrnehmungsphänomen auch beim Betrachten naturalistischer Stimuli wie Fotos und Filmen zu beobachten ist, und sogar im Rahmen einer alltäglichen *face to face*-Gesprächssituation erzeugt werden kann (Angelone, Levin & Simons, 2003; Simons & Levin, 1998), wurde vermutet, dass sich in der *change blindness* grundlegende Eigenheiten der visuellen Wahrnehmung widerspiegeln. Beim Entdecken von Veränderungen wurde zum einen die Rolle der visuellen Aufmerksamkeit und zum anderen die Funktion des visuellen Gedächtnisses diskutiert.

3.3.1 Entdecken von Veränderungen und visuelle Aufmerksamkeit

Die Bedeutung der Aufmerksamkeitssteuerung beim Entdecken von Veränderungen wurde bereits angesprochen: Mittels des durch die Veränderung entstehenden Bewegungssignals kann unter normalen Bedingungen erkannt werden, dass eine Veränderung stattgefunden hat und wo sie erfolgt ist. Wird dieses Signal nicht wahrgenommen, muss das präsentierte Display schrittweise nach einer erfolgten Veränderung abgesucht werden. Wenn nach Veränderungen gesucht wird, findet sich ein Zusammenhang zwischen Entdeckungsleistungen und der Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit: In Regionen, die als von zentraler Bedeutung für die gesamte Szene bewertet werden und somit beim Betrachten mehr Aufmerksamkeit erhalten, können Veränderungen besser entdeckt werden als in Regionen von untergeordneter Bedeutung (O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000; Rensink, O'Regan & Clark, 1997). Unterschiede zwischen diesen beiden Regionentypen können dadurch eliminiert werden, dass ein verbaler *cue* die Aufmerksamkeit der Probanden auf ein veränderndes Element lenkt (Rensink, O'Regan & Clark, 1997). Auch wenn die visuelle Aufmerksamkeit *bottom-up* gesteuert auf eine Szenenposition gelenkt wird, können dort erfolgende Veränderungen leichter entdeckt werden (Scholl, 2000).

Von so genannten semantisch inkonsistenten Objekten, d.h. Objekte, die von ihrer Art her nicht in den vorliegenden Szenenkontext passen wie ein Mixer in einer Außenansicht eines Bauernhofs, ist bekannt, dass sie beim Betrachten einer Szene die visuelle Aufmerksamkeit und den Blick auf sich ziehen (Friedman, 1979; De Graef, Christiaens & d'Ydewalle, 1990; Henderson, Weeks & Hollingworth, 1999; Loftus & Mackworth, 1978; s.a. 5.2.1). Entsprechend zeigte sich in *change detection*-Untersuchungen, dass Veränderungen an

semantisch inkonsistenten Objekten besser erkannt werden als Veränderungen an Objekten, die in den Szenenkontext passen (Hollingworth & Henderson, 2000, 2003; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001).

Auch ein beobachtbarer Sakkadenziel-Effekt spricht für die Bedeutung des Zuwendens visueller Aufmerksamkeit beim Entdecken von Veränderungen. In Untersuchungen, in denen Blickbewegungen von Probanden registriert wurden, zeigte sich, dass Veränderungen am Zielpunkt einer Sakkade besonders gut erkannt werden können (Currie, McConkie, Carlson-Radvansky & Irwin, 2000; Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b; McConkie & Currie, 1996; s.a. 2.1.3), und zwar besser als Veränderungen an Objekten, die den Ausgangspunkt einer Sakkade darstellen (Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b). Da einer Blickbewegungen stets eine Verlagerung der visuellen Aufmerksamkeit auf den Zielpunkt der Sakkade vorausgeht, bevor die Bewegung eingeleitet wird, kann der beschriebene Sakkadenziel-Effekt dahingehend interpretiert werden, dass Veränderungen an Objekten, denen Aufmerksamkeit zugewandt wird, bevorzugt erkannt werden. Der Zusammenhang zwischen visueller Aufmerksamkeit und Blickbewegungen wird unter 5.1 ausführlich beschrieben.

Mehrere unterschiedliche Effekte sprechen also dafür, dass in *change detection*-Studien Veränderungen vorzugsweise in Szenenregionen entdeckt werden, denen visuelle Aufmerksamkeit zugewandt wird. Daher wurde vermutet, dass das Zuwenden visueller Aufmerksamkeit eine notwendige Bedingung für das Entdecken von Veränderungen darstellt. Es zeigte sich jedoch, dass Veränderungen an Objekten bisweilen nicht erkannt werden können, obwohl ihnen Aufmerksamkeit zugewandt wird (Levin & Simons, 1997; O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000; Rensink, O'Regan & Clark, 1997; Simons 1996). Neben dem Zuwenden visueller Aufmerksamkeit ist also offensichtlich noch ein weiterer Faktor beim Entdecken von Veränderungen von Bedeutung, nämlich das visuelle Gedächtnis.

3.3.2 Entdecken von Veränderungen und visuelles Gedächtnis

Während das Entdecken und Lokalisieren einer Veränderung vorrangig eine Frage der Aufmerksamkeitssteuerung ist und davon abhängt, wann dem veränderten Element Aufmerksamkeit zugewandt wird, kann dagegen nur durch einen Gedächtnisvergleich ermittelt werden, worin eine Veränderung besteht. Um eine Veränderung erfolgreich zu identifizieren, muss zunächst der ursprüngliche Zustand vor Einführung der Veränderung gespeichert werden; danach muss ein Vergleich erfolgen, in dem der aktuell wahrgenommene

mit dem ursprünglichen Zustand verglichen wird (O'Regan, 2001; O'Regan, Deubel, Clark & Rensink, 2000). An dem Zustandekommen von *change blindness* sind auch Probleme bei diesem Gedächtnisvergleich beteiligt.

Die ersten Erklärungen des *change blindness*-Phänomens basierten vorrangig auf der Idee, dass visuelle Gedächtnisrepräsentationen nicht detailliert genug sind, um Veränderungen entdecken zu können. Es wurde angenommen, dass Probanden die vor einer Veränderung aufgenommene visuelle Information einfach nicht genau genug erinnern, um einen Unterschied nach erfolgter Veränderung zu erkennen (Levin & Simons, 1997; O'Regan, 1992; O'Regan & Noë, 2001; Rensink, 2000a; Rensink, O'Regan & Clark, 1997, 2000; vgl. Simons, 2000; Simons & Rensink, 2005). Veränderungen können demnach nicht entdeckt werden, weil die dazu benötigte Information nicht gespeichert wird. Später wurde zunehmend darauf hingewiesen, dass sich diese Schlussfolgerung nicht zwingend aus *change blindness*-Befunden ergibt (Hollingworth, 2003; Simons, 2000; Simons & Ambinder, 2005; Simons & Rensink, 2005): Aus dem ausbleibenden Entdecken einer Veränderung lässt sich nicht eindeutig schließen, dass die dazu erforderliche Information nicht erinnert werden kann. Es ist auch denkbar, dass Probleme während anderer Phasen des Entdeckungsprozesses auftreten. Die ursprünglich vorgebrachte Erklärung des *change blindness*-Phänomens durch ein begrenztes visuelles Gedächtnis schien jedoch zunächst gut zu Ergebnissen transsakkadischer Gedächtnisstudien zu passen, in denen nachgewiesen wurde, dass über mehrere Fixationen hinweg nur einige wenige Objekt-*token*-Repräsentationen gespeichert werden können und somit auch detaillierte visuelle Objektinformation lediglich in sehr begrenztem Umfang erinnert werden kann (s. 3.1).

In neueren *change detection*-Untersuchungen werden andere Ursachen für die Schwierigkeit, Veränderungen zu entdecken, in den Vordergrund gestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass *change blindness* auftreten kann, weil die für das Entdecken einer Veränderung benötigte Information vor Einführung der Veränderung gar nicht aufgenommen wurde (Hollingworth, 2003; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001). Außerdem wird die Möglichkeit angeführt, dass es trotz detaillierter Gedächtnisrepräsentationen zu *change blindness* kommen kann, weil einfach kein Vergleich vorgenommen wird (Angelone, Levin & Simons, 2003; Hollingworth, 2003; Mitroff, Simons & Levin, 2004; Simons & Ambinder, 2005; Simons, Chabris, Schnur & Levin, 2002) oder weil Probanden keinen bewussten Zugang zu entsprechenden Gedächtnisrepräsentationen haben (Simons & Ambinder, 2005). Ein einziger dieser Vorschläge allein kann vermutlich

nicht alle Fälle von *change blindness* erklären. Welche Faktoren unter welchen Bedingungen zum *change blindness*-Phänomen beitragen, ist jedoch noch nicht abschließend geklärt.

Ausgehend von *change detection*-Untersuchungen sowie Studien zur visuellen Suche und frühen visuellen Wahrnehmungsprozessen (z.B. Rensink & Enns, 1995, 1998) hat Rensink eine umfangreiche Theorie der Wahrnehmung von Objekten innerhalb natürlicher Szenen entwickelt. Ähnlich wie in Irwins *object file theory of transsaccadic memory* postuliert Rensink in seiner *coherence theory* (Rensink, 2000a, 2000b, 2000c, 2002), dass visuelle Information von Objekten nur in sehr eingeschränktem Umfang gespeichert wird. Dabei verbindet er die Bedeutung der visuellen Aufmerksamkeit beim Entdecken von Veränderungen mit der Idee begrenzter Repräsentation visueller Oberflächenmerkmale von Objekten: Der *coherence theory* nach werden visuelle Objektmerkmale nur solange repräsentiert, wie ein Objekt im Fokus der Aufmerksamkeit steht. Veränderungen an einem Objekt können daher nur dann erkannt werden, wenn sie erfolgen, während dem Objekt Aufmerksamkeit zugewandt wird (Rensink, 2000a; s. auch O'Regan, 2001; Rensink, O'Regan & Clark, 1997). Dieser Ansatz wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

3.4 Coherence Theory

In seiner *coherence theory* beschreibt Rensink (2000a, 2000b, 2000c, 2002) eine sparsame und dynamische Weise der Objektrepräsentation innerhalb natürlicher Szenen, in der er der visuellen Aufmerksamkeit eine Schlüsselrolle zuweist: Wo sich der Fokus der visuellen Aufmerksamkeit befindet, bestimmt, welches der Objekte im Blickfeld jeweils detailliert repräsentiert wird. Obwohl Rensink eine eigene Terminologie verwendet, ähneln die in der *coherence theory* beschriebenen Prozesse der Objektwahrnehmung denen, wie sie die *object file theory* von Kahneman und Treisman und auch die *object file theory of transsaccadic memory* von Irwin schildern (s. 3.2). Im Vergleich zu Irwins Theorie nimmt die *coherence theory* jedoch bezüglich der Frage, wie viel visuelle Oberflächeninformation von Objekten beim Betrachten natürlicher Szenen angesammelt wird, einen radikaleren Standpunkt ein: Sie nimmt nicht an, dass visuelle Oberflächeninformation von zuvor beachteten Objekten bis zu einem gewissen Grad gespeichert werden kann, sondern postuliert, dass visuelle Objektmerkmale gar nicht mehr abrufbar sind, sobald einem Objekt keine Aufmerksamkeit mehr zugewandt wird. Während des Betrachtens einer natürlichen Szene wird somit keine visuelle Oberflächeninformation von wahrgenommenen Objekten angesammelt.

Zur Repräsentation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen beschreibt Rensink zwei Stufen: Zunächst registrieren frühe visuelle Wahrnehmungsprozesse parallel und ohne Beteiligung fokaler Aufmerksamkeit alle visuell wahrnehmbaren Merkmale im Blickfeld, und es wird eine auf retinalen Koordinaten basierende, kartenartige Repräsentation aufgebaut. Elementare Merkmale werden darin zu so genannten Proto-Objekten gruppiert. Dies sind relativ detaillierte Strukturen wie Kantenfragmente, Oberflächenkrümmungen und Schatten, die sich jedoch nur auf begrenzte räumliche Ausschnitte der Außenwelt beziehen. Proto-Objekte bestehen darüber hinaus auch nur für begrenzte Zeit: Wenn sich die über die Retina aufgenommene visuelle Information ändert, werden Proto-Objekte durch neue an derselben retinalen Position aufgenommene Information überschrieben. Rensink vergleicht diese Stufe der frühen visuellen Wahrnehmung mit einem sich ständig regenerierenden Fluss visueller Strukturen. Obwohl Proto-Objekte komplex sind, entsprechen sie keinen vollwertigen, stabilen Objektrepräsentationen, da sie von räumlich begrenztem Umfang sind und nicht von Fixation zu Fixation erhalten bleiben. Sie sind sowohl räumlich als auch zeitlich nur in begrenztem Maße kohärent.

Objekt-*token*-Repräsentationen entstehen erst in einer zweiten Stufe, sobald bestimmten Proto-Objekten Aufmerksamkeit zugewandt wird. Die visuelle Aufmerksamkeit wirkt stabilisierend und verbindet mehrere Proto-Objekte zu einer gesamten Objektstruktur. Es entsteht ein so genanntes Kohärenzfeld, in dem mehrere Proto-Objekte über Feedback-Schleifen (engl. *links*) mit einem übergeordneten *Nexus* (lat. für Verbindung) verbunden werden (s. Abbildung 3.4.1).

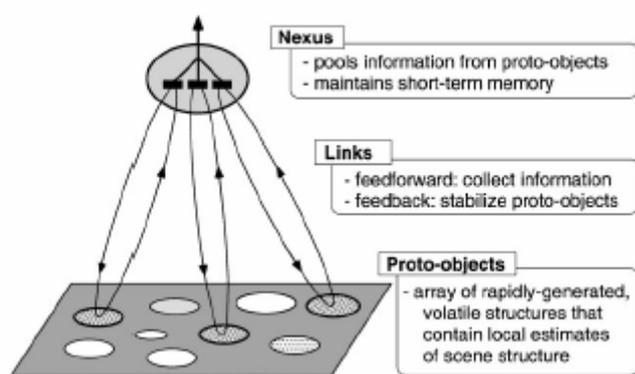


Abbildung 3.4.1: Kohärenzfeld (aus: Rensink, 2002, S. 263)

Diese hierarchische Gesamtstruktur entspricht einer Objekt-*token*-Repräsentation. Proto-Objekte repräsentieren dabei Objektteile, während der *Nexus* eine zusammenfassende Beschreibung des Objekts beinhaltet wie Information über seine Größe, Gesamtform und

Farbe. Information über Objektmerkmale werden dem *Nexus* über die Feedback-Schleifen geliefert, zudem gewährleisten diese Verbindungen Stabilität in den Proto-Objektstrukturen. In einem Kohärenzfeld kann auch Information von mehreren einfachen Objekten zu einer Gesamtstruktur zusammengefasst werden; mittels *chunking* können also auch Objektgruppen repräsentiert werden. Rensink verwendet für diese zweite Stufe der aufmerksamkeitsbasierten Objektrepräsentation das Bild einer Hand: Die visuelle Aufmerksamkeit stellt eine Hand dar, die sich einige Proto-Objekte greift und sie zu einer Objektrepräsentation vereint, während sie sie festhält.

Ein Kohärenzfeld besteht, solange einem Objekt Aufmerksamkeit zugewandt wird. Wenn sich der Fokus der visuellen Aufmerksamkeit bewegt, werden die Feedback-Schleifen zwischen Proto-Objekten und *Nexus* unterbrochen, das Kohärenzfeld zerfällt und es bleiben nur noch Proto-Objektstrukturen bestehen. Wird einem Objekt keine Aufmerksamkeit mehr zugewandt, hat also auch seine Objektrepräsentation keinen Bestand. Da in der *coherence theory* nicht angenommen wird, dass Kohärenzfelder Objektrepräsentationen sind, die gespeichert werden können, besteht nach Abzug der visuellen Aufmerksamkeit keine Objekt-*token*-Repräsentation mehr, die Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen des Objekts enthält. Von zuvor beachteten Objekten wird langfristig ausschließlich Objekt-*type*-Information gespeichert. Verglichen mit Irwins *object file theory of transsaccadic memory* beschreibt Rensinks *coherence theory* somit eine ebenso dynamisch von der Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit abhängende, aber noch wesentlich sparsamere Art der Objektrepräsentation.

3.4.1 Entstehen von *Change Blindness* gemäß der *Coherence Theory*

Das Zustandekommen des *change blindness*-Phänomens erklärt die *coherence theory* wie folgt: Verändert sich ein Objekt im Blickfeld, so verändert sich ein Teil der visuell wahrgenommenen Information. Diese Veränderung hat zunächst Auswirkungen auf der Ebene der Proto-Objekte: Bestehende Proto-Objekte werden ersetzt und überschrieben, um den veränderten Zustand zu repräsentieren. Ob die Veränderung entdeckt werden kann, hängt davon ab, ob einem Objekt aktuell Aufmerksamkeit zugewandt wird und es mittels eines Kohärenzfelds repräsentiert wird oder nicht. Erfolgt eine Veränderung an einem beachteten Objekt, findet eine Veränderung innerhalb der Objektrepräsentation statt. Anders als die Proto-Objektstrukturen wird das Kohärenzfeld dann lediglich verändert und nicht ersetzt, sodass eine Veränderung des Objekts wahrgenommen werden kann. Verändert sich dagegen ein Objekt im Blickfeld, das aktuell keine Aufmerksamkeit erhält, wird die Veränderungen

zwar auf der Ebene der Proto-Objekte registriert, da aber kein Kohärenzfeld besteht, das das entsprechende Objekt repräsentiert, wird auch keine Objektveränderung wahrgenommen.

Change blindness kommt der *coherence theory* zufolge also dadurch zustande, dass von den Objekten im Blickfeld überwiegend keine vollwertigen Objekt-*token*-Repräsentationen vorliegen. Wenn die visuelle Aufmerksamkeit nicht automatisch auf das sich verändernde Objekt gelenkt wird und der Veränderungsvorgang selbst wahrgenommen wird, ist es nicht möglich, die Veränderung nachträglich zu entdecken, da einfach keine Objekt-*token*-Repräsentationen gespeichert sind, die mit dem aktuell wahrgenommenen Zustand verglichen werden könnten. Die Fähigkeit, Veränderungen zu entdecken, ist darüber hinaus noch dadurch eingeschränkt, dass in einem Kohärenzfeld nur eine begrenzte Anzahl von Objektmerkmalen repräsentiert wird. So kann es vorkommen, dass eine Veränderung an einem Objekt nicht bemerkt wird, obwohl es beachtet wird, weil das entsprechende Merkmal aktuell nicht repräsentiert wird. Kohärenzfelder sind also zusammenhängende, aber nicht unbedingt detaillierte Objektrepräsentationen.

3.4.2 Triadische Architektur der visuellen Wahrnehmung

Zusätzlich zur *coherence theory* skizziert Rensink (2000a, 2000b, 2002), wie effektives Handeln möglich ist, wenn zu jedem Zeitpunkt nur eine einzige Objekt-*token*-Repräsentation vorliegt. Ihm zufolge reicht es aus, jeweils nur ein Objekt zu repräsentieren, da in alltäglichen Handlungen mit nur einem Objekt zur Zeit umgegangen wird. Auch wenn Handlungen mehrere Objekte einschließen, wird doch zu jedem Zeitpunkt mit nur einem Objekt interagiert und im Laufe der Handlung zwischen den beteiligten Objekten hin und her gewechselt. Es müssen daher nicht alle vorhandenen Objekte gleichzeitig repräsentiert werden, sondern es genügt, eine Objektrepräsentation dann aufzubauen, wenn sie aktuell benötigt wird. Diese Art der Repräsentation von Objekten bezeichnet Rensink als virtuelle Repräsentation.

Damit bei Bedarf ein Kohärenzfeld von dem jeweils richtigen Objekt aufgebaut werden kann, ist es erforderlich, die Bewegung der visuellen Aufmerksamkeit so zu koordinieren, dass sie stets auf die Position des richtigen Zielobjekts gerichtet wird. Dazu nimmt Rensink ein *setting*-System an, das das räumliche Layout der vorliegenden Szene, ihren thematischen Kerngehalt und die Aktivierung von Schemainformation im Langzeitgedächtnis umfasst. Die räumliche Layout-Repräsentation liefert einen stabilen Rahmen, um die visuelle Aufmerksamkeit zu bewegen. Information zum thematischen Kerngehalt und dem Szenenschema helfen, handlungsrelevante Objekte zu identifizieren, sodass Aufmerksamkeit auf sie gelenkt werden kann, um ein Kohärenzfeld aufzubauen. Das *setting*-System stellt also

eine Szenenrepräsentation dar, die zur Steuerung der visuellen Aufmerksamkeit verwendet wird. Auf die Frage, wie Positionen von Objekten in Szenen zunächst ermittelt werden und ob von einem einmal beachteten Objekt möglicherweise Position oder auch konzeptuelle Klassenzugehörigkeit gespeichert werden, um es bei Bedarf wieder finden zu können, geht Rensink jedoch nicht weiter ein.

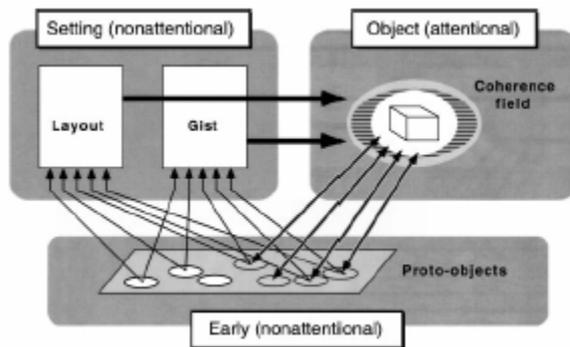


Abbildung 3.4.2: Triadische Architektur (aus: Rensink, 2002, S. 266)

Insgesamt beschreibt Rensink drei Systeme, die an der Wahrnehmung natürlicher Szenen beteiligt sind, er spricht daher von einer triadischen Architektur: Die frühe visuelle Wahrnehmung, die Proto-Objektstrukturen aufbaut, die visuelle Aufmerksamkeit, die Kohärenzfelder aufbaut, und das *setting*-System, das zur Aufmerksamkeitssteuerung dient (s. Abbildung 3.4.2). Er schildert somit einen relativ umfassenden Rahmen für die Wahrnehmung und Repräsentation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen.

3.4.3 Speichern visueller Oberflächeninformation von Objekten in Szenen gemäß der *Coherence Theory*

Bezüglich der Frage, wie viel visuelle Oberflächeninformation von beachteten Objekten beim Betrachten einer natürlichen Szene angesammelt wird, nimmt die *coherence theory* einen sehr restriktiven Standpunkt ein: Obwohl alle visuell wahrnehmbaren Merkmale im Blickfeld stets detailliert in Form von Proto-Objekten repräsentiert werden, sind sie nur dann einem einzelnen Objekt zuzuordnen, solange sich das Objekt im Fokus der visuellen Aufmerksamkeit befindet und eine zusammenhängende Objektrepräsentation besteht. Rensink setzt diese durch Aufmerksamkeitszuwendung aufrechterhaltene Objekt-*token*-Repräsentation - das Kohärenzfeld - mit dem visuellen Arbeitsgedächtnis gleich. Seiner Theorie nach umfasst das visuelle Arbeitsgedächtnis also lediglich eine einzige Objekt-*token*-Repräsentation zur Zeit. Mit der Terminologie der *object file theory of transsaccadic memory* lässt sich daher

sagen, dass auch der *coherence theory* zufolge zu einem Objekt keine visuelle Oberflächeninformation mehr abrufbar bleibt, sobald sich seine Objekt-*token*-Repräsentation nicht mehr im visuellen Arbeitsgedächtnis befindet. Allerdings können der *coherence theory* nach im visuellen Arbeitsgedächtnis keine Objektrepräsentationen und somit auch keine visuelle Oberflächeninformation von Objekten angesammelt werden. Daraus folgt, dass unmittelbar gar keine visuellen Oberflächenmerkmale von zuvor beachteten Objekten mehr abrufbar sind, sobald sich eine Szene nicht mehr vor den Augen des Betrachters befindet, es bleiben lediglich semantische Objektmerkmale erhalten.

3.4.4 *Visual Transience-Hypothese*

Rensinks *coherence theory* (Rensink, 2000a, 2000b, 2000c, 2002) ähnelt der unter 3.2 dargestellten *object file theory of transsaccadic memory* von Irwin (Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996; Irwin & Zelinsky, 2002) in mehrerer Hinsicht: Beide Ansätze beschreiben, wie Objekte innerhalb natürlicher Szenen auf dynamische Art und Weise in Abhängigkeit von der Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit repräsentiert werden. Dabei postulieren beide Theorien, dass nur sehr wenig visuelle Oberflächeninformation von Objekten repräsentiert wird, während eine natürliche Szene betrachtet wird, und dass von zuvor beachteten Objekten langfristig lediglich semantische Information erhalten bleibt. Aufgrund dieser Ähnlichkeiten sind die *coherence theory* und die *object file theory of transsaccadic memory* als *visual transience*-Theorien bezeichnet worden (Hollingworth, 2003; Hollingworth & Henderson, 2002): Beiden Ansätzen zufolge sind Objektrepräsentationen, die visuelle Oberflächenmerkmale umfassen, lediglich kurzlebig und flüchtig (engl. *transient*), die Theorien enthalten somit eine *visual transience*-Annahme. Repräsentationen natürlicher Szenen können *visual transience*-Ansätzen nach als wenig detailliert und spärlich bezeichnet werden, da sie nur wenige visuelle Oberflächenmerkmale von enthaltenen Objekten umfassen, während eine Szene betrachtet wird; langfristig sind Szenenrepräsentationen sogar vollständig auf abstrakte, semantische Objektmerkmale sowie Information zum thematischen Kerngehalt und dem räumlichen Layout der gesamten Szene beschränkt.

Die Annahme, dass keine umfassende, detaillierte Repräsentation der Umwelt aufgebaut wird, sondern einzelne Objekte nur bei Bedarf detailliert repräsentiert werden, ist auch im Rahmen anderer Ansätze zur visuellen Wahrnehmung vorgebracht worden. Wie O'Regan (1992) in einem viel zitierten Ausspruch beschreibt, kann die Welt als eine Art „äußeres Gedächtnis“ dienen: Da die äußere Umwelt zumeist stabil ist und sich wenig verändert, genügt es, die

Augen bei Bedarf auf ein Objekt zu richten, wenn Information über seine visuellen Eigenschaften benötigt wird. Es ist oft gar nicht erforderlich zu erinnern, wie ein Objekt aussieht, da es einfach betrachtet werden kann. Ziel von O'Regan ist es dementsprechend, bewusste visuelle Wahrnehmung zu erklären, ohne auf die Annahme von Gedächtnisrepräsentationen zurückzugreifen (vgl. O'Regan, 1992; O'Regan & Noë, 2001).

Auch im Anwendungsbereich des maschinellen Sehens (engl. *computational vision*), in dem Systeme entwickelt werden, die durch visuellen Input gesteuert werden oder Umweltrepräsentationen aus Kamerabildern rekonstruieren, hat sich eine funktionalistische Sichtweise der visuellen Wahrnehmung bewährt. Gemäß der als *active vision* bezeichneten Perspektive werden mittlerweile Systeme konstruiert, die aktuell benötigte visuelle Information gezielt aufnehmen und repräsentieren. Diese haben sich als erfolgreicher erwiesen als traditionelle Systeme, die aus aufgenommener visueller Information eine „Allzweck“-Repräsentation der Umwelt aufbauen und für unterschiedliche Aufgaben nutzen (vgl. Findlay & Gilchrist, 2001).

Es liegen jedoch auch empirische Befunde vor, die gegen die *visual transience*-Annahme sprechen. Diese vor allem im Rahmen von *change detection*-Studien ermittelten Ergebnisse werden im nächsten Abschnitt dargestellt. Anschließend wird mit Hollingworth und Hendersons *visual memory theory of scene representation* (Henderson & Hollingworth, 2003a, 2003b; Hollingworth, 2003, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001) eine dieser Befundlage entsprechende Theorie der Repräsentation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen vorgestellt, die von der Annahme Abstand nimmt, dass visuelle Oberflächeninformation von wahrgenommenen Objekten lediglich in begrenztem Umfang gespeichert werden kann. Der *visual memory theory* nach werden Repräsentationen von Objekten, die visuelle Oberflächenmerkmale umfassen, nicht nur im visuellen Arbeitsgedächtnis, sondern auch im visuellen Langzeitgedächtnis angesammelt, während eine Szene betrachtet wird. So kann visuelle Oberflächeninformation von mehreren Objekten in beträchtlichem Maße angesammelt werden und langfristig abrufbar bleiben.

3.5 Bestehende Gedächtnisrepräsentationen bei *Change Blindness*

Im Zuge der Diskussion über die Ursachen des *change blindness*-Phänomens konnten Henderson und Hollingworth und Mitarbeiter in mehreren Untersuchungen Ergebnisse erzielen, die gegen eine *visual transience*-Annahme sprechen. Diese werden in den beiden folgenden Abschnitten geschildert.

3.5.1 Verzögertes Entdecken von Veränderungen

In mehreren *change detection*-Studien konnten Hollingworth und Henderson zeigen, dass Veränderungen an einem Objekt, die vorgenommen werden, während die visuelle Aufmerksamkeit auf ein anderes Objekt gerichtet ist, durchaus später im Laufe des Betrachtens einer Szene entdeckt werden können (Henderson & Hollingworth, 1999b, 2003b; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001). Darüber hinaus ist es auch dann noch möglich, Veränderungen an einem Objekt zu entdecken, wenn zwischen dem ersten Fixieren des Objekts und dem Entdecken der Veränderung eine Vielzahl weiterer Objekte fixiert wird, und zwar mehr als das kapazitätsbegrenzte visuelle Arbeitsgedächtnis an Objektrepräsentationen fassen könnte (Hollingworth 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001). Solche verzögerten Entdeckungsleistungen konnten die Autoren bei zweierlei Arten von Veränderungen nachweisen, die das Aussehen, aber nicht die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit von Objekten verändern: Das Ersetzen eines Objekts durch ein anderes derselben konzeptuellen Kategorie, also eine *Objekt-token*-Veränderung (Henderson & Hollingworth, 2003b; Hollingworth 2003, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001) und die Drehung eines Objekts um 90° in die Bildtiefe hinein, also eine Veränderung der räumlichen Orientierung (Henderson & Hollingworth, 1999b; Hollingworth 2003, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002). Obwohl Hollingworth und Henderson in ihren Untersuchungen *change blindness* beobachten konnten und nicht alle eingeführten Veränderungen entdeckt wurden, legen ihre Ergebnisse nahe, dass Objektrepräsentationen, die visuelle Oberflächenmerkmale enthalten, beim Betrachten natürlicher Szenen angesammelt werden und abrufbar bleiben, auch wenn zwischenzeitlich mehrere weitere Objekte wahrgenommen werden.

Visual transience-Theorien können diese *change detection*-Ergebnisse nicht erklären. Das nachträgliche Entdecken von Objekt-*token*-Veränderungen steht der Annahme der *coherence theory* entgegen, dass Objektveränderungen nur dann erkannt werden können, wenn sie vorgenommen werden, während sich das entsprechende Objekt im Fokus der Aufmerksamkeit befindet und eine Objekt-*token*-Repräsentation in Form eines Kohärenzfelds besteht (s. 3.4). Die *object file theory of transsaccadic memory* kann zwar prinzipiell erklären, dass Veränderungen an visuellen Oberflächenmerkmalen von Objekten etwas verspätet erkannt werden, da sie postuliert, dass einige Objekt-*token*-Repräsentationen von kürzlich beachteten Objekten im visuellen Arbeitsgedächtnis angesammelt werden. Allerdings ist der Umstand, dass solche Veränderungen noch entdeckt werden können, nachdem mehr als fünf weitere Objekte fixiert worden sind, nicht mit ihrer Annahme vereinbar, dass im visuellen Arbeitsgedächtnis jeweils nur drei bis fünf *object files* zur Zeit gespeichert werden können (s. 3.2). Da es eine zentrale Idee der *visual transience*-Theorien ist, dass visuelle Objektmerkmale nur vorübergehend gespeichert werden, ist ein erheblich verzögertes Entdecken von Objekt-*token*-Veränderungen sowohl mit der *coherence theory* als auch mit der *object file theory of transsaccadic memory* unvereinbar. Beide Theorien sehen lediglich vor, dass Veränderungen des thematischen Kerngehalts oder des räumlichen Layouts einer Szene sowie Objekt-*type*-Veränderungen nachträglich erkannt werden können.

Hollingworth und Hendersons Ergebnisse zum nachträglichen Entdecken von Veränderungen sind nicht nur in Bezug auf die Frage von Bedeutung, wie detailliert natürliche Szenen erinnert werden, sondern geben auch Hinweise auf das Zustandekommen des *change blindness*-Phänomens. Sie decken sich mit weiteren Befunden aus *change detection*-Studien, die dafür sprechen, dass *change blindness* auftreten kann, obwohl Information von der Ausgangsversion eines veränderten Objekts gespeichert bleibt. Ein Erinnern der ursprünglichen Version eines Elements konnte einerseits direkt in anschließenden Gedächtnistests nachgewiesen werden (Angelone, Levin & Simons, 2003; Mitroff, Simons & Levin, 2004; Simons, Chabris, Schnur & Levin, 2002). Ebenso zeigten sich in einigen Studien so genannte verdeckte Entdeckungsleistungen: Auch wenn Veränderungen nicht entdeckt werden, ist bisweilen zu beobachten, dass veränderte Elemente signifikant länger fixiert werden als unveränderte Elemente (Hayhoe, Bensinger & Ballard, 1998; Henderson & Hollingworth, 2003b; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001) und dass Antwortlatenzen bei veränderten gegenüber unveränderten Objekten signifikant erhöht sind (Williams & Simons, 2000). Des Weiteren konnten

Versuchsteilnehmer veränderte Objekte in Rekognitionsaufgaben signifikant häufiger korrekt auswählen, obwohl sie das Gefühl hatten, dabei zu raten (Fernandez-Duque & Thornton, 2000). Dass es offenbar auch dann zu *change blindness* kommen kann, wenn ausreichend Information gespeichert ist, um eine Veränderungen ermitteln zu können, zeigt, dass unzureichende Gedächtnisrepräsentationen zumindest nicht die alleinige Ursache für *change blindness* sein können; weitere Faktoren müssen am Zustandekommen dieses Wahrnehmungsphänomens beteiligt sein (s. 3.3.2).

3.5.2 Langzeitgedächtnis für visuelle Objektmerkmale

Wenn es darum geht zu ermitteln, inwieweit visuelle Oberflächeninformation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen erinnert wird, können *change detection*-Leistungen nur in begrenztem Maße Hinweise liefern. Obwohl sich aus dem erfolgreichen Entdecken von Veränderungen klar auf vorhandene Gedächtnisrepräsentationen schließen lässt, kann aus einem ausbleibenden Entdecken nicht ohne weiteres auf ein Fehlen dazu erforderlicher Gedächtnisrepräsentationen geschlossen werden. Da Veränderungen gerade häufig nicht entdeckt werden, spiegeln *change detection*-Leistungen nicht zuverlässig wider, wie viel tatsächlich erinnert wird.

Klassische Gedächtnistests stellen demgegenüber ein sensitiveres Maß für das Erinnern visueller Objektinformation dar. Einen weiteren Beleg dafür, dass visuelle Oberflächenmerkmale von mehreren zuvor beachteten Objekten beim Betrachten natürlicher Szenen angesammelt und langfristig gespeichert werden, konnten Hollingworth und Henderson dadurch liefern, dass sie in ihren Studien zusätzlich zu *change detection*-Aufgaben Langzeitgedächtnistests für Objekt-*token*-Merkmale durchführten (Hollingworth, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002). In der ersten dieser Untersuchungen (Hollingworth & Henderson, 2002) präsentierten sie ihren Probanden 36 natürliche Szenen, die diese nach Veränderungen absuchen sollten. Nachdem alle Szenen gezeigt worden waren, wurde ein Langzeitgedächtnistest mit 12 der Szenen durchgeführt, die in der *change detection*-Aufgabe als Kontrollitems gedient hatten. In einer 2AFC-Rekognitionsaufgabe wurden Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale von jeweils einem Objekt innerhalb der Szenen abgefragt. Wie auch in den *change detection*-Aufgaben, wurden darin Distraktoren vorgelegt, die einen anderen Objekt-*token* darstellten oder das Objekt in einer anderen räumlichen Orientierung zeigten. Nach einer Retentionszeit von 5 bis 30 Minuten konnten Hollingworth und Henderson gute Rekognitionsleistungen für visuelle Objektmerkmale beobachten: In der Objekt-*token*-Aufgabe fanden sich Rekognitions-

leistungen von 80,6%, in der räumlichen Orientierungsaufgabe von 81,9%. Dies verdeutlicht, dass visuelle Oberflächenmerkmale von zuvor wahrgenommenen Objekten in beträchtlichem Umfang gespeichert wurden. In einem ähnlichen Setting konnte Hollingworth (2005) signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objekt-*token*-Merkmale noch nach 24 Stunden nachweisen, obwohl ein gradueller Leistungsabfall zu beobachten war (Hollingworth, 2004, 2005). Visuelle Objektmerkmale werden also auch für vergleichsweise lange Zeit gespeichert.

Diese Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten können die beiden *visual transience*-Theorien ebenso wenig erklären wie die von Hollingworth und Henderson beobachteten verzögerten Entdeckungsleistungen für Objekt-*token*-Veränderungen. Im Gegensatz zur *change detection*-Aufgabe wurden in der Langzeitgedächtnisaufgabe zwischen dem ersten Wahrnehmen eines Testobjekts und dem visuellen Gedächtnistest nicht nur mehrere Objekte derselben Szene, sondern sogar mehrere weitere Szenen betrachtet, die ihrerseits wiederum eine Reihe von Objekten enthalten. Obwohl zwischenzeitlich also eine Vielzahl von Objekt-*token*-Repräsentationen aufgebaut worden ist, konnten sich Probanden gut an visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten erinnern.

3.6 Visual Memory Theory of Scene Representation

Da Hollingworth und Henderson Gedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in einem Umfang nachweisen konnten, der die zumeist mit drei bis fünf Objekt-*tokens* angegebene Kapazität des visuellen Arbeitsgedächtnisses offensichtlich weitaus übersteigt (vgl. 2.5), vermuteten sie, dass das visuelle Langzeitgedächtnis an der Speicherung visueller Objektinformation beteiligt sein muss. Um zu beschreiben, wie Objekte bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen repräsentiert werden, schlugen sie eine Erweiterung der *object file theory of transsaccadic memory* um einen Langzeitgedächtnisprozess zur Speicherung mehrerer Objekt-*token*-Repräsentationen vor: Die *visual memory theory of scene representation* (Henderson & Hollingworth, 2003a, 2003b; Hollingworth, 2003, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001). Wie Irwins und Rensinks Theorien ist auch diese visuelle Gedächtnistheorie der *object file theory* von Kahneman und Treisman in vielerlei Hinsicht ähnlich.

Der *visual memory theory* zufolge laufen bei der Wahrnehmung von Objekten innerhalb natürlicher Szenen folgende Prozesse ab: Wird visuelle Aufmerksamkeit auf ein Objekt

gerichtet, so wird zunächst eine sensorische Repräsentation aufgebaut. Diese besteht jedoch nur kurzzeitig und hat über Sakkaden hinweg keinen Bestand. Außerdem wird eine abstraktere, so genannte *higher level*-Objektrepräsentation aufgebaut, die im visuellen Arbeitsgedächtnis in Form eines *object files* gespeichert wird. Diese Objekt-*token*-Repräsentation dient dazu, die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit eines Objekts zu identifizieren und damit verbundene semantische Information zu aktivieren. Visuelle Oberflächenmerkmale sind darin nicht punktgenau, sondern in einem abstrakten visuellen Format gespeichert, Forminformation wird dabei vermutlich über *structural descriptions* repräsentiert (s.a. 2.4; vgl. Carlson-Radvansky, 1999; Carlson-Radvansky & Irwin, 1995). Objektpositionen werden dadurch gespeichert, dass *object files* mit einer Position innerhalb einer kartenartigen Repräsentation des Szenenlayouts, der Szenenkarte, verknüpft werden. Die Position eines Objekts wird dabei in einem allozentrischen Referenzrahmen repräsentiert. Anders als in Irwins *object file theory of transsaccadic memory* nehmen Hollingworth und Henderson an, dass ein *object file* neben visueller Oberflächeninformation auch semantische Objekt-*type*-Information umfasst (vgl. Henderson, 1994).

Das Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu einem Objekt und die Verarbeitung seiner Objekt-*token*-Repräsentation im visuellen Arbeitsgedächtnis führen wiederum dazu, dass diese zu einer visuellen Langzeitgedächtnisstruktur konsolidiert, einem so genannten *long-term memory object file*. Die *object files* des visuellen Langzeitgedächtnisses haben dasselbe abstrakte visuelle Format wie die des visuellen Arbeitsgedächtnisses und sind ebenfalls mit Positionen der Szenenkarte verbunden. Das visuelle Arbeits- und Langzeitgedächtnis unterscheiden sich vorrangig in ihrer Kapazität und der Dauer, in der Objekt-*token*-Repräsentationen abrufbar bleiben. Während im visuellen Arbeitsgedächtnis nur einige wenige *object files* kürzlich beachteter Objekte angesammelt werden können und ältere Repräsentationen nach einiger Zeit durch neu eintreffende Information überschrieben werden, kann das visuelle Langzeitgedächtnis unbegrenzt viele *long-term memory object files* fassen. Neben visueller und semantischer Information zu Objekten sieht die *visual memory theory* auch vor, dass semantische Information zur gesamten Szene und räumliche Information zum Szenenlayout in Arbeits- und Langzeitgedächtnis gespeichert werden.

Sind die beschriebenen Objektrepräsentationen einmal aufgebaut, löst das Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu einer räumlichen Position in einer Szene den Zugriff auf Objektrepräsentationen im visuellen Arbeits- oder Langzeitgedächtnis aus. Der wahrgenommene Szenenkontext dient dabei als *cue* für den Abruf von Objektinformation.

Dieser Prozess kann erklären, wieso Veränderungen in *change detection*-Aufgaben vor allem dann erkannt werden, wenn ein Objekt erneut fixiert wird (s. 2.1.3).

3.6.1 Speichern visueller Oberflächeninformation von Objekten in Szenen gemäß der *Visual Memory Theory of Scene Representation*

Der *visual memory theory* nach akkumulieren Objekt-*token*-Repräsentationen, die semantische und visuelle Objektinformation umfassen, also sowohl im visuellen Arbeitsgedächtnis als auch im visuellen Langzeitgedächtnis, während eine Szene wahrgenommen wird. Wenn sich eine Szene nicht mehr vor den Augen des Betrachters befindet, bleiben die *long-term memory object files* sowie die Szenenkarte, in der die Positionen der Objekte innerhalb der Szene codiert sind, langfristig erhalten. Die im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeicherten *object files* bestehen nur eine Zeit lang, bis sie durch neu eintreffende Information überschrieben worden sind. Durch das zusätzliche Speichern von Objekt-*token*-Repräsentationen im visuellen Langzeitgedächtnis bleiben visuelle und semantische Merkmale sowie die Position von zuvor beachteten Objekten jedoch in größerem Umfang und über längere Zeit hinweg abrufbar. Beim Wahrnehmen natürlicher Szenen wird somit insgesamt eine detaillierte Szenenrepräsentation aufgebaut und gespeichert.

3.6.2 Visuelle Aufmerksamkeit und visuelles Gedächtnis

Hollingworth und Hendersons *visual memory theory* kann hinsichtlich der Frage, wie viel visuelle Oberflächeninformation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen angesammelt wird, als Gegenvorschlag zu den *visual transience*-Theorien angesehen werden: Visuelle Objekt-*token*-Merkmale werden nicht nur kurzzeitig in begrenztem Umfang, sondern langfristig in erheblichem Maße gespeichert. Sie ähnelt den beschriebenen *visual transience*-Ansätzen von Rensink und Irwin jedoch darin, dass auch sie der visuellen Aufmerksamkeit beim Aufbau von Objektrepräsentationen entscheidende Bedeutung zuweist. Das Zuwenden von Aufmerksamkeit ist auch in der *visual memory theory* eine notwendige Voraussetzung dafür, dass eine Objekt-*token*-Repräsentation aufgebaut wird. Alle drei beschriebenen visuellen Gedächtnistheorien nehmen also an, dass visuelle Oberflächenmerkmale ausschließlich von zuvor beachteten Objekten repräsentiert werden. Sie unterscheiden sich darin, inwieweit sie postulieren, dass visuelle Objektmerkmale erinnert werden, sobald die visuelle Aufmerksamkeit wieder von einem Objekt abgezogen wurde, aber selbst die *visual memory theory* nimmt nicht unbedingt an, dass visuelle Oberflächeninformation von allen

Objekten einer Szene gespeichert werden. Wenn beim Betrachten einer Szene nur wenige Objekte Aufmerksamkeit erhalten, können auch nur wenige Objekte detailliert repräsentiert und erinnert werden. Dass Szenen nicht so genau erinnert werden können, wie sie wahrgenommen wurden, ist unbestritten (s. 2.2).

Des Weiteren ähnelt die *visual memory theory* der *object file theory of transsaccadic memory* und der *coherence theory* darin, dass auch sie bei der Speicherung von Objekt-*token*-Repräsentationen eine Dynamik annimmt, die auf der Bewegung der visuellen Aufmerksamkeit basiert: Für kürzlich beachtete Objekte besteht ein Gedächtnisvorteil, da sich ihre *object files* noch im visuellen Arbeitsgedächtnis befinden. In Gedächtnistests zu Objekt-*token*-Merkmalen konnte Hollingworth (2004) einen entsprechenden *recency*-Effekt für die beiden zuletzt beachteten Objekte nachweisen. Dass sich über bestehende Langzeitgedächtnisleistungen hinaus ein zusätzlicher Gedächtnisvorteil für zwei Objekte nachweisen lässt, spricht für eine Kapazität des visuellen Arbeitsgedächtnisses von zwei Objekt-*token*-Repräsentationen. Die Kapazitätsgrenze, die Hollingworth vorschlägt, liegt somit genau zwischen der von Rensink mit einer und der von Irwin mit drei bis fünf Objektrepräsentationen.

3.6.3 Zusammenfassung

Bezüglich der Frage, inwieweit visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten beim Betrachten natürlicher Szenen angesammelt werden, stehen sich somit zwei Standpunkte gegenüber: Die *visual transience*-Ansätze, Irwins *object file theory of transsaccadic memory* und Rensinks *coherence theory*, denen zufolge visuelle Objektmerkmale nur kurzzeitig in begrenztem Umfang repräsentiert werden, und Hollingworth und Hendersons *visual memory theory*, die annimmt, dass visuelle Oberflächeninformation von zuvor beachteten Objekten langfristig in größerem Umfang gespeichert wird. Welcher der beiden Standpunkte zutreffend beschreibt, wie detailliert Objekte innerhalb natürlicher Szenen erinnert werden, ist Gegenstand der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen. Im folgenden Abschnitt werden zunächst weitere bislang vorliegende Studien beschrieben, die Hinweise darauf geben können, ob und inwieweit visuelle Oberflächeninformation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig abrufbar bleibt. Dabei werden einige Probleme bei der Ergebnisinterpretation angesprochen. Anschließend wird die Untersuchungsfrage der hier durchgeführten Experimente genauer dargestellt.

4 Langzeitgedächtnis für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in Szenen

Wie genau Objekte, denen beim Betrachten natürlicher Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wurde, langfristig erinnert werden können, wird in der Literatur uneinheitlich beantwortet und ist noch nicht abschließend geklärt (vgl. Simons & Rensink, 2005). Dieser Frage wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit weiter nachgegangen. Dabei steht der Umfang, in dem visuelle Oberflächenmerkmale von zuvor beachteten Objekten erinnert werden, im Zentrum der Betrachtung und nicht, in welchem Repräsentationsformat visuelle Information von Objekten gespeichert wird, wie im Rahmen der so genannten *imagery debate* diskutiert wurde. Ob visuelle Oberflächeninformation von Objekten in einem propositionalen oder einem visuell-analogen Format codiert wird, ist für die hier untersuchte Fragestellung nicht relevant und wird daher nicht weiter behandelt.

4.1 Langzeitgedächtnis für Bilder

Im Abschnitt 3.5 wurden Untersuchungen von Henderson und Hollingworth vorgestellt, in denen mit *change detection*- und visuellen Langzeitgedächtnisaufgaben nachgewiesen wurde, dass Probanden genügend visuelle Oberflächeninformation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen erinnern, um Objekt-*token*-Veränderungen und Veränderungen der räumlichen Orientierung von Objekten auch noch nach längerer Zeit zu erkennen. Weitere Hinweise darauf, dass visuelle Objektmerkmale langfristig erinnert werden können, lassen sich aus einigen klassischen Untersuchungen zum Gedächtnis für Bilder ziehen.

Ein häufiges Ergebnis früher Studien zum Bildgedächtnis ist, dass hunderte oder selbst tausende Bilder über längere Zeit hinweg sehr gut erinnert werden können, auch wenn sie zuvor nur einmal für wenige Sekunden gezeigt worden sind (z.B. Nickerson, 1968; Shepard, 1967; Standing, 1973; Standing, Conezio & Haber, 1970). Standing (1973) ließ seine Probanden beispielsweise bis zu 10.000 Bilder lernen, die er jeweils für fünf Sekunden darbot. Die Lernphase war dabei über fünf Tage verteilt und dauerte insgesamt mehr als 15 Stunden. Dennoch konnten zuvor gesehene Bilder in Ja-Nein-Rekognitionsaufgaben zu 83% richtig wieder erkannt werden, was einem Erinnern von 6.600 Bildern entspricht. Da in den Gedächtnistests vieler Studien zuvor gezeigte Bilder zusammen mit sehr unterschiedlichen Distraktoren vorgelegt wurden, wird oft kritisiert, dass sich die beobachtbaren guten Langzeitgedächtnisleistungen für Bildmaterial dadurch erklären lassen, dass Probanden

lediglich den thematischen Kerngehalt der Bildern erinnern, also abstrakte konzeptuelle Information und keine visuelle Oberflächeninformation einzelner Szenenbestandteile (Chun, 2003; Goldstein & Chance, 1970; Simons & Levin, 1997; Wolfe, 1998). Dieses Argument scheint jedoch nicht auf alle Studien zuzutreffen. Ein Erinnern thematischer Kerngehaltsinformation reicht nicht aus, wenn mehrere der zu lernenden Bilder aus wenigen thematischen Kategorien stammen (Dallet, Wilcox & D'Andrea, 1968; Standing, Conezio & Haber, 1970). Von den 2.560 Bildern, die Standing, Conezio und Haber ihren Probanden präsentierten, waren beispielsweise 24% - also ca. 614 Bilder - Stadtszenen. Dennoch zeigten sich in 2AFC-Aufgaben Rekognitionsleistungen von 90%. Darüber hinaus konnten Probanden sogar nach 24 Stunden noch in signifikantem Umfang erkennen, ob Bilder in der Testphase in einer veränderten rechts-links-Orientierung gezeigt wurden. Sie waren also in der Lage, eine Veränderung zu erkennen, die nicht die Bedeutung, sondern lediglich visuelle Oberflächenmerkmale des Bildes betrifft (vgl. auch Kraft & Jenkins, 1977).

4.1.1 Langzeitgedächtnis für visuelle Oberflächeninformation von Objekten

Auch wenn die hohen Langzeitgedächtnisleistungen für Bilder als ganzes nicht immer allein durch ein Erinnern thematischer Kerngehaltinformation erklärt werden können, ist in vielen der frühen Bildgedächtnisstudien tatsächlich nicht zu unterscheiden, ob Probanden visuelle Merkmale einzelner Szenenbestandteile oder solche der gesamten Szene erinnert haben. In einigen Studien wurde das Langzeitgedächtnis für visuelle Oberflächenmerkmale einzelner Objekte innerhalb der Szenen jedoch direkt untersucht. Dass visuelle Objektmerkmale langfristig in signifikantem Umfang erinnert werden, konnte in Rekognitionsaufgaben mit Objekt-*token*-Distraktoren (Friedman, 1979; Goodman, 1980; Mandler & Johnson, 1976; Mandler & Parker, 1976; Mandler & Ritchey, 1977; vgl. auch Pezdek, Whetstone, Reynolds, Askaria & Dougherty, 1989; Salmaso, Baroni, Job & Peron, 1983) sowie Distraktoren, die ein Objekt in einer anderen rechts-links-Orientierung zeigen (Mandler & Parker, 1976; Mandler & Ritchey, 1977), nachgewiesen werden. Mandler und Ritchey (1977) konnten beispielsweise in Ja-Nein-Rekognitionsaufgaben zeigen, dass sich selbst nach einer Retentionszeit von einem Tag Objekt-*token*-Veränderungen zu 63% und Veränderungen der räumlichen Orientierung von Objekten zu 65% wieder erkennen lassen.

In vielen der genannten Studien wurden allerdings zumeist nur sehr einfache, schematische, schwarz-weiße Szenen verwendet (Goodman, 1980; Mandler & Johnson, 1976; Mandler & Parker, 1976; Mandler & Ritchey, 1977). Ob Probanden den getesteten Objekten zuvor Aufmerksamkeit zugewandt haben, ist nur in einer Untersuchung kontrolliert worden

(Friedman, 1979). Ein zusätzliches Problem einiger dieser frühen Untersuchungen stellt der Umstand dar, dass die in der Lernphase gezeigten Szenen in der Testphase mehrfach wiederholt wurden, um jeweils ein anderes Objekt darin zu testen (Friedman, 1979; Mandler & Johnson, 1976; Mandler & Ritchey, 1977), sodass nicht klar ist, wie viel Information noch bei der Präsentation der Szenen in der Testphase aufgenommen werden konnte.

Trotz dieser methodischen Einschränkungen liefern die angeführten frühen Bildgedächtnisstudien weitere Hinweise darauf, dass visuelle Oberflächenmerkmale einzelner Objekte beim Betrachten natürlicher Szenen in größerem Umfang angesammelt werden und langfristig abrufbar bleiben. Zusammen mit den visuellen Langzeitgedächtnisuntersuchungen von Hollingworth und Henderson lassen sich somit mehrere Studien anführen, die dafür sprechen, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden können. Gegen die Versuchsbedingungen, die in den vorliegenden Studien eingesetzt wurden, können jedoch einige Kritikpunkte vorgebracht werden.

4.1.2 Kritik an verwendeten Versuchsbedingungen

Um das Erinnern visueller Objektinformation zu ermitteln, wurden sowohl in den Rekognitionsaufgaben früher Bildgedächtnisstudien als auch in Hollingworth und Hendersons Untersuchungen dieselben Arten von Veränderungen vorgenommen: Ein Objekt wurde durch ein anderes derselben konzeptuellen Kategorie ausgetauscht, oder die räumliche Orientierung eines Objekts wurde verändert, indem es entweder gespiegelt oder um 90° in die Bildtiefe hinein gedreht wurde. Hollingworth und Henderson (2002) wenden selbst ein, dass *Objekt-token*-Unterscheidungen möglicherweise geleistet werden können, indem semantische und nicht visuelle Objektmerkmale erinnert werden.



Abbildung 4.1.1: Verwendete Objektveränderung in Rekognitionsaufgabe zu visueller Objektinformation: Objekt-token-Veränderung (aus: Hollingworth & Henderson, 2002, S. 119)

Über die konzeptuelle Kategorie hinausgehend könnten Probanden beispielsweise erinnern, dass ein gezeigtes Objekt ein Notizblock mit Ringbindung und nicht mit Klebebindung gewesen ist (s. Abbildung 4.1.1). Wenn in der Objekt-*token*-Bedingung Distraktoren eingesetzt werden, die sich von den Target-Objekten nicht nur in visuellen Oberflächenmerkmalen unterscheiden, kann ein Erinnern visueller Objektinformation mit dieser Versuchsbedingung nicht eindeutig belegt werden. Um diesem Problem zu begegnen, nahmen Hollingworth und Henderson in ihre Untersuchungen die räumliche Orientierungsbedingung auf. Wenn Objekte gedreht werden, verändern sich keinerlei semantische Merkmale.

Es lässt sich jedoch einwenden, dass sowohl Objekt-*token*-Veränderungen als auch Veränderungen der räumlichen Orientierung von Objekten unter Umständen allein dadurch ermittelt werden können, dass räumliche Objektmerkmale und nicht spezifisch visuelle Oberflächenmerkmale erinnert werden. Objekte derselben konzeptuellen Kategorie können sich in ihrer Form unterscheiden; abhängig von der genauen Wahl des Distraktor-Objekts ist dies mehr oder weniger stark der Fall. Wenn eine Objektveränderung nun getestet wird, indem das Distraktor-Objekt in die Szene eingebettet wird, kann die Formveränderung von Target- zu Distraktor-Objekt zu Veränderungen der Konfiguration innerhalb der gesamten Szene führen. Dadurch dass ein anders geformtes Objekt einen anderen Raum in der Szene einnimmt, können sich Distanzverhältnisse zu weiteren Szenenelementen verändern, oder es ändert sich, welche Bildelemente von dem Objekt verdeckt werden. Die Drehung eines Objekts kann auf ähnliche Weise eine neue Szenenkonfiguration hervorbringen (s. Abbildung 4.1.2).

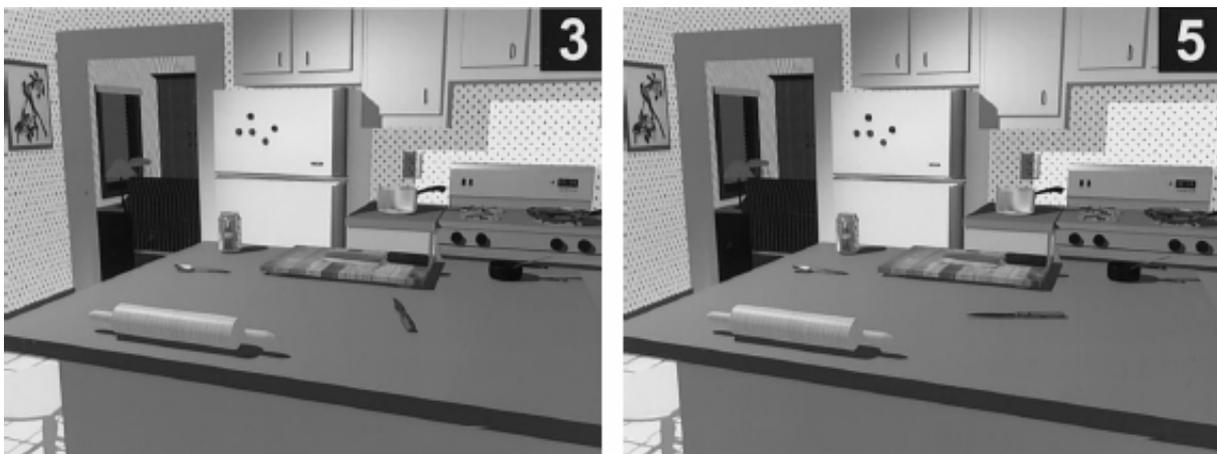


Abbildung 4.1.2: Verwendete Objektveränderung in Rekonfigurationsaufgabe zu visueller Objektinformation: Veränderung der räumlichen Objektorientierung (aus: Hollingworth & Henderson, 2002, S. 128)

Darüber hinaus können sich räumliche Beziehungen zwischen einzelnen Objekten in der Hinsicht verändern, dass die Vorderseite des gedrehten Objekts nun in eine andere Richtung weist und sich die Szenenelemente dadurch anders gegenüberstehen. In welchem Umfang räumliche Konfigurationsmerkmale einer Szene durch die Drehung eines Objekts geändert werden, hängt vor allem von den Symmetrie-Eigenschaften eines Objekts ab. Wenn Probanden die räumliche Szenenkonfiguration nun sehr genau erinnern können, wäre es möglich, dass sie Objekt-*token*-Veränderungen und Drehungen von Objekten auch dann entdecken, obwohl sie gar nicht erinnern, wie einzelne Objekte ausgesehen haben. Diese Möglichkeit besteht nur, wenn in Rekognitions- oder *change detection*-Aufgaben Distraktor-Objekte innerhalb von Szenen präsentiert werden. Sowohl in den Untersuchungen von Hollingworth und Henderson (Hollingworth, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002), als auch in einer Reihe weiterer Szenengedächtnisstudien war dies der Fall (Friedman, 1979; Mandler & Johnson, 1976; Mandler & Ritchey, 1977; Pezdek, Whetstone, Reynolds, Askaria & Dougherty, 1989). Inwieweit diese Kritik zutrifft und sich Distraktor-Objekte von Target-Objekten tatsächlich in ihrer Form unterschieden haben, kann nur schwer festgestellt werden, da nicht von allen in den verschiedenen Studien verwendeten Items Abbildungen veröffentlicht wurden. Dass Probanden nicht visuelle Objektmerkmale, sondern die räumliche Konfiguration einer Szene speichern, wird insgesamt als eine mögliche, wenn auch nicht sehr wahrscheinliche Ursache für die in den vorliegenden Studien ermittelten Rekognitions- und *change detection*-Leistungen angesehen.

Zusammenfassend betrachtet lassen sich unterschiedliche Argumente dagegen anführen, dass ein langfristiges Erinnern visueller Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen bereits eindeutig belegt wurde: Erfolgreiche Objekt-*token*-Unterscheidungen können auf dem Erinnern semantischer Objektinformation beruhen und, wenn Distraktor-Objekte innerhalb von Szenen präsentiert werden, lassen sich sowohl Objekt-*token*- als auch Orientierungsveränderungen unter Umständen dadurch ermitteln, dass räumliche Konfigurationsinformation erinnert wird. Darüber hinaus sind viele der frühen Bildgedächtnisstudien, wie unter 4.1.1 dargestellt, mit unterschiedlichen methodischen Problemen behaftet.

Die dargestellte Kritik an den bislang eingesetzten Versuchsbedingungen würde jedoch nicht greifen, wenn Langzeitgedächtnisleistungen für ein Objektmerkmal untersucht werden, das allein zur visuellen Oberfläche eines Objekts zu rechnen ist. Objektfarbe stellt ein solches Merkmal dar: Farbe ist ein Merkmal, das nur visuell wahrgenommen werden kann und dessen Veränderung räumliche Objektmerkmale in keiner Weise betrifft. Darüber hinaus wirken sich

Farbveränderungen zumeist nicht auf semantische Merkmale eines Objekts aus, vorausgesetzt das Objekt kommt in der entsprechenden Farbe vor und es entsteht durch die Farbveränderungen keine Anomalie. Wenn sich Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen nachweisen ließen, würde dies einen eindeutigen Beleg dafür darstellen, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten gespeichert werden. In den angeführten frühen Bildgedächtnisstudien ist das Erinnern von Objektfarben nicht untersucht worden, da lediglich schwarz-weiße Szenen präsentiert wurden. Hollingworth und Henderson haben in ihren Untersuchungen teilweise die Farbe von Objekten verändert, um Objekt-*token*-Distraktoren zu erzeugen. Insgesamt haben die Autoren jedoch Veränderungen in unterschiedlichen Merkmalsdimensionen wie Form, Farbe und Oberflächentextur zusammengefasst, um das Erinnern von Objekt-*token*-Merkmalen zu ermitteln (vgl. Hollingworth, 2005).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es nun, Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen zu untersuchen. Bevor genauer auf den Aufbau der dazu durchgeführten experimentellen Untersuchungen eingegangen wird, werden in Hinblick auf diese Untersuchungsfrage weitere theoretische Befunde aus zwei Themenbereichen dargestellt: Der folgende Abschnitt behandelt das Thema Farbgedächtnis. In diesem Zusammenhang werden bislang vorliegende Studien zum Langzeitgedächtnis für Farben beschrieben. Dabei ist festzustellen, dass der Frage, ob und inwieweit Farben einzelner Objekte innerhalb von Szenen langfristig erinnert werden können, bisher noch nicht in dieser Form nachgegangen wurde. Es liegen nur Studien vor, die entweder untersuchen, inwieweit Farben von einer Reihe einzeln dargebotenen Objekten erinnert werden oder inwieweit Farbveränderungen einer gesamten Szene erkannt werden können. Anschließend werden in Kapitel 5 verschiedene Möglichkeiten der Messung der visuellen Aufmerksamkeit dargestellt, sowie die im Rahmen der eigenen Untersuchungen eingesetzte Aufmerksamkeitstestmethode.

4.2 Erinnern des visuellen Oberflächenmerkmals Farbe

4.2.1 Ungenauigkeiten des Farbgedächtnisses

In Farbgedächtnisuntersuchungen, in denen Probanden gezielt versuchen, sich eine Farbe zu merken, zeigt sich typischerweise, dass Farben nicht ganz exakt erinnert werden können. Im Gedächtnis finden Verzerrungen in allen drei Dimensionen des Farbraums statt, mit denen sich Farben beschreiben lassen: Zumeist werden Farben stärker gesättigt gespeichert, als sie wahrgenommen wurden. In der Luminanzdimension ist zu beobachten, dass helle Stimuli oft heller und dunkle oft dunkler erinnert werden. Die Sättigung einer Farbe kann dabei genauer erinnert werden als die Luminanz; am genauesten wird der Wert einer Farbe in der Farbtondimension erinnert. Hier finden sich zumeist nur kleine, eher unsystematische Veränderungen. Ein häufiger Befund ist außerdem, dass Farben im Gedächtnis in Richtung so genannter fokaler Farben verändert gespeichert werden, d.h. in Richtung von Farben, die für eine Farbkategorie als typisch abgesehen werden. Die beschriebenen Veränderungen von Farben treten bereits nach kurzen Intervallen von wenigen Sekunden auf. (vgl. Amano, Uchikawa & Kuriki, 2002; Jin & Shevell, 1996; Nilsson & Nelson, 1981; Sachtler & Zaidi, 1992). Aus welchem Grund es zu solchen Verzerrungen im Farbgedächtnis kommt, ist bislang noch unklar (Amano, Uchikawa & Kuriki, 2002).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde jedoch nicht der Frage nachgegangen, wie genau, sondern in welchem Umfang Farben von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden können, um zu ermitteln, ob visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten lediglich im visuellen Arbeitsgedächtnis oder auch im visuellen Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Inwieweit es zu Farbveränderungen im Gedächtnis kommt, ist in diesem Zusammenhang nicht von Bedeutung. In den hier durchgeführten Experimenten wurden daher keine feinen Unterscheidungen von Farbschattierungen verlangt, sondern es wurde lediglich untersucht, ob die Farbkategorie einer Objektfarbe erinnert wird. Da es im Gedächtnis, wie beschrieben, zu eher geringen Veränderungen in der Farbtondimension kommt, wurde vermutet, dass eine Farbgedächtnisaufgabe, die ein Erinnern von Farbkategorien verlangt, treffend widerspiegeln kann, inwieweit Farben von Objekten in Szenen erinnert werden. Wenn anstelle von Farbkategorien Farbschattierungen innerhalb einer Farbkategorie getestet würden, könnte es in der Farbgedächtnisaufgabe dagegen zu Fehlern kommen, die nicht darauf zurückzuführen sind, dass Probanden eine Objektfarbe nicht erinnern, sondern darauf, dass sie die Farbe eines Objekts nicht genau genug erinnern.

4.2.2 Langzeitgedächtnis für Farben von Objekten in natürlichen Szenen

Obwohl sich mehrere Untersuchungen finden lassen, die sich aus unterschiedlichen Gründen mit dem Erinnern des Merkmals Farbe befassen, liegt bislang keine Studie vor, in der untersucht wurde, inwieweit ein Langzeitgedächtnis für Farben von Objekten innerhalb natürlicher Szenen besteht. Eine Reihe von Studien kann Belege dafür liefern, dass es möglich ist, Farben einzeln dargebotener Objekte inzidentell zu lernen und langfristig zu erinnern (z.B. Cave, Bost & Cobb, 1996; Ellis & Rickard, 1989; Melzer, 2002; Wilton, 1989; Wippich & Mecklenbräuker, 1998; Wippich, Mecklenbräuker & Baumann, 1994; Zimmer, Steiner & Ecker, 2002; vgl. aber Park & Mason, 1982). So konnten Cave, Bost und Cobb (1996) zeigen, dass Farben von Objekten nach einer inzidentellen Lernphase, in der eine Objektbenennungsaufgabe durchgeführt wurde, noch nach einer Stunde in einer Ja-Nein-Rekognitionsaufgabe zu 57% richtig wieder erkannt werden.

In Untersuchungen, in denen in der Lernphase natürliche Szenen präsentiert wurden, konnte in Rekognitionsaufgaben ebenfalls nachgewiesen werden, dass Farbinformation von Szenen im Langzeitgedächtnis gespeichert wird: Versuchsteilnehmer können gesehene Szenen von Distraktor-Szenen unterscheiden, deren Farben insgesamt verändert wurden (Amano, Uchikawa & Kuriki, 2002; Homa & Viera, 1988). Darüber hinaus zeigen einige Studien auf indirektem Weg, dass Farben von Szenen langfristig erinnert werden, da farbige Szenen besser erinnert werden als schwarz-weiß dargebotene Szenen (Hanna & Remington, 1996; Homa & Viera, 1988; Wichmann, Sharpe & Gegenfurtner, 2002). Wie Wichmann, Sharpe und Gegenfurtner (2002) betonen, ist aus diesem Gedächtnisvorteil für farbige Szenen allein aber noch nicht eindeutig ableitbar, dass Farbinformation im Langzeitgedächtnis gespeichert wurde. Der Effekt könnte auch dadurch zustande kommen, dass sich farbige Szenen besser enkodieren lassen beispielsweise dadurch, dass Farben die Segmentierung von Szenenbestandteilen erleichtern. Von farbigen dargebotenen Szenen würden dann als Folge reichhaltigere Gedächtnisrepräsentationen aufgebaut, die zu einem besseren Erinnern der Szenen führen, ohne dass Farben notwendigerweise gespeichert sein müssen. Ein weiterer Befund spricht jedoch klar dafür, dass Farben Teil der Langzeitgedächtnisrepräsentation von Szenen sind: Es lässt sich zusätzlich ein Rekognitionsvorteil beobachten, wenn Szenen in derselben Modalität gelernt und getestet werden, d.h. farbige und farbige oder schwarz-weiß und schwarz-weiß (Hanna & Remington, 1996; Wichmann, Sharpe & Gegenfurtner, 2002). Wäre keine Farbinformation in der Gedächtnisrepräsentation enthalten, dürfte es keinen Unterschied machen, ob eine Szene in der Testphase farbige oder schwarz-weiß präsentiert wird.

Insgesamt gesehen ist also bislang sowohl nachgewiesen worden, dass Farben einzeln dargebotener Objekte inzidentell gelernt und langfristig erinnert werden können, als auch, dass Farben natürlicher Szenen im Langzeitgedächtnis erhalten bleiben. In allen angeführten Untersuchungen zu natürlichen Szenen wurden jedoch stets die Farben der gesamten Szene verändert, um Distraktoren zu erzeugen. Daher ist aus diesen Studien nicht direkt erkennbar, ob und inwieweit Farben einzelner Objekte innerhalb natürlicher Szenen erinnert werden. Aufgrund der vorliegenden Befunde zum Langzeitgedächtnis für Farben einzeln dargebotener Objekte lässt sich aber vermuten, dass auch Farben von Objekten, die im Rahmen von Szenen präsentiert werden, langfristig erinnert werden können. Es wurde daher erwartet, dass der hier angestrebte Nachweis von Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten innerhalb natürlicher Szenen gelingen wird.

4.2.3 Messung von Farbgedächtnisleistungen

Um Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten zu erheben, kommen grundsätzlich explizite und implizite Gedächtnistestverfahren infrage. In expliziten Verfahren werden Probanden ausdrücklich aufgefordert, sich an zuvor dargebotene Items zu erinnern und diese zu reproduzieren oder unter Distraktoren auszuwählen. In impliziten Verfahren werden Probanden dagegen nicht angehalten, ihr Gedächtnis zu konsultieren, und auf eine vorangehende Lernphase wird nicht weiter Bezug genommen. Ob sie sich an zuvor präsentiertes Material erinnern, wird auf indirektem Wege ermittelt, indem untersucht wird, ob zuvor gezeigte Items schneller verarbeitet werden können als neue Items. So ist ein impliziter Test für Probanden nicht offensichtlich als Gedächtnistest zu erkennen.

Nachdem sich gezeigt hatte, dass *change detection*-Leistungen nur ungenau widerspiegeln, inwieweit visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten erinnert werden, wurde in der visuellen Gedächtnisliteratur bisweilen vermutet, dass implizite Gedächtnistests hierzu besser geeignet sein könnten (vgl. Henderson & Hollingworth, 2003a; Irwin & Zelinsky, 2002). Was Farben von Objekten betrifft, konnten mit impliziten Verfahren jedoch zumeist keine Gedächtniseffekte nachgewiesen werden. In Aufgaben, in denen einzeln dargebotene Objekte schnell benannt, aus Fragmenten identifiziert oder von nicht in der Realität vorkommenden Objekten unterschieden werden sollten, waren keine Reaktionszeitvorteile zu beobachten, wenn Objekte in derselben Farbe präsentiert wurden wie in der vorangegangenen Lernphase (Cave, Bost & Cobb, 1996; Wippich & Mecklenbräuker, 1998; Zimmer, 1993). Als Grund hierfür wird angeführt, dass alle diese Aufgaben in erster Linie eine Identifikation der Objekte verlangen. Zur Objektidentifikation werden jedoch eher Formmerkmale als visuelle

Oberflächenmerkmale wie Farbe herangezogen. Daher wirkt es sich nicht auf die Bearbeitungszeit aus, in welcher Farbe die Objekte gezeigt werden. Das einzige implizite Gedächtnistestverfahren, mit dem Farbgedächtniseffekte erfolgreich nachgewiesen werden konnten, ist eine von Wippich und Mitarbeitern entwickelte Farbwahlaufgabe (Melzer, 2002; Wippich & Mecklenbräuker, 1998; Wippich, Mecklenbräuker & Baumann, 1994). Hatten Probanden die Aufgabe, zu schwarz-weißen Strichzeichnungen von Objekten jeweils eine passende Farbe auszuwählen, so entschieden sie sich signifikant häufiger für die Farben, in denen die Objekte zuvor präsentiert worden waren. Es zeigte sich jedoch, dass diese Farbeffekte nur dann auftreten, wenn auch mit expliziten Verfahren Farbgedächtnisleistungen zu ermitteln sind (Zimmer, Steiner & Ecker, 2002). Wenn Farbgedächtnisleistungen ermittelt werden sollen, kann dies somit ebenso gut mit einem expliziten Farbgedächtnistestverfahren wie mit der beschriebenen Farbwahlaufgabe erfolgen.

Tatsächlich konnten in einigen Untersuchungen, in denen explizite Gedächtnistests zum Einsatz kamen, implizite Farbgedächtniseffekte beobachtet werden: Wenn in Rekognitionsaufgaben erhoben wurde, wie genau und wie schnell zuvor präsentierte Objekte aufgrund ihrer Form wieder erkannt werden, zeigte sich bisweilen ein erleichternder Effekt, wenn Objekte im Test in derselben Farbe vorgelegt wurden wie in der Lernphase (Cave, Bost & Cobb, 1996; Nicholson & Humphrey, 2004; Zimmer, 1993; dagegen aber Hanna & Remington, 1996; Stefurak & Boynton, 1986). Die Anwesenheit der Farbe, in der die Objekte gelernt worden waren, kann die Objektrekognition somit erleichtern.

Insgesamt betrachtet sprechen die vorliegenden Ergebnisse dafür, dass der Einsatz von impliziten Verfahren keinen Vorteil bietet, wenn Gedächtnisleistungen für Objektfarben ermittelt werden sollen. Daher wurde in den eigenen hier durchgeführten Untersuchungen auf den Einsatz impliziter Gedächtnistests verzichtet. Um Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen zu ermitteln, kamen zwei Arten expliziter Gedächtnistestverfahren zum Einsatz: eine *cued recall*- und eine 2AFC-Rekognitionsaufgabe (vgl. 6.2.1 und 6.5.1.1).

Bevor die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten experimentellen Untersuchungen in Kapitel 6 geschildert werden, wird im nächsten Kapitel auf Möglichkeiten der Messung der visuellen Aufmerksamkeit eingegangen. Wie unter 3.6.2 dargestellt, wird das Zuwenden von Aufmerksamkeit zu einem Objekt in allen beschriebenen visuellen Gedächtnistheorien als notwendige Voraussetzung zum Aufbau von Objektrepräsentationen angesehen. Da nur zuvor beachtete Objekte erinnert werden können, ist folglich auch nur zu

erwarten, dass von zuvor beachteten Objekten Farben gespeichert werden. Aus diesem Grund war es in den eigenen Untersuchungen nötig zu kontrollieren, welchen Objekten Probanden beim Betrachten der Szenen Aufmerksamkeit zuwenden. Während der Präsentation der Szenen in der Studierphase kam daher ein Aufmerksamkeitstest zum Einsatz.

5 Messung der visuellen Aufmerksamkeit

Die visuelle Aufmerksamkeit ist ein Selektionsmechanismus, der die Informationsaufnahme bei der visuellen Wahrnehmung steuert. Das Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu einem Ort oder Objekt führt dazu, dass lokale Information selektiert und mit erhöhter Priorität verarbeitet wird. Als Folge daraus ist eine herabgesetzte Identifikationsschwelle für ein Objekt oder eine verkürzte Reaktionszeit auf einen Reiz zu beobachten. Über diese beobachtbaren Auswirkungen der visuellen Aufmerksamkeit kann ermittelt werden, worauf Probanden ihre Aufmerksamkeit richten, wenn sie eine Vorlage betrachten.

In der Forschung zur visuellen Aufmerksamkeit werden Aufmerksamkeitseffekte auf unterschiedliche Weise gemessen: Leistungen in visuellen Suchaufgaben (z.B. Treisman & Gelade, 1980) und Reaktionszeiten bei der Identifikation von Stimuli in räumlichen *precuing*-Experimenten (z.B. Eriksen & Hoffman, 1973; Posner, 1980) stellen typische experimentelle Settings hierzu dar (vgl. Pashler, 1998). Wenn Aufmerksamkeitsverteilungen und -bewegungen auf einem Display ermittelt werden sollen, das Probanden frei betrachten können, hat sich die Blickbewegungsmessung als Standardmethode etabliert. Theoretische Grundlage der Blickbewegungsmessung ist eine enge Verbindung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Blickbewegungen, die im folgenden Abschnitt dargestellt wird. Ein sehr ähnlicher Zusammenhang findet sich auch zwischen visueller Aufmerksamkeit und anderen Formen von Zielbewegungen. Auf dieser Verbindung basiert eine Methode, die Aufmerksamkeit über Mausklicks misst, einer bestimmten Art von Zielbewegungen bei der Verwendung einer Computermaus. Diese vergleichsweise neue Aufmerksamkeitstestmethode kam in den Langzeitgedächtnisuntersuchungen der vorliegenden Arbeit zum Einsatz. Nachdem die bestehenden Zusammenhänge zwischen Aufmerksamkeit und Zielbewegungen unter 5.1.2 beschrieben wurden, wird die Mausklick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit unter 5.2 vorgestellt.

5.1 Theoretische Grundlagen der Aufmerksamkeitsmessung

5.1.1 Visuelle Aufmerksamkeit und Blickbewegungen

Die Beziehung zwischen visueller Aufmerksamkeit und Blickbewegungen ist komplex und noch nicht vollständig geklärt. Unstrittig ist jedoch, dass es einen engen Zusammenhang zwischen Blick- und Aufmerksamkeitsbewegungen gibt. Beim normalen Sehen geht einer Blickbewegung stets eine Bewegung der Aufmerksamkeit zum Zielpunkt der Sakkade voraus (z.B. Hoffman & Subramaniam, 1995; Inhoff, Pollatsek, Posner & Rayner, 1989; Kowler, Anderson, Doshier & Blaser, 1995; Schneider & Deubel, 1995; Sheperd, Findlay & Hockey, 1986). Dass die visuelle Aufmerksamkeit bereits während der Bewegungsplanung auf das Sakkadenziel gerichtet wird, lässt sich daran erkennen, dass schon ein aufmerksamkeitsbedingter Verarbeitungsvorteil für Stimuli am Zielpunkt besteht, bevor die Blickbewegung ausgeführt wird. Die Verbindung zwischen Aufmerksamkeit und Blickbewegungen erfüllt während der visuellen Wahrnehmung eine wichtige Funktion: Aufmerksamkeit und Blick sind gekoppelt, um zu ermöglichen, dass ein beachtetes Objekt auf der Fovea, der Stelle des schärfsten Sehens, abgebildet wird und somit optimal visuell verarbeitet werden kann (Nelson & Loftus, 1980; Posner, 1980). Wegen dieses Zusammenhangs werden Blickbewegungen auch als *overt*, also beobachtbare, Orientierungen der Aufmerksamkeit bezeichnet (Posner, 1980).

Blick und Aufmerksamkeit sind beim Sehen zwar eng, aber nicht vollständig verbunden. Es ist möglich, die visuelle Aufmerksamkeit unabhängig vom Blick zu bewegen. Während eine Fixationsposition beibehalten wird, kann eine verdeckte Aufmerksamkeitsbewegung an eine andere Displayposition ausgeführt werden (Posner, 1980). Dagegen ist es aber nicht möglich, den Blick unabhängig von der Aufmerksamkeit zu bewegen: Die visuelle Aufmerksamkeit kann nicht auf eine Displayposition gerichtet bleiben, während gleichzeitig eine Blickbewegung auf eine andere Position ausgeführt wird (Deubel & Schneider, 1996; Hoffman, 1998; Hoffman & Subramaniam, 1995; Kowler, Anderson, Doshier & Blaser, 1995; Sheperd, Findlay & Hockey, 1986).

Aufgrund dieser Zusammenhänge lässt sich bei der Blickbewegungsmessung aus einer Blickbewegung eindeutig auf eine vorausgehende Aufmerksamkeitsbewegung zum Zielpunkt der Sakkade schließen; Elemente, die fixiert werden, müssen Aufmerksamkeit erhalten haben. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass zusätzlich weitere verdeckte Aufmerksamkeitsbewegungen stattfinden, die sich nicht in Blickbewegungen niederschlagen.

Mit einer Blickbewegungsmessung ist es daher nur möglich zu ermitteln, welchen Elementen eines Displays Aufmerksamkeit zugewandt wird, nämlich denen, die fixiert werden. Aus dem Umstand, dass ein Element nicht fixiert wird, lässt sich jedoch nicht schließen, dass es nicht beachtet wird, da sich die visuelle Aufmerksamkeit verdeckt auf das Element verlagert haben könnte.

5.1.2 Visuelle Aufmerksamkeit und Zielbewegungen

Die visuelle Aufmerksamkeit spielt nicht nur bei der visuellen Wahrnehmung eine wichtige Rolle. Sie gilt darüber hinaus auch als genereller Steuerungsmechanismus für zielmotorische Handlungen, der die für eine Zielbewegung notwendige Information selektiert (z.B. Allport, 1993; Neumann, 1990; Rizzolati, Riggio & Sheliga, 1994; Schneider, 1999). So muss beispielsweise bei Greifbewegungen bestimmt werden, nach welchem Objekt aus einer Gruppe von Objekten gegriffen wird, und es muss Information zu Position und Form des Zielobjekts aufgenommen werden. Diese Selektionsfunktion der Aufmerksamkeit wurde von Allport (1993) *selection for action* genannt. Entsprechend lassen sich Aufmerksamkeits-effekte bei verschiedenen Arten von Zielbewegungen beobachten, die denen bei Blickbewegungen stark ähneln.

Es zeigte sich insbesondere, dass Zielbewegungszielen ähnlich wie Sakkadenzielen während der Bewegungsplanung Aufmerksamkeit zugewandt wird. Typischerweise besteht ein aufmerksamkeitsbedingter Wahrnehmungsvorteil für Stimuli am Zielpunkt einer Sakkade (Deubel & Schneider, 1996; Hoffman, & Subramaniam, 1995; Kowler, Anderson, Doshier & Blaser, 1995; Schneider & Deubel, 1995). Ein ähnlicher Effekt findet sich auch bei Zeigebewegungen: Auch Stimuli am Zielpunkt einer Fingerzeigebewegung können schneller identifiziert werden (Deubel, Schneider & Paprotta, 1998; Schneider & Deubel, 2002). Für Blick- wie für Zeigebewegungen gilt dabei, dass es nicht möglich ist, einen Stimulus an einer Displayposition zu identifizieren und gleichzeitig eine Bewegung auf einen Stimulus an einer anderen Position auszuführen. Es ist also nicht möglich, Aufmerksamkeit auf eine Displayposition gerichtet zu halten und gleichzeitig gezielt auf eine bestimmte andere Displayposition zu zeigen. Wenigstens während der Planung der Zeigebewegung ist die visuelle Aufmerksamkeit ausschließlich am Zielpunkt der Bewegung verankert.

Ähnliche Aufmerksamkeitseffekte zeigen sich auch bei Greifbewegungen (Deubel & Schneider, 2004; Schiegg, Deubel & Schneider, 2003). Wenn nach einem Objekt gegriffen wird, können solche Stimuli leichter identifiziert werden, die sich in der Nähe derjenigen

Stellen befinden, an denen die Finger beim Greifen des Objekts ansetzen. Ebenso ließ sich wiederum beobachten, dass es für Probanden schwierig ist, nach einem Objekt zu greifen und gleichzeitig einen Stimulus an einer anderen Position zu identifizieren. Auch wenn bekannt ist, an welcher Position sich der zu identifizierende Stimulus befindet, besteht ein aufmerksamkeitsbedingter Wahrnehmungsvorteil für Stimuli an der Zielposition der Greifbewegung fort. Zumindest während der Bewegungsplanung und früher Bewegungsphasen ist die visuelle Aufmerksamkeit obligatorisch an das Ziel der Greifbewegung gebunden.

Die beschriebenen Ergebnisse verdeutlichen, dass den Zielen von Zeige- und Greifbewegungen wie auch den Zielen von Blickbewegungen während der Bewegungsplanung Aufmerksamkeit zugewandt wird. Blick- und Zielbewegungen unterscheiden sich jedoch darin, ob es erforderlich ist, die visuelle Aufmerksamkeit bei der Ausführung der Bewegung auf das Bewegungsziel gerichtet zu halten. Dies wird deutlich, wenn Bewegungen vorbereitet, aber erst verzögert ausgeführt werden. Während die visuelle Aufmerksamkeit bei verzögerten Blickbewegungen solange auf den Zielpunkt der Sakkade gerichtet bleiben muss, bis die Blickbewegung eingeleitet wurde, können Zeigebewegungen nach einer Verzögerung von über 300ms *offline* ausgeführt werden, ohne dass die Aufmerksamkeit auf dem Bewegungsziel verharrt (Deubel & Schneider, 2003). Obwohl visuelle Aufmerksamkeit zur Planung von Zielbewegungen benötigt wird, sind diese im Gegensatz zu Blickbewegungen in ihrer Ausführung nach einer bestimmten Vorbereitungszeit nicht mehr von der visuellen Aufmerksamkeit abhängig. Zielbewegungen sind somit weniger eng an die visuelle Aufmerksamkeit gebunden als Blickbewegungen, aber auch sie lassen sich nicht ohne eine Beteiligung visueller Aufmerksamkeit durchführen.

Dass Zielbewegungen visuelle Aufmerksamkeit erfordern, lässt sich außerdem daran erkennen, dass schnelle Zielbewegungen gestört werden können, wenn die Aufmerksamkeit währenddessen von dem Bewegungsziel weggelenkt wird. In einem Doppelaufgaben-Setting kann eine Aufgabe, die eine Fokussierung der visuellen Aufmerksamkeit auf ein Objekt verlangt, mit dem Ausführen einer Zielbewegung auf ein anderes Objekt interferieren. Es zeigte sich, dass sich eine Greifbewegung nach einem Zielobjekt verlangsamt, wenn gleichzeitig gezählt wird, wie oft ein Lichtstrahl ein Distraktor-Objekt beleuchtet (Castiello, 1996). Die Verlagerung der visuellen Aufmerksamkeit auf das zu zählende Distraktor-Objekt störte das Greifen nach dem Zielobjekt sowohl bei der Planung als auch während der Ausführung der Bewegung. Ähnliche aufmerksamkeitsbedingte Interferenzeffekte beim

Ausführen von Zielbewegungen können nachgewiesen werden, wenn die Aufmerksamkeit automatisch durch einen abrupt aufleuchtenden Stimulus angezogen wird. Wenn Probanden auf einer Tastenanordnung schnell eine rot aufleuchtende Taste drücken und eine gleichzeitig gelb aufleuchtende Taste ignorieren sollten, war zu beobachten, dass das gleichzeitig dargebotene Distraktor-Objekt die Initiierung der Bewegung zum Zielobjekt verlangsamte (Tipper, Lortie & Baylis, 1992). Distraktoren, die sich zwischen der Ausgangsposition der Hand und dem Zielobjekt befanden, interferierten dabei mit dem Ausführen der Zielbewegung besonders stark.

5.1.3 Zusammenfassung

Visuelle Aufmerksamkeit ist also sowohl erforderlich, um Blickbewegungen als auch um andere Formen von Zielbewegungen auszuführen. Sakkadenzielen und anderen Zielbewegungszielen wird während der Bewegungsplanung und teilweise auch während der Bewegungsausführung Aufmerksamkeit zugewandt. Ähnlich wie der Umstand, dass Zielpunkte von Blickbewegungen Aufmerksamkeit erhalten müssen, genutzt werden kann, um über Blickbewegungsmessungen zu ermitteln, welche Positionen eines Displays beachtet werden, kann der Zusammenhang zwischen visueller Aufmerksamkeit und Zielbewegungen zur Aufmerksamkeitsmessung verwendet werden. Wenn gezielt auf eine Displayposition gezeigt wird, muss der Position zu einem vorigen Zeitpunkt Aufmerksamkeit zugewandt worden sein. Diesen Umstand nutzt eine Aufmerksamkeitsmethode von Scheier und Egner, um Verteilungen und Bewegungen der visuellen Aufmerksamkeit über Zeigebewegungen mit der Computermaus zu messen. Diese Mausclick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit, die als eine Alternative zur Blickbewegungsmessung entwickelt wurde, wird im nun folgenden Abschnitt beschrieben.

5.2 Mausclick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit

Ausgangspunkt für die Entwicklung der Mausclick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit waren Untersuchungen zu Modellen visueller Aufmerksamkeit (Egner, Itti & Scheier, 2000). Hier entdeckten Scheier und Egner, dass sich Aufmerksamkeitsdaten sehr effektiv über Zeigebewegungen mit der Computermaus erheben lassen. Sie instruierten Probanden, schnell aufeinander folgende Mausclicks auf die Teile eines Displays auszuführen, die für sie interessant waren und ihren Blick auf sich ziehen. Folgten Probanden

dieser Instruktion und zeigten so mittels Mausklicks an, worauf ihre Aufmerksamkeit jeweils gerichtet war, ergaben sich Verteilungsdaten, die denen einer Blickbewegungsmessung sehr stark ähnelten: An getrennten Probandenstichproben ermittelte Verteilungen von Fixationen und Mausklicks auf verschiedenen Displayregionen korrelierten zu mehr als $r = .90$ (vgl. Scheier & Egner, 2005). Diese Ähnlichkeit zwischen Fixations- und Klickdaten verdeutlicht, dass Probanden in der Lage sind, sich die jeweilige Position ihres Blick und ihrer Aufmerksamkeit zu vergegenwärtigen und relativ genau mit der Maus anzuzeigen. Bei entsprechender Instruktion lassen sich daher Verteilungen und Bewegungen der visuellen Aufmerksamkeit beim Betrachten eines Displays in ähnlicher Weise über Zeigebewegungen mit der Computermaus ermitteln wie mit einer Blickbewegungsmessung.

Grundsätzlich ist es auch möglich, andere Arten von Zeigebewegungen in dieser Form der Aufmerksamkeitsmessung einzusetzen. Mausklicks sind jedoch besonders gut geeignet, da geübte Mausbenutzer sie im Vergleich zu Fingerzeigebewegungen sehr viel schneller und müheloser ausführen können. Darüber hinaus wird das Display beim Ausführen einer Zeigebewegung mit der Maus nicht teilweise verdeckt wie durch Arm und Hand beim Zeigen mit dem Finger.

Ausgehend von diesen ersten Untersuchungsergebnissen begannen Scheier und Egner, ihre Mausklick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit (*AttentionTracking*TM; Egner & Scheier, 2002; Scheier & Egner, 2005; Scheier & Heinsen, 2003; Scheier & Koschel, 2002; Scheier, Reigber & Egner, 2003) als eine Alternative zur „klassischen“ Methode der Blickbewegungsmessung zu etablieren, und entwickelten eine Software (*MediaAnalyzer*), mit der auf Mausklicks basierende Aufmerksamkeitstests für Bildmaterial und Filme konstruiert, durchgeführt und ausgewertet werden können.

Ein Aufmerksamkeitstest mit der Mausklick-Methode läuft folgendermaßen ab: Die Probanden sitzen an einem Computer mit einer Maus. Auf dem Bildschirm werden ihnen Bilder präsentiert, die jeweils für ein paar Sekunden (z.B. sieben Sekunden) eingeblendet werden. Zwischen den Bildern wird für eine Sekunde ein Fixationskreuz gezeigt, das dazu dient, die Aufmerksamkeit der Probanden sowie die Maus auf die Mitte des Displays zurückzulenken. Während sie die Bilder betrachten, haben die Probanden die Aufgabe, mit der Maus zügig auf die Bildelemente zu klicken, die ihren Blick auf sich ziehen; d.h. sie sollen sich jeweils bewusst machen, wohin sie gerade blicken, und mit der Maus immer auf diese Stellen klicken. Voraussetzung für ein Funktionieren der Methode ist, dass Probanden ihre Blickbewegungen möglichst eng mit Mausklicks nachvollziehen. Dazu ist es erforderlich,

dass sie viele Klicks produzieren: Während ein Bild gezeigt wird, müssen sie ohne Unterbrechung klicken und dabei eine Geschwindigkeit von mindestens einem Klick pro Sekunde erreichen. Dazu sind nach einem kurzen Training ca. 90-92% der Teilnehmer in der Lage (Scheier & Heinsen, 2003; Scheier & Koschel, 2002; Scheier, Reigber & Egner, 2003). Eine gewisse Übung im Umgang mit der Maus müssen die Teilnehmer allerdings mitbringen. Abbildung 5.2.1 zeigt die Aufmerksamkeitsverteilung einer Probandin für eine im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Szenen. Die farbigen Marker-Punkte stellen jeweils einen Klick dar, die Pfeile zeigen den Klickverlauf an.



Abbildung 5.2.1: Verteilung der Klicks einer Probandin auf einer der gezeigten Szenen nach einer Präsentationsdauer von sieben Sekunden

Ziel der Mausclick-Methode ist es, ähnliche Aufmerksamkeitsdaten zu erheben wie mit einer Blickbewegungsmessung, nämlich overt Orientierungen der visuellen Aufmerksamkeit beim Betrachten einer statischen oder bewegten Vorlage. Daher werden Probanden direkt instruiert, ihren Blickverlauf mit der Maus anzuzeigen und so quasi ihre Blickbewegungen selbst aufzuzeichnen. Die dazu auszuführenden Mausclicks stellen gezielte Zeigebewegungen dar. Weil Displaypositionen, auf die gezielt gezeigt wird, visuelle Aufmerksamkeit erhalten haben müssen (s. 5.1.2), wird in einem Aufmerksamkeitsstest mit der Mausclick-Methode insgesamt gesehen auf doppelte Art und Weise sichergestellt, dass angeklickte Elemente beachtet

worden sind: Erstens da sie Zielpunkte von Blickbewegungen sind und zweitens da sie Zielpunkte von Zeigebewegungen mit der Maus sind.

Für die Mausclick-Methode gilt jedoch wie für die Blickbewegungsmessung: Auch mit dieser Aufmerksamkeitstestmethode kann nur ermittelt werden, welche Elemente eines Displays beachtet wurden, und nicht, welche nicht beachtet wurden (vgl. 5.1.1). Wird ein Element im Laufe des Aufmerksamkeitstests angeklickt, muss es auch beachtet worden sein, da es nicht möglich ist, eine Zielbewegung auszuführen, ohne die Aufmerksamkeit zuvor auf das Bewegungsziel verlagert zu haben. Umgekehrt kann jedoch nicht bestimmt werden, ob nicht angeklickte Elemente beachtet wurden oder nicht, da Aufmerksamkeitsbewegungen stattgefunden haben könnten, die nicht in Klicks abgebildet wurden. Dieser Umstand stellt jedoch nicht unbedingt einen Nachteil dar: Zweck der Aufmerksamkeitsmessung im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen ist es, ausschließen zu können, dass die Farbe eines Objektes aus dem Grund nicht erinnert wird, weil das Objekt zuvor nicht beachtet wurde. Daher genügt es zu ermitteln, welche Objekte innerhalb der Szenen mit Sicherheit Aufmerksamkeit erhalten haben. Gedächtnisleistungen für beachtete und nicht beachtete Objekte sollen nicht miteinander verglichen werden.

Auch wenn Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode Blickbewegungsmessungen nicht in jeder Hinsicht ersetzen können, bieten sie sich bei bestimmten Fragestellungen durchaus als alternative Methode an. Der Vorteil der Mausclick-Methode liegt vor allem darin, dass sie ein sehr ökonomisches und einfaches Erheben von Aufmerksamkeitsdaten ermöglicht. Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode lassen sich an einem normalen Computerarbeitsplatz durchführen. Im Vergleich dazu sind Blickbewegungsmessungen apparativ sehr aufwändig (vgl. Duchowski, 2003; Scheier & Heinsen, 2003): Es werden teure Spezialgeräte benötigt, die vor jeder Datenerhebung von einem geschulten Versuchsleiter auf den einzelnen Probanden eingestellt werden müssen. Auch während der Untersuchung ist es wiederholt erforderlich, die Apparatur zu kalibrieren. Weil die Blickmessgeräte zumeist am Kopf befestigt werden, schränken sie außerdem die Bewegungsfreiheit der Probanden ein. Neben der Testdurchführung ist auch die Datenauswertung bei der Blickbewegungsmessung schwieriger als bei Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode: Da die Augen ständig in Bewegung sind und auch während einer Fixation nicht vollständig stabil auf einen Punkt gerichtet bleiben, ist es nicht unmittelbar möglich, Fixationsphasen in den Blickdaten zu identifizieren. Wann Fixationen vorliegen, muss ermittelt werden, indem bestimmte Kriterien angelegt werden. Zur Bestimmung von Fixationen werden in verschiedenen Studien durchaus

unterschiedliche Algorithmen eingesetzt. Die Wahl der Kriterien zur Identifikation von Fixationen ist jedoch keine unproblematische Entscheidung, da wiederholt gezeigt werden konnte, dass sie die Untersuchungsergebnisse erheblich beeinflussen kann (Karsh & Breitenbach, 1983; Salvucci & Goldberg, 2000; vgl. Scheier & Heinsen, 2003). Bei einem Aufmerksamkeitstest mit der Mausclickmethode stellt sich dieses Problem nicht: Es wird einfach jeder von den Versuchsteilnehmern produzierte Mausclick ausgewertet. Eine Nachbearbeitung der Rohdaten, in die Entscheidungen der auswertenden Person eingehen, ist nicht erforderlich. Aufmerksamkeitstests mit der Mausclickmethode können insofern objektiver und auch schneller ausgewertet werden. Ein weiterer Vorteil der Mausclick-Methode gegenüber der Blickbewegungsmessung ist schließlich, dass es möglich ist, Aufmerksamkeitsdaten in Online-Experimenten über das Internet zu erfassen. Dies vereinfacht die Rekrutierung von Probanden sowie die Datenerhebung entscheidend, da keine Einzeltests im Labor durchgeführt werden müssen.

Die Grenzen der Mausclick-Methode zeigen sich dagegen, wenn genaue Zeitcharakteristika der Aufmerksamkeitszuwendung erhoben werden sollen. Bedingt durch den Prozess der Selbstbeobachtung erfolgen Mausclicks zumeist später als Fixationen (vgl. Hamann, in Vorbereitung; s. 5.2.1). Zu welchem Zeitpunkt ein Displayelement Aufmerksamkeit erhält, lässt sich daher mit der Mausclick-Methode nicht exakt ermitteln. Aus dem Klickverlauf lässt sich lediglich ablesen, in welcher Reihenfolge einzelne Elemente beim Betrachten einer Vorlage beachtet wurden. Des Weiteren lässt sich in einem Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode nicht feststellen, wie lange einem angeklickten Element Aufmerksamkeit zugewandt worden ist, da nicht zu ersehen ist, worauf die visuelle Aufmerksamkeit zwischen zwei Klicks gerichtet ist. Es gibt kein Maß, das der Fixationsdauer bei der Blickbewegungsmessung entspricht. Da beim Betrachten einer Vorlage außerdem vermutlich zumeist weniger Mausclicks produziert werden, als Fixationen erfolgen, werden Aufmerksamkeitsbewegungen mit der Mausclick-Methode nicht so eng abgebildet wie mit einer Blickbewegungsmessung. Wenn Bewegungen der visuellen Aufmerksamkeit also möglichst genau erfasst werden sollen, bietet sich eher die Methode der Blickbewegungsmessung als die Mausclick-Methode an.

Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode sind jedoch gut geeignet, um Aufmerksamkeitsverteilungen beim Betrachten einer Vorlage zu ermitteln. Wie bereits dargestellt wurde, lässt sich über das Registrieren von Mausclicks und Fixationen auf sehr ähnliche Weise erheben, welche Displayregionen viel und welche wenig beachtet werden. Das Ermitteln von Aufmerksamkeitschwerpunkten stellt derzeit das Haupteinsatzgebiet der

Mausklick-Methode in der Praxis dar. In diesem Anwendungszusammenhang ist die Mausclick-Methode gegenüber der Methode der Blickbewegungsmessung im Vorteil, da sie eine wesentlich ökonomischere Durchführung und Auswertung von Aufmerksamkeitstests erlaubt. Schließlich lässt sich die Mausclick-Methode auch gut einsetzen, um zu kontrollieren, welche Elemente beim Betrachten einer Vorlage Aufmerksamkeit erhalten haben. Zu diesem Zweck wurde die Mausclick-Methode in den Untersuchungen der vorliegenden Arbeit verwendet. In den hier durchgeführten Experimenten war es nicht erforderlich zu ermitteln, wann und wie lange einem Objekt innerhalb einer Szene Aufmerksamkeit zugewandt wird. Es war lediglich notwendig festzustellen, ob einzelne Objekte während der Szenenpräsentation beachtet wurden.

5.2.1 Validierungsstand der Mausclick-Methode

Die Mausclick-Methode stellt ein relativ neues Verfahren zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit dar. Obwohl Scheier und Egner die Methode im wissenschaftlichen Forschungskontext entwickelt haben, setzen sie sie mittlerweile selbst überwiegend in der Praxis ein und bieten die Durchführung von Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode über ihre Firma *MediaAnalyzer* für kommerzielle Zwecke an. Die Mausclick-Methode wird vor allem in Marktforschungs-, Werbewirksamkeits- und Usability-Untersuchungen eingesetzt, findet aber auch Anwendung in Medien- und Produktdesign (Egner & Scheier, 2002; Scheier & Egner, 2005; Scheier & Heinsen, 2003; Scheier & Koschel, 2002; Scheier, Reigber & Egner, 2003; Vogt, 2002; Wyss, Scheier & Egner, 2001). Neben dieser Verwendung der Methode zur Untersuchung anwendungsbezogener Fragestellungen wurden Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode auch in mehreren wissenschaftlichen Forschungsprojekten eingesetzt. So dienten sie zur Aufmerksamkeitsmessung beim Betrachten von Gesichtern (S. Shimojo, California Institute of Technology), zur Untersuchung der Aufmerksamkeit bei Epilepsie-Patienten (C. Koch, California Institute of Technology) und zur Erforschung der Aufmerksamkeitsentwicklung bei Kindern (D. Lewkowicz, Institute for Basic Research in Developmental Disabilities, New York; E. Thelen, Indiana University). Aus diesen Projekten liegen allerdings bislang noch keine Veröffentlichungen vor (Scheier, persönliche Mitteilungen).

Um ihre Aufmerksamkeitstestmethode zu evaluieren, führten Scheier und Egner eigene Validierungsstudien durch (Scheier, 2003). Darüber hinaus wurde die Mausclick-Methode in einem Diplomprojekt am Psychologischen Institut II der Universität Hamburg (Pagel, 2003)

und am Fachbereich Wirtschaftspsychologie der Universität Lüneburg (Hamann, in Vorbereitung) untersucht. Ein wichtiges Ziel der bislang vorliegenden Validierungsstudien war es, die Ähnlichkeit der in Blickbewegungsmessungen und Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode ermittelten Verteilungsdaten weiter zu belegen und zu untersuchen, in welcher Beziehung Blick- und Klickverhalten in Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode zueinander stehen (Scheier, 2003; Hamann, in Vorbereitung). Des Weiteren wurden unterschiedliche Instruktionsvarianten für Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode verglichen (Pagel, 2003). Dabei wurde die Güte einer Instruktion daran gemessen, ob sich bei ihrem Einsatz Aufmerksamkeitseffekte aus Blickbewegungsstudien mit der Mausclick-Methode replizieren lassen. Diese Untersuchungen werden im Folgenden ausführlicher dargestellt.

Erhebt man mit Mausclick-Methode und Blickbewegungsmessung, auf welche Positionen Probanden beim freien Betrachten eines Displays ihre Aufmerksamkeit richten, entstehen sehr ähnliche Verteilungen von Mausclicks und Fixationen (Egner, Itti & Scheier, 2000; Scheier, 2003; vgl. Scheier, 2004; Scheier & Egner, 2005; Scheier & Lessmöllmann, 2004). Diese Ähnlichkeit von Fixations- und Mausclickverteilungen bildete, wie eingangs beschrieben, den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Mausclick-Methode und konnte neben der bereits angeführten Studie von Egner, Itti und Scheier (2000) in zwei weiteren Untersuchungen nachgewiesen werden. Eine Validierungsstudie zur Mausclick-Methode (Scheier, 2003; vgl. Scheier & Egner, 2005), die in Zusammenarbeit mit dem Usability Lab der Universität Osnabrück (Institut für Kognitionswissenschaft und Abteilung für Psychologie) durchgeführt wurde, untersuchte die Wahrnehmung von Webseiten mit Blickbewegungsmessungen und Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode an getrennten Probandenstichproben. Zur Auswertung wurden die Webseiten nach inhaltlichen Gesichtspunkten in Regionen unterteilt. Es zeigte sich, dass der prozentuale Anteil von Klicks und gesamter Fixationsdauer (*gaze duration*) pro Region sehr hoch korrelierte ($r = .90$). Die Verteilung der Aufmerksamkeit auf unterschiedliche Teile der Webseiten wurde also mit Blickbewegungsmessungen und der Mausclick-Methode sehr ähnlich abgebildet. Vergleichbares war bei der Wahrnehmung von Printanzeigen zu beobachten (Hamann, in Vorbereitung; vgl. Scheier & Egner, 2005): Auch hier zeigte sich eine sehr hohe Korrelation zwischen Fixations- und Klickdaten ($r = .94$), wenn die Daten zweier Probandengruppen verglichen wurden, wobei die eine Gruppe Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode durchführte und bei der anderen Blickbewegungsdaten erhoben wurden.

Um die Verbindung zwischen Blick- und Mausbewegungen während Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode genauer zu untersuchen, erhob Hamann die Bewegung der visuellen Aufmerksamkeit beim Betrachten von Printanzeigen bei derselben Probandengruppe gleichzeitig mit Mausclick-Methode und Blickbewegungsmessung. Dabei war zu beobachten, dass sich Auge und Maus zeitlich leicht versetzt bewegten: Zumeist erreichte der Blick den Zielpunkt eines Mausclicks zuerst und ruhte dort, bis der Klick ausgeführt wurde. Insgesamt folgte die Maus dem Blick sehr eng, sodass Fixations- und Klickdaten erneut sehr hoch korrelierten ($r = .95$). Während Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode wird somit nahezu jede Blickbewegung durch einen Klick abgebildet (Hamann, in Vorbereitung; vgl. Scheier, 2004; Scheier & Egner, 2005; Scheier & Lessmöllmann, 2004).

Von welcher Bedeutung eine genaue Instruktion der Probanden in Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode ist, verdeutlichen die Ergebnisse der Validierungsstudie von Pagel (2003). Nur wenn Probanden gezielt instruiert wurden, ihren Blickverlauf mit Mausclicks nachzuvollziehen und dabei häufig zu klicken, gelang es, mehrere aus Blickbewegungsstudien bekannte Aufmerksamkeitseffekte mit der Mausclick-Methode zu replizieren. Eine entsprechende Instruktion wurde auch in den hier durchgeführten Untersuchungen verwendet. Außerdem wurden Probanden vorbereitend in einem Klicktraining gezielt darin geschult, ihre Blickbewegungen mit Mausclicks anzuzeigen, bis sie das erforderliche Klickverhalten zeigten.

Der Umstand, dass Ergebnisse aus Blickbewegungsstudien auch dann nachgewiesen werden können, wenn die Mausclick-Methode zur Messung von Aufmerksamkeit eingesetzt wird, stellt neben der Ähnlichkeit von Fixations- und Klickverteilungen einen weiteren Beleg dafür dar, dass die Mausclick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit geeignet ist. Entsprechende Ergebnisse wurden in verschiedenen Untersuchungen erzielt.

In mehreren Experimenten konnte Pagel (2003) bekannte Aufmerksamkeitseffekte mit der Mausclick-Methode replizieren. *Pop out*-Effekte für *singleton*-Items auf visuellen Suchdisplays (vgl. Treisman & Gelade, 1980) fanden sich auch dann, wenn Probanden ihren Blick mit Mausclicks nachvollzogen. Elemente, die sich in einem basalen visuellen Merkmal von allen anderen Elementen des Displays unterscheiden, wurden im Laufe der Display-Präsentation früher angeklickt, was dafür spricht, dass sie die visuelle Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. Dieser Effekt trat bei mehreren Stimulusarten sowie verschiedenen Merkmalen auf, in denen sich das *singleton*-Item von seinem Umfeld unterschied.

Entsprechende Ergebnisse konnten auch in Blickbewegungsuntersuchungen nachgewiesen werden: *Singleton*-Items werden beim Betrachten eines Displays früh fixiert (Williams, Reingold, Moscovitch & Behrmann, 1997).

Darüber hinaus konnte Pagel einen Effekt der semantischen Konsistenz von Objekten in natürlichen Szenen in Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode zeigen. Blickbewegungsstudien haben ergeben, dass semantisch inkonsistente Objekte, deren Auftreten im Rahmen einer bestimmten Art von Szene als überraschend und unpassend anzusehen ist, länger fixiert und auch häufiger von Neuem betrachtet werden als Objekte, die in den Szenenkontext passen (De Graef, Christiaens & D'Ydewalle, 1990; Henderson, Weeks & Hollingworth, 1999; Loftus & Mackworth, 1978; s.a. 3.3.1). In Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode war entsprechend zu beobachten, dass semantisch inkonsistente Objekte innerhalb einer Szene insgesamt häufiger sowie häufiger von Neuem angeklickt wurden als semantisch konsistente Objekte; zusätzlich fand sich eine längere Verweildauer auf semantisch inkonsistenten Objekten.

Ein weiterer Aufmerksamkeitseffekt, der sowohl mit Blickbewegungsmessungen als auch in Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode ermittelt werden konnte, zeigte sich in Usability-Untersuchungen. Bei der Wahrnehmung von Webseiten bestehen geschlechtsspezifische Unterschiede: Frauen achten mehr auf Text, Männer dagegen achten mehr auf Bilder (Vogt, 2002). Dieser Effekt konnte sowohl nachgewiesen werden, wenn Blickbewegungen erhoben wurden (Schiessl, Duda, Thölke & Fischer, 2003), als auch wenn die Mausclick-Methode zur Messung der Aufmerksamkeit zum Einsatz kam (Scheier, 2003; vgl. Scheier & Egner, 2005; Scheier & Koschel, 2002; Scheier, Reigber & Egner, 2003). Ähnliche geschlechtsspezifische Unterschiede sind darüber hinaus bei der Wahrnehmung von Printanzeigen zu beobachten (Scheier, 2003; Schiessl, Duda, Thölke & Fischer, 2003; vgl. Scheier & Egner, 2005; Scheier & Lessmöllmann, 2004).

Insgesamt zeigen die angeführten Validierungsuntersuchungen, dass Verteilungen der visuellen Aufmerksamkeit beim freien Betrachten eines Displays auf ähnliche Weise ermittelt werden können, wenn die Mausclick-Methode oder eine Blickbewegungsmessung zum Einsatz kommt. Darüber hinaus lassen sich Aufmerksamkeitseffekte aus Blickbewegungsstudien replizieren, wenn die Mausclick-Methode zur Messung von Aufmerksamkeit eingesetzt wird. Somit liegen unterschiedliche Belege dafür vor, dass sich die Mausclick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit eignet. Indem die Methode in der

vorliegenden Arbeit im Rahmen von Experimenten zum visuellen Gedächtnis verwendet wird, kann ein weiterer Beitrag dazu geleistet werden, die Einsatzmöglichkeiten dieser neuen Aufmerksamkeitstestmethode zu erkunden.

Beim Einsatz der Mausclick-Methode während der Studierphase einer Gedächtnisuntersuchung, stellt sich die Frage, inwieweit die Methode Gedächtnisleistungen beeinflusst. Die dazu vorliegenden Befunde werden im folgenden Abschnitt kurz geschildert.

5.2.2 Einfluss der Mausclick-Methode auf Gedächtnisleistungen

Validierungsuntersuchungen ergaben, dass der Einsatz der Mausclick-Methode Gedächtnisleistungen im Allgemeinen schmälert: Probanden, die Vorlagen nur betrachten, ohne gleichzeitig ihren Blick mit Mausclicks nachzuvollziehen, erinnern das gezeigte Material besser als Probanden, die während des Betrachtens von Vorlagen einen Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode machen. Dieser Effekt wurde in *free recall*-Aufgaben für die in TV-Spots beworbenen Marken und Produkte nachgewiesen (Scheier, 2003). Der Einsatz der Mausclick-Methode wirkte sich dabei allerdings gleichmäßig auf das Erinnern aller untersuchten Items aus. Die Gedächtnisleistungen beider Probandengruppen erwiesen sich als qualitativ sehr ähnlich und korrelierten zu $r = .85$. Dieselben Items, die häufig erinnert wurden, wenn Probanden die Testvorlagen nur betrachteten, wurden auch nach Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode häufiger erinnert.

Aufgrund dieses bekannten Einflusses der Mausclick-Methode auf die Höhe von Gedächtnisleistungen wurde in dem ersten der hier durchgeführten Experimente zunächst überprüft, ob signifikante Gedächtnisleistungen erzielt werden können, wenn während der Studierphase Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode durchgeführt werden. In Experiment 2C wurde dann gezielt der Frage nachgegangen, inwieweit der Einsatz der Mausclick-Methode die Gedächtnisleistungen in den hier durchgeführten Untersuchungen schmälert.

6 Durchgeführte Untersuchungen zum Langzeitgedächtnis für Objektfarben

Hauptanliegen der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen war es zu ermitteln, ob von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig detaillierte visuelle Information erinnert wird. Werden visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten beim Wahrnehmen von Szenen nur kurzzeitig gespeichert, während und kurz nachdem ein Objekt Aufmerksamkeit erhalten hat, so wie es von *visual transience*-Ansätzen (*coherence theory*: Rensink, 2000a; 2000b, 2000c, 2002; *object file theory of transsaccadic memory*: Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996; Irwin & Zelinsky, 2002; s. 3.2 und 3.4) vorgeschlagen wird, oder bleiben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig detaillierte visuelle Repräsentationen erhalten, wie es die *visual memory theory of scene representation* (Henderson & Hollingworth, 2003a, 2003b; Hollingworth, 2003, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001; s. 3.6) postuliert? Als Testfall für diese beiden konkurrierenden theoretischen Ansätze wurde ermittelt, ob Farben von Objekten, die beim Betrachten von Szenen beachtet worden waren, langfristig erinnert werden. Das Objektmerkmal Farbe wurde in der vorliegenden Arbeit als Beispiel für eine Art visueller Oberflächeninformation von Objekten untersucht. Wenn sich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen lassen, wäre dies ein Beleg für die *visual memory theory* und spräche gegen die *visual transience*-Theorien.

Überblick über die einzelnen Untersuchungen

Um Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen zu untersuchen, wurden insgesamt drei Experimentgruppen durchgeführt. Die Experimente 1, 2A, 2C, 2D, 3A und 3B waren Labor-Experimente. Eine verkürzte Version des Experiments 2A wurde zusätzlich über das Internet durchgeführt (Online-Experiment 2B). In Experiment 1 wurde zunächst ermittelt, ob sich Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in dem gewählten experimentellen Setting nachweisen lassen. Zur Kontrolle wurde dabei wie in allen weiteren Untersuchungen erhoben, ob einzelnen Objekten beim Betrachten der Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wird. Außerdem wurde kontrolliert, inwieweit Szenen-*type*- und Objekt-*type*-Information langfristig erinnert wird. Die Experimente der Gruppe 2 dienten der Replikation der Ergebnisse von Experiment 1 zum Langzeitgedächtnis für Objektfarben; des Weiteren wurden Einflussfaktoren auf den Umfang untersucht, in dem Farben von Objekten beim Betrachten von Szenen gespeichert werden. In Experiment 3 wurde das langfristige

Erinnern von Objektfarben mit einer weiteren Gedächtnistestmethode ermittelt, um die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben mit der für Objekt-*type*-Information zu vergleichen.

6.1 Generelle Methode

Insgesamt orientiert sich der Aufbau der hier durchgeführten Untersuchungen an demjenigen der Studien von Hollingworth und Henderson (2002; vgl. 3.5.2). Ähnlich wie in der Ausgangsuntersuchung wurde den Versuchsteilnehmern eine Reihe natürlicher Szenen präsentiert. Während sie die Szenen betrachteten, wurde ermittelt, welchen Objekten die Probanden Aufmerksamkeit zuwenden. Nach einer kurzen Distraktorphase wurden dann Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale einzelner Objekte erhoben. Es bestehen jedoch einige Unterschiede zu Hollingworth und Hendersons Untersuchung: Mit Farben von Objekten wurden Langzeitgedächtnisleistungen für eine andere Art visueller Oberflächeninformation untersucht. Anders als bei Hollingworth und Henderson wurde in der Studierphase der meisten Experimente außerdem keine Gedächtnisinstruktion gegeben und in keiner Weise auf das Merkmal Farbe hingewiesen. Mit Ausnahme von Experiment 2D sollten Farben von Objekten in den hier durchgeführten Untersuchungen nur inzidentell gelernt werden, um so möglichst natürliche Rezeptionsbedingungen zu erzeugen, die denen bei der Wahrnehmung von Szenen in Alltagssituationen gleichen. So sollte verhindert werden, dass beim gezielten Lernen von Objektfarben möglicherweise untypische Mechanismen der Objektrepräsentation eingesetzt werden. Des Weiteren wurde in den Langzeitgedächtnisaufgaben anders als bei Hollingworth und Henderson nicht nur ein Objekt pro Szene abgefragt, sondern es wurde versucht, sofern dies möglich war, alle in einer Szene enthaltenen Objekte zu testen. So kann genauer abgeschätzt werden, in welchem Umfang visuelle Oberflächenmerkmale von den in einer Szene enthaltenen Objekten gespeichert werden. Schließlich wurde mit der unter 5.2 beschriebenen Mausclick-Methode eine andere Art Aufmerksamkeitstest eingesetzt als von Hollingworth und Henderson, die eine Blickbewegungsmessung verwendeten.

Da die Experimente, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden, alle ähnlich aufgebaut waren, werden im Folgenden die Gesichtspunkte der methodischen Vorgehensweise beschrieben, in denen sie sich gleichen. Die Besonderheiten der einzelnen

Untersuchungen werden im Anschluss in den Abschnitten zu den jeweiligen Experimenten beschrieben.

6.1.1 Stichprobe

An den Labor-Experimenten nahmen Haupt- und Nebenfachstudenten der Psychologie der Universität Hamburg teil. Für ihre Teilnahme erhielten sie einen Schein über eine „Versuchspersonenstunde“, von denen im Rahmen des Grund- und Nebenfachstudiums mehrere zu erwerben sind. Die Teilnehmer des Online-Experiments stammten aus verschiedenen Berufsgruppen. Sie wurden über einen Link auf der Webseite des Fachbereichs Psychologie der Universität Hamburg sowie im Bekanntenkreis angeworben.

Die Teilnehmer der Experimente waren im Alter zwischen 17 und 50 Jahren und im Durchschnitt 26,7 Jahre alt. Alle Probanden verfügten nach eigenen Angaben über eine normale oder korrigierte Sehschärfe und waren nicht farbfahlsichtig. Farbsehleistungen wurden im Anschluss an die Labor-Experimente mit einem Farbfahlsichtigkeitstest (Ishihara, 1981) überprüft. Im Online-Experiment wurde hierzu eine Selbstauskunft eingeholt.

6.1.2 Material

Das in den Untersuchungen verwendete Bildmaterial bestand aus zwölf colorierten Strichzeichnungen natürlicher Szenen, Abbildungen von fünf Innenräumen, vier Außenbereichen und drei „Nahaufnahmen“ wie z.B. der Abbildung eines gedeckten Tisches (s. Anhang 10.1). Die Szenen enthielten jeweils ca. zehn Objekte. Alle Objekte, die in den Gedächtnistests abgefragt wurden, waren künstlich hergestellte Gegenstände wie Möbel, Geschirr oder Kleidungsstücke, die in vielen unterschiedlichen Farben vorkommen können. Keines der Testobjekte besaß eine so genannte diagnostische Farbe, d.h. es wurden keine Objektarten verwendet, die eng mit einer bestimmten, für sie typischen Farbe assoziiert sind, wie beispielsweise gelbe Zitronen oder rote Feuerlöscher.

Hintergründe und Objekte der Szenen wurden teils selbst gezeichnet und teils aus Elementen der *line-drawing library* (van Diepen & De Graef, 1994) zusammengesetzt. Die Stimuli dieser frei im Internet erhältlichen Sammlung wurden ausgehend von Fotos für Experimente zur Wahrnehmung natürlicher Szenen erstellt (van Diepen, De Graef & d’Ydewalle, 1995; van Diepen, Ruelens & d’Ydewalle, 1999; Henderson, Weeks & Hollingworth, 1999) und sind auch in *change detection*-Studien (Hollingworth & Henderson, 2000; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001) eingesetzt worden.

Die für die Untersuchungen zusammengestellten Szenen wurden mit Farben der 8-Bit-Standardpalette von Microsoft Windows coloriert. Dabei wurde darauf geachtet, dass für die zu testenden Objekte alle elf Basisfarbkategorien (i.e. schwarz, grau, weiß, braun, rot, orange, gelb, grün, blau, lila, rosa) verwendet wurden.

Die Szenen der Labor-Experimente hatten eine Größe von 1000 x 744 Pixel. Auf dem verwendeten Monitor entsprach dies bei einem Bildschirmabstand von 60 cm einer Größe von 16,4° x 12,3° Blickwinkel. Für das Online-Experiment wurde eine kleinere Bildgröße von 800 x 595 Pixel verwendet, da einige Teilnehmer eine Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel verwendeten. Abhängig davon, wie groß der Monitor der Teilnehmer war, welche Bildschirmauflösung sie verwendeten sowie in welchem Abstand sie sich zum Bildschirm befanden, erschienen die Szenen den Teilnehmern des Online-Experiments jeweils in unterschiedlichen Größen.

6.1.3 Apparatur

In den Labor-Experimenten wurden die Szenen auf einem 17 Zoll Samtron BDF 766 Röhrenmonitor mit einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel und einer Bildwiederholungsrate von 100 Hz präsentiert. Die Testpersonen betrachteten den Bildschirm aus einer Entfernung von ca. 60cm.

Da die Wahrnehmung von Farben stark von den vorherrschenden Beleuchtungsverhältnissen abhängt, war es erforderlich, konstante Beleuchtungsbedingungen für die Untersuchung herzustellen. Dazu wurde der Experimentalraum während der Untersuchung vollständig abgedunkelt, sodass der Computermonitor die einzige Lichtquelle darstellte. Beim Eintreffen der Probanden und nach Abschluss der Untersuchung war der Raum von einer schwachen Lichtquelle beleuchtet.

6.1.4 Vorgehen

Alle Experimente wurden vollständig am Computer und in Einzeltestung durchgeführt. Sämtliche Instruktionen wurden den Probanden schriftlich vorgelegt. Bei den Labor-Experimenten war die Versuchsleiterin während des gesamten Tests anwesend, sodass die Versuchsteilnehmer die Möglichkeit hatten, Fragen zu stellen. Der Ablauf der Untersuchungen war wie folgt:

Einführung und Klicktraining

Zu Beginn wurden die Teilnehmer begrüßt und auf Datenschutz-Bestimmungen hingewiesen. Da in den meisten Experimenten inzidentell gelernt werden sollte, wurde die Untersuchung den Probanden zunächst als Untersuchung zur Wahrnehmung von Bildern vorgestellt. Dann wurde ein Klicktraining zur Einführung in die Aufmerksamkeitstestmethode durchgeführt. Den Teilnehmern wurde die Mausclick-Methode erklärt, und das Klicken wurde in zwei Trainingsblöcken anhand von jeweils sieben ungegenständlichen, farbigen Bildern geübt. Das Klicktraining dauerte ca. vier Minuten. Da in Experiment 2C kein Aufmerksamkeitstest durchgeführt wurde, konnte das Klicktraining in dieser Untersuchung entfallen.

Studierphase

An das Klicktraining schloss sich die Studierphase an, der erste Teil der eigentlichen Untersuchung. Den Probanden wurden zwölf natürliche Szenen gezeigt, gleichzeitig wurde ein Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode durchgeführt. Die Szenen wurden wiederholt in drei Blöcken für jeweils sieben Sekunden präsentiert. Jede Szene war also insgesamt 21 Sekunden lang zu sehen. In jedem Block wurden die Szenen in einer anderen, zufälligen Reihenfolge dargeboten. Zwischen den Szenen wurde eine Sekunde lang ein weißes Fixationskreuz mittig auf grauem Hintergrund eingeblendet, das während des Aufmerksamkeitstests ebenfalls anzuklicken war. Dadurch wurden die Aufmerksamkeit der Probanden sowie die Maus jeweils auf dieselbe Ausgangsposition zurückgeführt, bevor eine neue Szene eingeblendet wurde. Zwischen den Blöcken lag eine kurze Pause, während der die Instruktion wiederholt und der nächste Block von der Versuchsleiterin gestartet wurde. Insgesamt dauerte die Studierphase ca. sieben Minuten. In Experiment 2C, in dem kein Aufmerksamkeitstest zum Einsatz kam, wurden den Probanden die Szenen wie beschrieben dargeboten. Ihre Aufgabe war dabei, die Szenen nur zu betrachten, ohne gleichzeitig zu klicken.

Grund dafür, dass die Szenen wiederholt in mehreren Blöcken gezeigt wurden, ist der Einsatz der Mausclick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit. Die Standarddarbietungszeit einer Vorlage im *MediaAnalyzer*-Programm ist sieben Sekunden. Nach Erfahrungen von *MediaAnalyzer*-Mitarbeitern verleitet eine längere Darbietungsdauer die Probanden dazu, zu wenig klicken. Um Präsentationszeiten zu erreichen, die der von Hollingworth und Henderson (2002) gewählten Dauer von 20 Sekunden möglichst genau entsprechen, wurden die Szenen daher dreimal für sieben Sekunden gezeigt.

Zu Beginn der Studierphase erhielten die Versuchsteilnehmer in den meisten Untersuchungen nicht die Instruktion, beim Betrachten der Szenen auf Farben von Objekten zu achten oder sich diese einzuprägen. Nur in Experiment 2D wurden sie gezielt instruiert, sich Objektfarben zu merken. In allen anderen Untersuchungen wurde lediglich eine Instruktion zum Aufmerksamkeitstest gegeben, und die Teilnehmer wurden darauf hingewiesen, dass es im Anschluss Fragen zu den gezeigten Szenen geben wird. Auf was sich die Fragen beziehen, wurde nicht angekündigt, und es wurde kein Gedächtnistest erwähnt. Durch diese Wahl der Instruktion sollte einerseits ermöglicht werden, dass Farben von Objekten beiläufig gelernt werden, andererseits sollte sichergestellt werden, dass sich die Teilnehmer in der Studierphase nicht nur auf das Klicken konzentrieren, sondern gleichzeitig auch auf die gezeigten Szenen achten.

Distraktorphase

Nach der Studierphase und vor den Gedächtnistests füllten die Probanden ein Formular zu Angaben zur Person aus. Die Fragen betrafen Geschlecht, Alter, Bildungsabschluss, Beruf, Muttersprache sowie Sehleistungen der Probanden. Dies dauerte ca. eine Minute.

Die Distraktorphase erfüllte die wichtige Funktion sicherzustellen, dass die im Anschluss ermittelten Gedächtnisleistungen nicht auf Arbeitsgedächtniseffekten beruhen, sondern Langzeitgedächtnisleistungen darstellen. Da beim Ausfüllen des Formulars am Bildschirm mehrere weitere Objekte wie Wörter, Textfelder und Buttons wahrgenommen und die Inhalte des visuellen Arbeitsgedächtnisses so ausgetauscht werden, kann auch nach einer Retentionszeit von einer Minute von einem Langzeitgedächtnistest gesprochen werden (vgl. 6.2).

Gedächtnistestphase

Auf die Distraktorphase folgte die Gedächtnistestphase. Da sich die Experimente in den eingesetzten Gedächtnistests unterscheiden, werden die eingesetzten Tests in den Abschnitten zu den einzelnen Experimenten beschrieben. Insgesamt wurden in allen Experimenten Gedächtnisleistungen für Objektfarben erhoben, sowie in einigen Experimenten Gedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Objekten, d.h. welche Art Objekte in den Szenen vorgekommen waren (Experimente 1, 3B), und Gedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Szenen, d.h. welche Art Szenen gezeigt wurden (Experiment 1). Alle Gedächtnistests wurden *self-paced* durchgeführt. In den Tests wurden die in der Studierphase gezeigten Szenen in einer weiteren zufälligen Reihenfolge durchgegangen. In den Labor-Experimenten wurden die Szenen in den Gedächtnistests darüber hinaus bei jeweils der Hälfte

der Probanden in umgekehrter Reihenfolge abgefragt (d.h. bei einer Hälfte von 1 bis 12, bei der anderen Hälfte von 12 bis 1).

Farbfehlsichtigkeitstest und Abschlussgespräch

Nach der Gedächtnistestphase wurde in den Labor-Experimenten ein Farbfehlsichtigkeitstest (Ishihara, 1981) durchgeführt. Abschließend wurde das Ziel der Untersuchung erklärt. Da in den meisten Experimenten (außer in Experiment 2D) untersucht werden sollte, inwieweit Probanden Objektfarben erinnern, ohne dass sie sich diese während der Szenenpräsentation gezielt einprägen, wurden die Versuchsteilnehmer nach Abschluss des Experiments informell gefragt, ob sie den unangekündigten Gedächtnistest zu Objektfarben vorausgesehen hatten. Drei Teilnehmerinnen berichteten, dass sie sich Farben in der Studierphase gezielt eingeprägt hatten, da sie vermutet hatten, dass ihnen Fragen zu Farben gestellt würden. Die Daten dieser Probanden wurden aus der Auswertung ausgeschlossen. Ein Großteil der Teilnehmer gab lediglich an erwartet zu haben, dass nach der Szenenpräsentation abgefragt wird, was auf den Bildern zu sehen war. Weitere Teilnehmer äußerten, sich keine Gedanken über einen folgenden Test gemacht zu haben oder vermutet zu haben, dass das Ziel der Untersuchung in dem Aufmerksamkeitstest bestand.

6.2 Experiment 1

Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

Im ersten Labor-Experiment - Experiment 1 - sollte vorrangig ermittelt werden, ob und inwieweit Probanden Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen zeigen. Explorative Voruntersuchungen mit einer *free recall*-Aufgabe hatten ergeben, dass Probanden zu einer Reihe von Objekten, die im Rahmen von Szenen präsentiert worden waren, später nur wenige Farben richtig nennen konnten. In welchem Umfang Farben von Objekten in Szenen langfristig erinnert werden und ob die beobachteten Farbgedächtnisleistungen als signifikant zu bezeichnen sind, sollte nun in einer ersten systematischen Untersuchung ermittelt werden. Um Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben zu erheben, wurde eine *cued recall*-Aufgabe eingesetzt, die unter 6.2.1.5 genauer beschrieben wird. Zu den Ergebnissen dieser Langzeitgedächtnisaufgabe lassen sich aus den beiden zur Diskussion stehenden theoretischen Ansätzen unterschiedliche Vorhersagen ableiten:

Eine Kernannahme der *visual transience*-Theorien besteht darin, dass Repräsentationen von Objekten, die Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen enthalten, nur kurzzeitig gespeichert werden und nicht langfristig abrufbar bleiben. Rensinks *coherence theory* zufolge kann auf visuelle Oberflächeninformation zu einem Objekt nur so lange zugegriffen werden, wie das Objekt beim Betrachten einer Szene Aufmerksamkeit erhält und eine Objekt-*token*-Repräsentation, das Kohärenzfeld, besteht (s. 3.4). Irwins *object file theory of transsaccadic memory* zufolge können visuelle Details von Objekten nur so lange abgerufen werden, wie sich das von einem Objekt aufgebaute *object file* im visuellen Arbeitsgedächtnis befindet (s. 3.2). Theorien dieses Typs nehmen also nicht an, dass ein visuelles Oberflächenmerkmal wie Objektfarbe langfristig erinnert werden kann. Demnach sind in dem in Experiment 1 verwendeten Langzeitgedächtnis-Setting keine signifikanten Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten zu erwarten. Gegen Ende der Studierphase ergibt sich aus Sicht der *visual transience*-Theorien folgende Situation:

Der *coherence theory* nach wird Information zur Farbe eines Objekts in einem Kohärenzfeld abrufbar gehalten. Diese dynamische Objektrepräsentation wird jeweils nur von einem Objekt zur Zeit aufgebaut und besteht nur, solange einem Objekt Aufmerksamkeit zugewandt wird. Sobald sich der Aufmerksamkeitsfokus zu einem anderen Objekt verschiebt, zerfällt das bestehende Kohärenzfeld, was zur Folge hat, dass zu dem zuletzt beachteten Objekt keine Farbinformation mehr abrufbar ist. Beim Betrachten der Szenen in der Studierphase entstehen

und zerfallen Kohärenzfelder, die Information zu Farben einzelner Objekten enthalten, daher fortlaufend. Sobald die letzte der gezeigten Szenen ausgeblendet wird, kann auch das Objekt, das ein Proband als letztes beachtet hat, keine Aufmerksamkeit mehr erhalten, das entsprechende Kohärenzfeld zerfällt. Dies hat zur Folge, dass von keinem der innerhalb der Szenen gezeigten Objekte mehr Repräsentationen vorhanden sind, die visuelle Oberflächeninformation zu Farben enthalten.

Aus Sicht der *object file theory of transsaccadic memory* wird Information zu visuellen Objektmerkmalen wie Farbe in *object files* repräsentiert. Diese Objekt-*token*-Repräsentationen werden aufgebaut, sobald ein Objekt Aufmerksamkeit erhält, und im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert. Durch die Kapazitätsbegrenzung des Arbeitsgedächtnisses können dort zu einem Zeitpunkt jedoch nur drei bis fünf *object files* gleichzeitig abrufbar gehalten werden. Sobald die Kapazität des visuellen Arbeitsgedächtnisses erschöpft ist, werden zeitlich früher aufgebaute *object files* durch neu eintreffende Information von später aufgebauten *object files* überschrieben. Durch diesen Prozess werden *object files* von zuvor beachteten Objekten, die Farbinformation enthalten, im visuellen Arbeitsgedächtnis bereits während der Studierphase fortlaufend ersetzt. Am Ende der Studierphase sind im visuellen Arbeitsgedächtnis nur noch drei bis fünf *object files* der Objekte gespeichert, denen als letztes Aufmerksamkeit zugewandt worden ist. Diese *object files* werden während der anschließenden Distraktorphase, in der ein Formular am Bildschirm auszufüllen ist, überschrieben: Beim Bearbeiten des Formulars wird Aufmerksamkeit auf mehrere weitere Objekte wie Wörter, Textfelder und Buttons gerichtet. Von diesen Objekten werden wiederum *object files* aufgebaut und ersetzen die *object files* der Objekte aus der Studierphase, die sich bis dahin noch im visuellen Arbeitsgedächtnis befunden haben. Auch dieser zweiten *visual transience*-Theorie nach bestehen zu Beginn der Testphase daher keine Objektrepräsentationen mehr, in denen Information zu Objektfarben gespeichert ist.

Von den beiden *visual transience*-Theorien ausgehend kann daher für den in Experiment 1 verwendeten Untersuchungsaufbau die Vorhersage gemacht werden, dass sich in der Testphase keine signifikanten Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von den in der Studierphase präsentierten Objekten finden lassen.

Ausgehend von Hollingworth und Hendersons *visual memory theory of scene representation* (s. 3.6) kann dagegen eine andere Vorhersage getroffen werden: Der *visual memory theory* zufolge können Objektfarben langfristig erinnert werden, da visuelle Oberflächeninformation von Objekten nicht nur kurzfristig im visuellen Arbeitsgedächtnis in *object files* gespeichert

wird, sondern auch langfristig im visuellen Langzeitgedächtnis in *long-term memory object files*. Während des Betrachtens der Szenen in der Studierphase werden von beachteten Objekten Objekt-*token*-Repräsentationen aufgebaut, die Information zur Farben der Objekte enthalten. Diese Repräsentationen werden sowohl im visuellen Arbeitsgedächtnis als auch im visuellen Langzeitgedächtnis gespeichert; Langzeitgedächtnisstrukturen entstehen dabei durch Konsolidierung der Objektrepräsentationen aus dem visuellen Arbeitsgedächtnis. In Bezug auf die im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeicherten Objektrepräsentationen nimmt die *visual memory theory* denselben Prozess an wie die *object file theory of transsaccadic memory*: Die im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeicherten *object files* werden bereits während der Studierphase fortlaufend ausgetauscht, indem „alte“, früher aufgebaute und gespeicherte Objektrepräsentationen durch „neue“, später aufgebaute überschrieben werden. Zu Beginn der Testphase sind im visuellen Arbeitsgedächtnis so nur noch drei bis fünf *object files* von den Objekten vorhanden, die in der Studierphase als letztes beachtet worden sind. Diese *object files* werden ihrerseits während der Distraktorphase überschrieben. Aus dem visuellen Arbeitsgedächtnis ist zu Beginn der Testphase daher keine Information zu Objektfarben mehr abrufbar. Die *long-term memory object files* im visuellen Langzeitgedächtnis, die auch Information zu Objektfarben enthalten, bleiben dagegen langfristig erhalten. Indem auf sie zugegriffen wird, kann in der Testphase Information zu Objektfarben abgerufen werden. Aus der *visual memory theory* lässt sich für Experiment 1 somit die Vorhersage ableiten, dass in der Testphase signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten zu erwarten sind.

Den Ergebnissen der Voruntersuchungen und den unter 4.2.2 dargestellten Untersuchungen zum Langzeitgedächtnis für Farbinformation entsprechend wird für Experiment 1 erwartet, dass Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig erinnert werden und dass sich daher in der Testphase signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen lassen.

Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

Sowohl die *visual transience*-Ansätze als auch die *visual memory theory* nehmen an, dass das Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu einem Objekt eine notwendige Voraussetzung dafür ist, dass eine Objekt-*token*-Repräsentation aufgebaut wird, die visuelle Oberflächenmerkmale umfasst (s. 3.6.2). Um in Experiment 1 ausschließen zu können, dass Objektfarben aus dem Grund nicht erinnert werden, weil Probanden die entsprechenden Objekte in der

Studierphase nicht beachtet haben, wurde zur Kontrolle ermittelt, welche Objekte beim Betrachten der Szenen Aufmerksamkeit erhalten. Aufmerksamkeit wurde dabei mit der unter 5.2 beschriebenen Mausklick-Methode gemessen. Wie dort ausgeführt wurde, haben Objekte, die bei einem Aufmerksamkeitstest mit der Mausklick-Methode mindestens einmal angeklickt werden, mit Sicherheit Aufmerksamkeit erhalten. Für diese Objekte kann somit ausgeschlossen werden, dass ihre Farben aus dem Grund nicht erinnert werden, weil die Objekte zuvor nicht beachtet wurden. Wenn Objekte nicht angeklickt werden, kann dagegen nicht festgestellt werden, ob ihnen Aufmerksamkeit zugewandt wurde oder nicht, und daher auch nicht, ob von ihnen überhaupt Objekt-token-Repräsentationen aufgebaut worden sind. Falls es in Experiment 1 nicht gelingen sollte, signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachzuweisen, wenn alle in der Studierphase gezeigten Objektitems ausgewertet werden, besteht die Möglichkeit, nur diejenigen Objekte in die Auswertung einzubeziehen, die während des Aufmerksamkeitstests angeklickt und daher mit Sicherheit beachtet worden sind.

Langzeitgedächtnisleistungen für Szenen und Objekte

Zusätzlich zu Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben wurde in Experiment 1 auch ermittelt, inwieweit Probanden erinnern, welche Art von Szenen gezeigt wurden (z.B. „Garten“, „Badezimmer“, „Waschsalon“), und welche Art von Objekten in den Szenen zu sehen waren (z.B. „Bank“, „Schaukel“, „Vogelhäuschen“). Neben Gedächtnisleistungen für visuelle Oberflächeninformation von Objekten wurden also auch Gedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu den präsentierten Szenen und Objekten erhoben. Dazu wurden zwei Rekognitionsaufgaben durchgeführt, die unter 6.2.1.3 und 6.2.1.4 genauer beschrieben werden.

Diese beiden zusätzlichen Gedächtnisaufgaben wurden wie der Aufmerksamkeitstest eingeführt, um mögliche Ursachen dafür ausschließen zu können, dass Farben von gezeigten Objekten nicht erinnert werden. Wenn sich in Experiment 1 keine signifikanten Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen lassen sollten, so könnte ein Grund dafür sein, dass es unter den gewählten experimentellen Bedingungen in der Studierphase allgemein schwierig ist, das präsentierte Bildmaterial zu erinnern: Die Szenen werden nur für relativ kurze Zeit gezeigt, gleichzeitig wird ein Aufmerksamkeitstest mit der Mausklick-Methode durchgeführt, darüber hinaus soll nur inzidentell gelernt werden. Wie bereits erwähnt, hatte sich zudem in explorativen Voruntersuchungen gezeigt, dass Probanden

in einer *free recall*-Aufgabe nicht alle zuvor präsentierten Szenen und Objekte wiedergeben konnten. Im Rahmen der ersten systematischen Untersuchung erschien es daher sinnvoll zu kontrollieren, inwieweit das Stimulusmaterial im Rahmen der gewählten Versuchsbedingungen langfristig erinnert werden kann. Mit den beiden zusätzlichen Gedächtnisaufgaben zu Szenen und Objekten kann dies in Bezug auf zwei Arten von Information ermittelt werden, für die nach allen zur Diskussion stehenden theoretischen Ansätzen signifikante Langzeitgedächtnisleistungen zu erwarten sind. Dass beim Wahrnehmen natürlicher Szenen konzeptuelle Szenen-*type*- und Objekt-*type*-Information gespeichert werden kann, gilt als unstrittig: Sowohl *visual transience*-Ansätze als auch die *visual memory theory* nehmen an, dass es grundsätzlich möglich ist, Information zum thematischen Kerngehalt einer Szene sowie zur konzeptuellen Klassenzugehörigkeit einiger Objekte langfristig zu erinnern (s.a. 2.3 und 2.4).

Falls sich in Experiment 1 keine signifikanten Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben zeigen sollten und gleichzeitig auch Langzeitgedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten gering ausfallen, könnten die Bedingungen in der Studierphase für folgende Experimente dahingehend verändert werden, dass es Probanden möglich ist, höhere Gedächtnisleistungen für konzeptuelle Information und damit eventuell auch höhere Gedächtnisleistungen für Objektfarben zu erzielen. Inwieweit sich Veränderungen des Untersuchungsdesigns auf Gedächtnisleistungen auswirken, könnte dann anhand der beiden zusätzlichen Gedächtnisaufgaben zu Szenen und Objekten kontrolliert werden.

Zusammenfassung der zu untersuchenden Hypothesen

In Experiment 1 wurden folgende Fragestellungen untersucht:

Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

Ob von Objekten in natürlichen Szenen langfristig visuelle Oberflächeninformation erinnert wird, wurde am Beispiel des Merkmals Farbe untersucht. In dieser ersten systematischen Untersuchung wurde ermittelt, ob und inwieweit sich signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen nachweisen lassen.

Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

Da Farben theoretisch nur von solchen Objekten erinnert werden können, die zuvor beachtet worden sind, wurde zur Kontrolle ermittelt, welche Objekte beim Betrachten der Szenen

visuelle Aufmerksamkeit erhalten. Falls sich keine signifikanten Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen lassen, wenn alle in den Szenen präsentierten Objekte ausgewertet werden, besteht die Möglichkeit, nur die Objekte in die Auswertung aufzunehmen, denen mit Sicherheit Aufmerksamkeit zugewandt worden ist. Dies sind die Objekte, die im Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode mindestens einmal angeklickt worden sind.

Langzeitgedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten

Um zu kontrollieren, ob es unter den gewählten experimentellen Bedingungen grundsätzlich möglich ist, Information zu den gezeigten Szenen zu erinnern, wurden zusätzlich Langzeitgedächtnisleistungen für den thematischen Kerngehalt der gezeigten Szenen sowie für die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit der in den Szenen gezeigten Objekte erhoben. Dass diese beiden Arten konzeptueller Information zu Szenen und Objekten beim Wahrnehmen natürlicher Szenen langfristig erinnert werden können, ist unumstritten.

6.2.1 Methode Experiment 1

6.2.1.1 Stichprobe

An Experiment 1 nahmen 21 Studenten (16 weiblich, 5 männlich) der Universität Hamburg teil. Sie waren im Alter zwischen 19 und 35 Jahren (im Mittel 25,5 Jahre).

6.2.1.2 Vorgehen

Die Studierphase von Experiment 1 wurde so durchgeführt wie unter 6.1 beschrieben. Auf die Studierphase und die daran anschließende Distraktorphase, in der Angaben zur Person erhoben wurden, folgten drei Langzeitgedächtnistests: Zuerst wurden zwei Rekognitionsaufgaben zum Gedächtnis für konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten durchgeführt, danach eine *cued recall*-Aufgabe zum Gedächtnis für Objektfarben. Die drei Gedächtnistests werden in den folgenden Abschnitten genauer beschrieben. Da zur Bearbeitung der Objektaufgabe Szenentitel und zur Bearbeitung der Farbaufgabe Szenen mit Objekten vorgegeben wurden, konnte die Abfolge dieser drei Tests nicht variiert werden. Insgesamt dauerte das Experiment 1 durchschnittlich 53 Minuten.

6.2.1.3 Szenen-Rekognitionsaufgabe

Mit der Szenen-Rekognitionsaufgabe wurde erhoben, inwieweit Probanden langfristig erinnern, welche Art Szenen in der Studierphase gezeigt wurden. Es wurden also Langzeitgedächtnisleistungen für konzeptuelle Szenen-*type*-Information erhoben. Die Szenen-Rekognitionsaufgabe wurde als erste der drei Gedächtnistests durchgeführt und diente dazu zu kontrollieren, ob der konzeptuelle Kerngehalt der gezeigten Szenen unter den gewählten experimentellen Bedingungen langfristig erinnert werden kann.

Können Sie sich erinnern, welche Bilder Sie in den vorausgehenden Testteilen gesehen haben? Unten finden Sie eine Liste von thematischen Beschreibungen einzelner Bilder.

Bitte setzen Sie Häkchen vor die Einträge, die die Bilder beschreiben, die Sie gesehen haben!

<input type="checkbox"/> Badezimmer	<input type="checkbox"/> Frühstückstisch	<input type="checkbox"/> Klassenzimmer	<input type="checkbox"/> Spielplatz
<input type="checkbox"/> Bahnhof	<input type="checkbox"/> Garderobe	<input type="checkbox"/> Konferenzraum	<input type="checkbox"/> Sporthalle
<input type="checkbox"/> Balkon	<input type="checkbox"/> Garten	<input type="checkbox"/> Küche	<input type="checkbox"/> Spüle
<input type="checkbox"/> Bar	<input type="checkbox"/> Geburtstagstisch	<input type="checkbox"/> Labor	<input type="checkbox"/> Strand
<input type="checkbox"/> Baustelle	<input type="checkbox"/> Hafen	<input type="checkbox"/> Restaurant	<input type="checkbox"/> Supermarkt
<input type="checkbox"/> Bibliothek	<input type="checkbox"/> Hobbykeller	<input type="checkbox"/> Salatbuffet	<input type="checkbox"/> Tisch mit Mittagessen
<input type="checkbox"/> Bühne	<input type="checkbox"/> Jahrmarkt	<input type="checkbox"/> Schlafzimmer	<input type="checkbox"/> Treppenhaus
<input type="checkbox"/> Büro	<input type="checkbox"/> Kaminzimmer	<input type="checkbox"/> Schminktischchen	<input type="checkbox"/> Waschsalon
<input type="checkbox"/> Esszimmer	<input type="checkbox"/> Kinderzimmer	<input type="checkbox"/> Schwimmbad	<input type="checkbox"/> Wohnzimmer

Abbildung 6.2.1: Szenen-Rekognitionsaufgabe (Experiment 1)

Abbildung 6.2.1 zeigt einen Aufgabenbildschirm der Szenen-Rekognitionsaufgabe. In dieser Gedächtnisaufgabe wurde den Probanden eine Liste von Szenentiteln vorgelegt (z.B. „Garten“, „Badezimmer“, „Waschsalon“), von denen sie die Titel der Szenen markieren sollten, die sie erinnern, in der Studierphase gesehen zu haben. Die Liste bestand zu 1/3 aus Target-Titeln und zu 2/3 aus Distraktor-Titeln. Die Distraktor-Titel bezeichneten 16 Innenräume, fünf Außenbereiche und drei „Nahaufnahmen“ (s. Anhang 10.2.1). Die Aufgabe wurde als *batch testing* durchgeführt, d.h. alle Titel wurden gleichzeitig vorgelegt. Die Bearbeitung der Szenen-Rekognitionsaufgabe dauerte durchschnittlich zwei Minuten und begann direkt nach der Distraktorphase, durchschnittlich eine Minute nachdem die dritte Präsentation der Szenen abgeschlossen war.

6.2.1.4 Objekt-Rekognitionsaufgabe

Mit der Objekt-Rekognitionsaufgabe von Experiment 1 wurde ermittelt, inwieweit die Probanden langfristig erinnern, welche Art von Objekten in den einzelnen Szenen gezeigt wurden. Es wurden also Langzeitgedächtnisleistungen für die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit der gezeigten Objekte erhoben. Die Objekt-Rekognitionsaufgabe wurde an zweiter Stelle durchgeführt und diente ähnlich wie die Szenen-Rekognitionsaufgabe dazu zu kontrollieren, ob unter den gewählten experimentellen Bedingungen konzeptuelle Information zu den gezeigten Objekten langfristig erinnert werden kann.

TP 300 **Spielplatz**

Erinnern Sie sich, welche Dinge auf den einzelnen Bildern zu sehen waren?

Unten finden Sie zu dem Spielplatzbild, das Sie vorhin gesehen haben, eine Liste von Bildelementen.

Kreuzen Sie bitte an, was auf dem Bild abgebildet war!

<input type="checkbox"/> Ball	<input type="checkbox"/> Fußballtor	<input type="checkbox"/> Schild
<input type="checkbox"/> Bank	<input type="checkbox"/> Karussell	<input type="checkbox"/> Seilbahn
<input type="checkbox"/> Bäume	<input type="checkbox"/> Klettergerüst	<input type="checkbox"/> Spielhäuschen
<input type="checkbox"/> Blumen	<input type="checkbox"/> Korb	<input type="checkbox"/> Spieltiere
<input type="checkbox"/> Drachen	<input type="checkbox"/> Mülleimer	<input type="checkbox"/> Springseil
<input type="checkbox"/> Dreirad	<input type="checkbox"/> Roller	<input type="checkbox"/> Wippe
<input type="checkbox"/> Eimer	<input type="checkbox"/> Rucksack	<input type="checkbox"/> Zaun
<input type="checkbox"/> Einkaufstasche	<input type="checkbox"/> Rutsche	
<input type="checkbox"/> Fahnen	<input type="checkbox"/> Schaufel	
<input type="checkbox"/> Fahrrad	<input type="checkbox"/> Schaukeln	

Abbildung 6.2.2: Objekt-Rekognitionsaufgabe (Experiment 1)

In Abbildung 6.2.2 ist ein Aufgabenbildschirm der Objekt-Rekognitionsaufgabe zu sehen. In dieser Gedächtnisaufgabe wurde den Probanden zu jeder zuvor gezeigten Szene eine Liste von Objektbezeichnungen vorgelegt, von denen sie die Bezeichnungen der Objekte markieren sollten, die in der jeweiligen Szene vorgekommen waren. Die Listen bestanden zumeist zu 1/3 aus Bezeichnungen von Target-Objekten und zu 2/3 aus Bezeichnungen von Distraktor-Objekten (s. Anhang 10.2.2). Durch einen Fehler wurde jedoch zu vier Szenen eine geringere Anzahl Distraktorbezeichnungen vorgegeben, sodass Verhältnisse von Targets und Distraktoren von 0,353 vs. 0,647, 0,355 vs. 0,645 sowie für zwei Szenen von 0,375 vs. 0,625 entstanden sind. Dies wurde in der Auswertung berücksichtigt. Distraktoren waren Objekte,

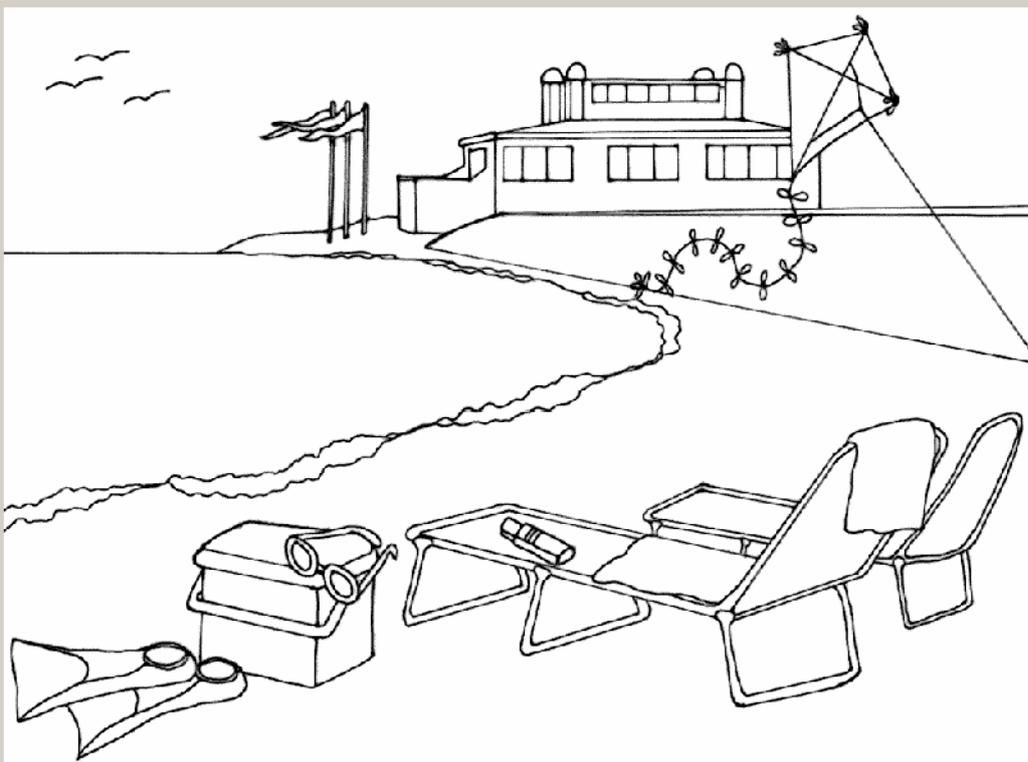
die in einer derartigen Szene typischerweise vorkommen können. Um zu kennzeichnen, auf welche Szene sich eine Objektliste bezieht, wurden die Listen mit den in der Szenen-Rekognitionsaufgabe verwendeten Szenentiteln überschrieben. Die Objekt-Rekognitionsaufgabe wurde wie die Szenen-Rekognitionsaufgabe als *batch testing* durchgeführt. Die Bearbeitung der Objekt-Rekognitionsaufgabe dauerte durchschnittlich 17 Minuten und begann nach der Distraktorphase und der Szenen-Rekognitionsaufgabe, durchschnittlich drei Minuten nachdem die dritte Präsentation der Szenen abgeschlossen war.

6.2.1.5 Cued recall-Aufgabe zu Objektfarben

Die *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben ist die zentrale Gedächtnisaufgabe des Experiments, mit der ermittelt wurde, inwieweit Probanden Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig erinnern. Sie wurde an dritter Stelle durchgeführt.

Ein Ausschnitt des Aufgabenbildschirms der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben ist in Abbildung 6.2.3 zu sehen. In diesem Langzeitgedächtnistest wurden den Versuchsteilnehmern uncolorierte Strichzeichnungsversionen der zuvor gezeigten Szenen vorgelegt. Aufgabe der Teilnehmer war es, die Farben der abgebildeten Objekte anzugeben, indem sie zu jedem Objekt eine von 11 Basis-Farbkategorien auswählen (i.e. schwarz, grau, weiß, braun, rot, orange, gelb, grün, blau, lila, rosa). Da Gedächtnisleistungen für Objektfarben über die Angabe von Farbkategorien erhoben werden, ist es mit dieser Aufgabe nicht möglich zu ermitteln, ob ein Proband auch die genaue Farbschattierung einer Objektfarbe erinnert. Zusätzlich zu jeder Farbangabe sollte in der *cued recall*-Aufgabe ein zweistufiges Konfidenz-Urteil abgegeben werden („sicher“ vs. „unsicher“). Die Probanden hatten jedoch auch die Möglichkeit anzugeben, dass sie die Farbe eines Objekts nicht erinnern, indem sie die Antwortkategorie „weiß nicht“ auswählen. Die Testobjekte, deren Farben angegeben werden sollten, wurden jeweils in einer Liste unter der Szenenabbildung vorgegeben. Die uncolorierten Szenenabbildungen dienten als *cue* zur Erleichterung des Abrufs der Objektfarben, da die Probanden bei der Bearbeitung der Aufgabe das Objekt in seinem Szenenkontext sehen konnten (vgl. 6.3).

In Experiment 1 wurden in der *cued recall*-Aufgabe Farben von 115 Objekten abgefragt. In den Labor-Experimenten 2A, 2C und 2D wurde die Zahl der Objektitems in der *cued recall*-Aufgabe auf 119 erhöht, um so möglichst viele Items für die Auswertung zur Verfügung zu haben. Im Online-Experiment 2B wurde die Zahl der Objektitems in der *cued recall*-Aufgabe dagegen auf 99 reduziert, um die über das Internet durchgeführte Version der Untersuchung kürzer zu gestalten (s. Anhang 10.2.3).



	weiss nicht	schwarz	grau	weiss	braun beige	rot	orange	gelb	grün	blau türkis	lila	rosa pink		unsicher	sicher
Drachen	<input type="radio"/>	Drachen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Fahnen	<input type="radio"/>	Fahnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Handtuch	<input type="radio"/>	Handtuch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Haus	<input type="radio"/>	Haus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Kühlbox	<input type="radio"/>	Kühlbox	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Liegestühle	<input type="radio"/>	Liegestühle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Schwimmflossen	<input type="radio"/>	Schwimmflossen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Sonnenbrille	<input type="radio"/>	Sonnenbrille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											
Sonnencreme	<input type="radio"/>	Sonnencreme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>											

Abbildung 6.2.3: *Cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben (Experiment 1 und 2)

Die Bearbeitung der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben dauerte in Experiment 1 durchschnittlich 22 Minuten und begann nach der Distraktorphase und den Szenen- und Objekt-Rekognitionsaufgaben, durchschnittlich 20 Minuten nachdem die dritte Präsentation der Szenen abgeschlossen war. Durch die vorausgehenden beiden Rekognitionsaufgaben ergab sich für die Objektfarben-Aufgabe ein relativ langes Retentionsintervall.

6.2.2 Ergebnisse Experiment 1

6.2.2.1 Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

In der *cued recall*-Aufgabe, mit der Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten ermittelt wurden, gaben die Teilnehmer durchschnittlich zu 52,3% ($s = 21,3\%$) der abgefragten Objekte eine Farbe an, bei 47,7% der Objekte gaben sie an, sich nicht an ihre Farbe zu erinnern. Von den produzierten Farbangaben waren durchschnittlich 37,7% ($s = 11,4\%$) richtig. Durchschnittlich wurden also zu 19,8% ($s = 9,8\%$) der in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekten richtige Farben und zu 32,5% ($s = 14,6\%$) der Objekte falsche Farben genannt (s. Abbildung 6.2.4).

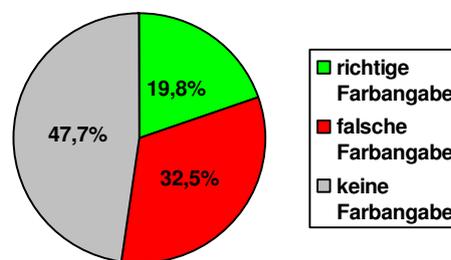


Abbildung 6.2.4: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben (Experiment 1)

Um zu ermitteln, ob Probanden signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten zeigen, wurden die Antworten in der *cued recall*-Aufgabe betrachtet, bei denen ein Proband eine Farbe zu einem Objekt angegeben und nicht mit „weiß nicht“ geantwortet hatte. Von diesen produzierten Farbangaben wurde die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben ermittelt und verglichen, ob dieser Anteil richtiger Antworten das angenommene Zufallsniveau von 1/11 übertrifft. Als Ratewahrscheinlichkeit wurde eine relative Häufigkeit von 1/11 richtiger Farbangaben angenommen, da zur Beantwortung eines Items in der *cued recall*-Aufgabe jeweils elf Antwortalternativen - die elf Basisfarbkategorien - zur Auswahl stehen. Für den Fall, dass ein Proband bei der Bearbeitung der *cued recall*-Aufgabe nicht auf ein Gedächtnis für Objektfarben zurückgreifen, sondern nur raten kann, wurde angenommen, dass er sich zufällig für eine der elf Antwortkategorien entscheidet. Seine Antworten würden sich dann theoretisch im Mittel gleich über die elf Antwortkategorien verteilen. Da bei der Beantwortung jedes einzelnen Items nur eine der elf Kategorien eine richtige Antwort darstellt, ist beim Raten durchschnittlich eine relative Häufigkeit von 1/11 richtiger Antworten zu erwarten. Daher wurde getestet, ob in den Antworten der Versuchsteilnehmer in

der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 1 der Anteil richtiger Farbangaben an den produzierten Farbangaben jeweils das angenommene Zufallsniveau von 1/11 signifikant übertrifft.

Zunächst wurden die Antworten der Probanden auf alle in der Studierphase gezeigten Objekte untersucht (s. 6.2.2.3 zur getrennten Auswertung angeklickter und nicht angeklickter Objekte). Einseitige Binomialtests ergaben, dass die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 1 in den Antworten aller Probanden signifikant höher lag als 1/11 ($p < 0,001$ für $N = 20$; $p < 0,05$ für $N = 1$). Signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben konnten also nachgewiesen werden.

Betrachtet man die Farbgedächtnisleistungen zu einzelnen Szenen, zeigte sich, dass die Versuchsteilnehmer nicht zu jeder Szene richtige Objektfarben angeben konnten. 3 der 21 Probanden konnten zu einigen Szenen keine Farben nennen; lediglich 5 der 21 Probanden gaben zu allen zwölf Szenen mindestens eine richtige Objektfarbe an. Durchschnittlich wurden zu 2,29 der zwölf Szenen keine einzige richtige Objektfarbe genannt. Aufgrund der geringen Anzahl von Objektitems in den einzelnen Szenen konnten Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben pro Szene jedoch nicht statistisch ausgewertet werden.

6.2.2.2 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Konfidenz

Wie im vorigen Abschnitt beschrieben wurde, ist der Nachweis signifikanter Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen gelungen. Ähnlich wie in den Voruntersuchungen fällt an den Ergebnissen von Experiment 1 allerdings auf, dass Probanden nur zu einem Teil der zuvor präsentierten Objekte (durchschnittlich 19,8%) die richtigen Farben angeben konnten. Zu einem großen Teil der Objekte (47,7%) können keine Farben angegeben werden oder es werden falsche Farben genannt (32,5%). Es stellt sich die Frage, wie dieses Ergebnis zustande kommt. Eine mögliche Erklärung für den relativ hohen Anteil falscher Farbangaben ist, dass Probanden bei der Bearbeitung der *cued recall*-Aufgabe teilweise raten. Tatsächlich waren die Probanden bei der Bearbeitung dieser Aufgabe nicht gezwungen zu raten, sondern konnten für den Fall, dass sie die Farbe eines Objekts nicht erinnern, die Antwortkategorie „weiß nicht“ wählen. Unter Umständen hat die Möglichkeit, Antworten als „unsicher“ kennzeichnen zu können, Probanden dennoch dazu verleitet zu raten. Um der Frage nachzugehen, ob Probanden bei der Bearbeitung der *cued recall*-Aufgabe raten und ihre Antworten dann als „unsicher“ kennzeichnen, wurde untersucht, ob sich signifikante Farbgedächtnisleistungen nachweisen lassen, wenn allein die als „unsicher“

beurteilten Farbangaben betrachtet werden. Dazu wurde überprüft, ob unter den als „unsicher“ gekennzeichneten Antworten der Anteil richtiger Farbangaben das Zufallsniveau von 1/11 übertrifft.

In einseitigen Binomialtests ließen sich zwar nicht bei allen, aber doch bei den meisten Probanden überzufällig viele richtige Farbangaben unter den „unsicher“-Antworten nachweisen ($p < 0,001$ für $N = 12$; $p < 0,01$ für $N = 4$; $p < 0,05$ für $N = 2$). Auch bei den Probanden, bei denen der Binomialtest keine Signifikanz ergeben hatte, lag die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben unter den „unsicher“-Antworten numerisch über dem Zufallswert von 1/11. Dieses Ergebnis kann dahingehend interpretiert werden, dass Probanden zumindest nicht immer, aber möglicherweise doch manchmal raten, wenn sie ihre Antworten als „unsicher“ kennzeichnen.

Dafür, dass Probanden bei „unsicher“-Antworten teilweise raten, spricht darüber hinaus, dass sich deutlich unterschiedliche Verhältnisse von richtigen zu falschen Farbangaben bei den als „sicher“ und den als „unsicher“ gekennzeichneten Antworten finden lassen.

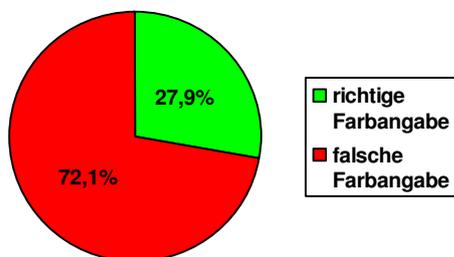


Abbildung 6.2.5:

Als „unsicher“ beurteilte Antworten:

Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger und falscher Farbangaben (Experiment 1)

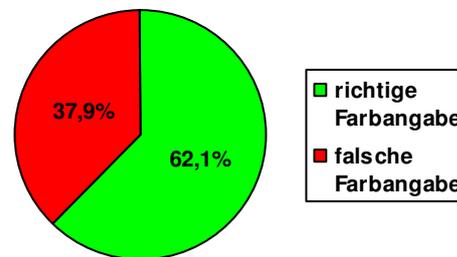


Abbildung 6.2.6:

Als „sicher“ beurteilte Antworten:

Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger und falscher Farbangaben (Experiment 1)

Von den als „sicher“ beurteilten Farbangaben waren durchschnittlich 62,1% ($s = 19,2\%$) richtig, dagegen waren von den als „unsicher“ beurteilten Farbangaben lediglich durchschnittlich 27,9% richtig ($s = 11,7\%$; s. Abbildungen 6.2.5 und 6.2.6). Unter den als „sicher“ beurteilten Antworten zeigte sich also bei der Angabe von Objektfarben eine deutlich höhere Trefferquote.

Dadurch, dass in der *cued recall*-Aufgabe eine relativ geringe Wahrscheinlichkeit besteht, beim Raten einen Treffer zu erzielen, könnte der Anteil falscher Farbangaben stark erhöht

worden sein, wenn bei den „unsicher“-Antworten teilweise geraten wird. Da in der *cued recall*-Aufgabe insgesamt mehr „unsicher“- als „sicher“-Antworten abgegeben wurden (durchschnittlich 64,2% „unsicher“-Antworten gegenüber 35,4% „sicher“-Antworten⁴; s. Abbildung 6.2.8), könnte der durch Raten entstandene hohe Anteil falscher Farbangaben unter den „unsicher“-Antworten somit für den relativ hohen Anteil falscher Farbangaben in der Objektfarben-Aufgabe insgesamt verantwortlich sein.

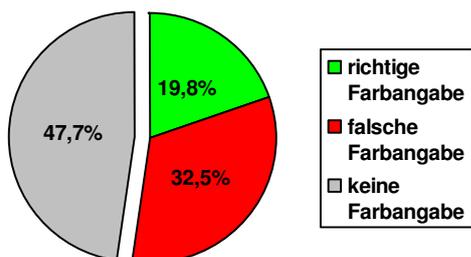


Abbildung 6.2.7:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben (Experiment 1)

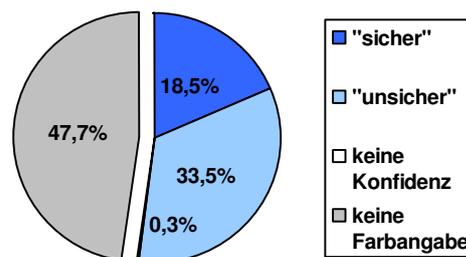


Abbildung 6.2.8:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „unsicher“ und als „sicher“ beurteilten Farbangaben (Experiment 1)

Signifikante Unterschiede im Verhältnis von richtigen zu falschen Farbangaben zwischen als „sicher“ und als „unsicher“ gekennzeichneten Antworten fanden sich jedoch nicht bei allen Probanden. Bei einer Probandin, die ihre Farbangaben alle als „unsicher“ beurteilt hatte, konnte kein Unterschied zwischen „sicher“- und „unsicher“-Antworten untersucht werden. Bei den restlichen 20 Probanden, die zur Beurteilung ihrer Farbangaben beide Konfidenzstufen genutzt hatten, fanden sich zwar jeweils numerisch unter den als „sicher“ beurteilten Antworten mehr richtige Farbangaben und unter den als „unsicher“ beurteilten Antworten mehr falsche Farbangaben, signifikante Unterschiede im Verhältnis von richtigen zu falschen Farbangaben bei „sicher“- und „unsicher“-Antworten waren jedoch nur bei 11 der 20 Probanden nachzuweisen ($p < 0,001$ für $N = 3$; $p < 0,01$ für $N = 5$; $p < 0,05$ für $N = 3$)⁵.

Der hohe Anteil falscher Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 1 lässt sich also dadurch erklären, dass Probanden bei den als „unsicher“ gekennzeichneten Antworten teilweise geraten haben. Diese Erklärung erscheint aufgrund der dargelegten Ergebnisse plausibel, es sind theoretisch jedoch auch andere Erklärungen denkbar (s. 6.2.3).

⁴ Bei 0,4% der Farbangaben fehlten Konfidenzangaben.

⁵ s. Anhang 10.3.1.1

6.2.2.3 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

Um ausschließen zu können, dass Farben von Objekten deswegen nicht erinnert werden, weil die entsprechenden Objekte in der Studierphase nicht beachtet worden sind, war zur Kontrolle erhoben worden, welchen Objekten beim Betrachten der Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wird. Für den Fall, dass sich keine signifikanten Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen lassen sollten, wenn alle Objektitems insgesamt betrachtet werden, war die Möglichkeit vorgesehen, nur die Objekte in die Auswertung der *cued recall*-Aufgabe aufzunehmen, die bei der Szenenpräsentation angeklickt und daher mit Sicherheit beachtet worden sind. In einem Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode haben Objekte, die angeklickt werden, definitiv Aufmerksamkeit erhalten, bei Objekten, die nicht angeklickt werden, kann dagegen nicht festgestellt werden, ob sie beachtet worden sind oder nicht.

In der Studierphase, während der jede der zwölf Szenen dreimal zu sehen waren, wurden durchschnittlich 103,5 der 115 Objekte mindestens einmal angeklickt; 11,5 Objekte wurden im Durchschnitt nicht angeklickt. Zu 45,9% ($s = 21,5\%$) der angeklickten Objekte sowie zu 62,1% ($s = 26,8\%$) der nicht angeklickten Objekte konnten in der *cued recall*-Aufgabe keine Farben angegeben werden. Von den Farbangaben, die zu angeklickten Objekten abgegeben wurden, waren durchschnittlich 38,4% ($s = 11,4\%$) richtig; die Farbangaben zu nicht angeklickten Objekten waren durchschnittlich zu 21,7% richtig ($s = 19,9\%$; s. Abbildungen 6.2.9 und 6.2.10).

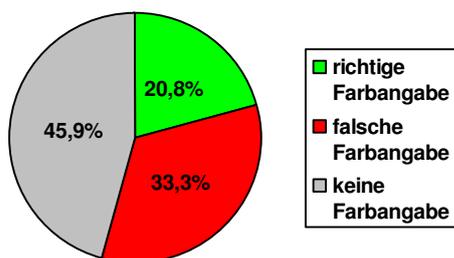


Abbildung 6.2.9:

Angeklickte Objekte:

Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben (Experiment 1)

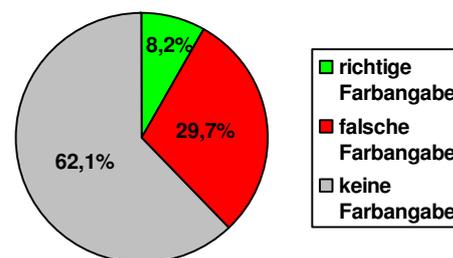


Abbildung 6.2.10:

Nicht angeklickte Objekte:

Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben (Experiment 1)

Wie unter 6.2.2.1 dargestellt, konnten Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten bereits dann nachgewiesen werden, wenn die Antworten der Probanden auf alle Objektitems

in der *cued recall*-Aufgabe betrachtet werden. Daher zeigten sich erwartungsgemäß bei allen Versuchsteilnehmern in einseitigen Binomialtests auch signifikante Farbgedächtnisleistungen, wenn allein die angeklickten Objekte ausgewertet wurden ($p < 0,001$ für $N = 20$; $p < 0,05$ für $N = 1$).

Anders als zu angeklickten Objekten ließen sich zu nicht angeklickten Objekten in einseitigen Binomialtests nur bei wenigen Probanden signifikante Gedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen ($p < 0,01$ für $N = 2$; $p < 0,05$ für $N = 2$). Grund für dieses Ergebnis ist zum einen, dass einige Probanden ($N = 8$) zu nicht angeklickten Objekten gar keine richtigen Farben nennen konnten. Zum anderen wurden von den Versuchsteilnehmern stets nur sehr wenige Objekte in der Studierphase kein einziges Mal angeklickt. Auch wenn der Anteil richtiger Farbangaben unter den nicht angeklickten Objekten numerisch über dem Wert von $1/11$ lag, konnten aufgrund der kleinen Itemanzahl keine signifikanten Ergebnisse ermittelt werden.

Dass zu nicht angeklickten Objekten bei den meisten Versuchsteilnehmern keine signifikanten Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachgewiesen werden konnten, stellt kein Problem dar. Wenn ein Objekt in einem Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode nicht angeklickt wird, so kann nicht festgestellt werden, ob es Aufmerksamkeit erhalten hat oder nicht. Ein Ausbleiben von signifikanten Farbgedächtnisleistungen bei nicht angeklickten Objekten lässt sich also einfach dadurch erklären, dass diese Objekte in der Studierphase nicht beachtet worden sind. Dass sich zumindest bei einigen Probanden signifikante Gedächtnisleistungen für Farben von nicht angeklickten Objekten zeigten, spricht dafür, dass zumindest einige der nicht angeklickten Objekte in der Studierphase Aufmerksamkeit erhalten haben müssen. Die Gruppe der nicht angeklickten Objekte setzt sich also vermutlich zusammen aus beachteten und nicht beachteten Objekten: Der Anteil beachteter Objekte unter den nicht angeklickten Objekten führt zu signifikanten Farbgedächtnisleistungen für diese Objektgruppe; der Anteil nicht beachteter Objekte unter den nicht angeklickten Objekten ist wiederum dafür verantwortlich, dass sich zu nicht angeklickten Objekten geringere Farbgedächtnisleistungen zeigen als zu angeklickten Objekten, die alle beachtet worden sind.

Vergleicht man insgesamt, in welchem Umfang zu angeklickten und nicht angeklickten Objekten die richtigen Farben angegeben wurden, so finden sich signifikante Unterschiede: Der Anteil richtiger Farbangaben zu angeklickten Objekten war durchschnittlich höher als der

zu nicht angeklickten Objekten ($t = 3,549$; $df = 31,820$; $p < 0,01$)⁶. Farben von angeklickten Objekten konnten also langfristig besser erinnert werden als Farben von nicht angeklickten Objekten. Zusätzlich zu diesem Vergleich wurde der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeits- und Farbgedächtnisdaten in drei weiteren Auswertungen untersucht.

In einer ersten Auswertung wurden alle die Objekte, zu denen ein Proband in der *cued recall*-Aufgabe eine Farbe angegeben hatte, in vier Gruppen unterteilt abhängig davon, wie oft sie in der Studierphase angeklickt worden waren. Die vier Gruppen bestanden aus Objekten, die kein einziges Mal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickt worden waren. Diese Aufteilung wurde aufgrund folgender Überlegungen gewählt: Die Objekte, die keinmal angeklickt worden waren, sollten in einer Gruppe zusammengefasst werden, da sich unter ihnen vermutlich Objekte befinden, die in der Studierphase keine Aufmerksamkeit erhalten hatten. Dass sich diese Objektgruppe von solchen Objekten unterscheidet, die mindestens einmal angeklickt worden waren, wurde bereits beschrieben: Zu Objekten, die nicht angeklickt worden waren, konnten signifikant weniger richtige Farben genannt werden. In einer weiteren Gruppe sollten diejenigen Objekte zusammengefasst werden, die in der Studierphase dreimal angeklickt worden waren, da die gezeigten Objekte am häufigsten dreimal angeklickt wurden (Modalwert), also vermutlich einmal pro Szenenpräsentation (s. Abbildung 6.1.11). Die restlichen Objekte wurden schließlich in zwei weitere Gruppen aufgeteilt, in solche Objekte, die mehr als Null und weniger als drei Klicks erhalten hatten, und solche Objekte, die mehr als dreimal angeklickt worden waren.

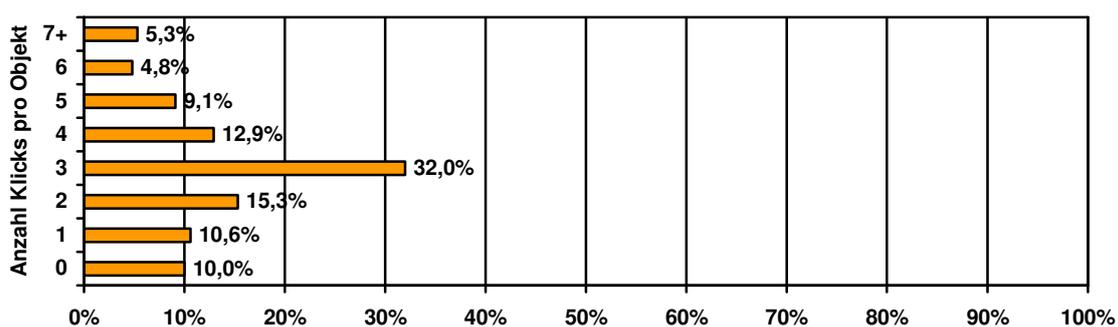


Abbildung 6.2.11: Häufigkeiten von Klicks auf Objekte während gesamter Szenenpräsentation (Experiment 1)

Pro Proband wurde nun für jede dieser vier Objektgruppen der Anteil richtiger Farbangaben an den produzierten Farbangaben ermittelt. Unterschiede zwischen den vier Gruppen wurden

⁶ Da ein Levene-Test eine Verletzung der Annahme der Varianzhomogenität anzeigte, wurde anstelle eines t-Tests für unabhängige Stichproben ein Welch-Test durchgeführt.

dann in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht. Dabei wurde eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen.

Tabelle 6.2.1 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen für die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben in den vier Objektgruppen. Numerisch war eine Abstufung in der durchschnittlichen Trefferanzahl zu beobachten: Je mehr Klicks Objekte in der Studierphase erhalten hatten, desto höher lag der Anteil richtiger Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe. Diese Gruppenunterschiede erwiesen sich als signifikant ($F(2,260, 45,196) = 7,773$; $p < 0,01$; $\epsilon^2 = 0,280$). In a posteriori Einzelvergleichen mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung zeigte sich, dass sich die Gruppe der nicht angeklickten Objekte von den Gruppen der dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekte signifikant unterscheidet.

Tabelle 6.2.1: Relative Häufigkeit richtiger Farbangaben zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Experiment 1)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	20,63%	19,92%
1-2 Klicks	32,41%	16,48%
3 Klicks	40,35%	16,43%
3 < Klicks	43,08%	18,25%

In einer zweiten Auswertung wurde eine Aufteilung der Daten ausgehend von den Ergebnissen der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben vorgenommen. Die Objekte, die ein Proband in der *cued recall*-Aufgabe bearbeitet hatte, wurden in drei Gruppen unterteilt, abhängig davon, ob ihre Farbe richtig, falsch oder nicht angegeben worden war. Für jede dieser drei Gruppen wurde die durchschnittliche Anzahl derjenigen Klicks berechnet, welche Objekte dieser Gruppe in der Studierphase erhalten hatten. Unterschiede zwischen den drei Objektgruppen wurden dann erneut in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht, bei der eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen wurde.

Tabelle 6.2.2 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der drei Gruppen. Numerisch ergab sich eine Abstufung in der durchschnittlichen Anzahl Klicks: Objekte, deren Farben in der *cued recall*-Aufgabe richtig angegeben wurden, waren zuvor am häufigsten angeklickt worden, Objekte, deren Farben falsch angegeben wurden, hatten etwas weniger Klicks erhalten und Objekte, deren Farben nicht angegeben wurden, waren in der Studierphase am wenigsten angeklickt worden. Die Gruppenunterschiede

erwiesen sich auch in dieser Auswertung als signifikant ($F(1,349, 26,983) = 21,187$; $p < 0,001$; $\epsilon^2 = 0,514$). A posteriori Einzelvergleiche mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung ergaben signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe von Objekten, zu denen keine Farben genannt wurden, und den beiden anderen Gruppen von Objekten, zu denen falsche bzw. richtige Farben angegeben wurden.

Tabelle 6.2.2: Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen keine, falsche und richtige Farben genannt wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Experiment 1)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
keine Farbangabe	2,70	0,79
falsche Farbangabe	3,29	0,90
richtige Farbangabe	3,60	1,21

In einer dritten Auswertung wurden Korrelationen über Objektitems berechnet. Dazu wurde zum einen für jedes Objekt aufsummiert, wie oft es von allen Probanden in der Studierphase angeklickt worden war. Diese Anzahl Klicks kann als Ausdruck für die Salienz eines Objekts innerhalb der Szene angesehen werden. Ein besonders salientes Objekt wird während der Szenenpräsentation von allen Probanden insgesamt häufiger angeklickt als ein wenig salientes Objekt. Zum anderen wurde für jedes Objekt ermittelt, wie oft seine Farbe in der *cued recall*-Aufgabe von allen Probanden angegeben bzw. richtig angegeben werden konnte. Es ergaben sich signifikante, wenn auch kleine positive Korrelationen. Die Anzahl Klicks auf Objekte korrelierte positiv mit der Anzahl der Farbangaben ($r = .367$; $p < 0,001$) sowie mit der Anzahl der richtigen Farbangaben ($r = .234$; $p < 0,05$), die zu den jeweiligen Objekten in der *cued recall*-Aufgabe abgegeben wurden.

Insgesamt zeigte sich in Experiment 1 also ein Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt wurde, gemessen über die Anzahl Klicks im Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode, und späteren Gedächtnisleitungen für Objektfarben in der *cued recall*-Aufgabe. Von Objekten, die während der Szenenpräsentation häufiger angeklickt also stärker beachtet worden waren, wurden Farben langfristig besser erinnert als von Objekten, die seltener angeklickt und daher weniger stark beachtet worden waren.

6.2.2.4 Langzeitgedächtnisleistungen für Szenen und Objekte

Die Szenen- und die Objekt-Rekognitionsaufgabe waren für den Fall in das Experiment aufgenommen worden, dass Farben von Objekten langfristig nicht in signifikantem Umfang erinnert werden können. Mit diesen beiden zusätzlichen Gedächtnisaufgaben sollte dann kontrolliert werden, inwieweit Information zu den gezeigten Szenen und Objekten in Experiment 1 gelernt werden kann. Falls sich zeigen sollte, dass auch konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten langfristig lediglich in geringem Umfang erinnert wird, war vorgesehen, das Untersuchungsdesign so zu verändern, dass das Erinnern konzeptueller Information und damit möglicherweise auch das Erinnern von Information zu Objektfarben gesteigert wird. Da sich in der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 1 signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen ließen, kann unter den gewählten experimentellen Bedingungen also Information aus dem präsentierten Bildmaterial inzidentell gelernt und langfristig erinnert werden. Es erwies sich daher nicht als notwendig, das experimentelle Design zu verändern, um Gedächtnisleistungen zu erhöhen.

An den Ergebnissen der *cued recall*-Aufgabe fiel jedoch auf, dass nur zu einem kleinen Teil der zuvor präsentierten Objekte Farben richtig angegeben wurden. Es stellt sich daher die Frage, ob die Teilnehmer von Experiment 1 nur die Farben der gezeigten Objekte eingeschränkt reproduzieren konnten oder ob sie auch nur in geringem Umfang erinnern, welche Art von Szenen und Objekten gezeigt worden waren. Zum Vergleich wurde daher die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten ermittelt.

Wenn ein Proband sich nicht an das in der Studierphase präsentierte Material erinnert, kann er in einer Rekognitionsaufgabe nicht zwischen Targets und Distraktoren unterscheiden. In diesem Fall kann er bei dem Versuch, die Targetitems unter den Distraktoren auszuwählen, nicht mehr Treffer als falsche Alarme produzieren. Um die Rekognitionsleistungen in der Szenen- und der Objektaufgabe zu bewerten, wurde daher für jeden Probanden ermittelt, ob er in der jeweiligen Aufgabe signifikant mehr Treffer als falsche Alarme erzielt hat, d.h. es wurde überprüft, ob er Targets häufiger ausgewählt und Distraktoren häufiger zurückgewiesen hat.

Szenen-Rekognitionsaufgabe

In der Szenen-Rekognitionsaufgabe von Experiment 1 lag die durchschnittliche Trefferrate bei 76,6% (9,19 von zwölf Szenentiteln; $s = 15,1\%$) und die durchschnittliche falsche Alarmrate bei 3,4% (0,81 von 24 Szenentiteln; $s = 4,3\%$; s. Abbildung 6.2.12). 11 der 21 Probanden produzierten ausschließlich Treffer.

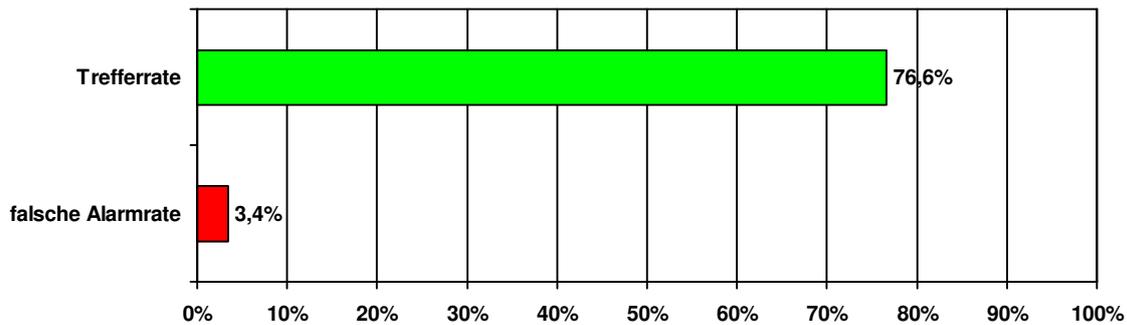


Abbildung 6.2.12: Mittelwerte der Trefferraten und falschen Alarmraten in Szenen-Rekognitionsaufgabe (Experiment 1)

In einseitigen Fishers exakten Tests (vgl. Bredenkamp & Erdfelder, 1996) ließ sich bei allen Versuchsteilnehmern eine signifikant höhere Trefferrate als falsche Alarmrate nachweisen ($p < 0,001$ für $N = 17$; $p < 0,01$ für $N = 4$)⁷. Die Probanden waren demnach in der Lage, aus einer Liste von Szenenbezeichnungen solche Titel auszuwählen, die Szenen beschreiben, die sie in der Studierphase gesehen hatten.

Es zeigte sich also, dass alle Probanden Information zum thematischen Kerngehalt der gezeigten Szenen langfristig erinnerten, d.h. sie erinnerten, welche Art von Szenen in der Studierphase gezeigt wurden. Die Langzeitgedächtnisleistungen für Szenen-*type*-Information können dabei als gut bezeichnet werden.

Objekt-Rekognitionsaufgabe

In der Objekt-Rekognitionsaufgabe von Experiment 1 lag die durchschnittliche Trefferrate bei 46,7% (4,82 von durchschnittlich 10,33 Objektbezeichnungen pro Szene; $s = 13,2\%$). Die durchschnittliche falsche Alarmrate lag bei 10,0% (1,97 von durchschnittlich 19,67 Objektbezeichnungen pro Szene; $s = 5,6\%$; s. Abbildung 6.2.13).

⁷ s. Anhang 10.3.1.2

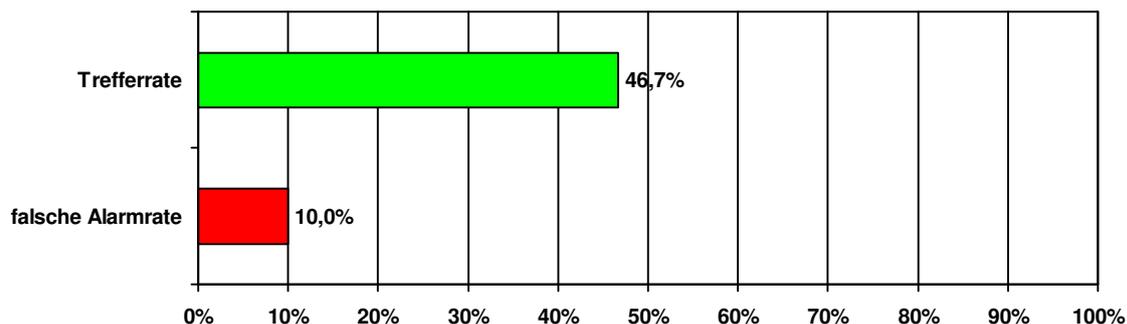


Abbildung 6.2.13: Mittelwerte der Trefferraten und falschen Alarmraten in Objekt-Rekognitionsaufgabe (Experiment 1)

Bei allen Versuchsteilnehmern ließen sich in einseitigen Fishers exakten Tests für die Objekt-Rekognitionsaufgabe insgesamt eine signifikant höhere Trefferrate als falsche Alarmrate nachweisen ($p < 0,001$ für $N = 21$)⁸. Alle Versuchsteilnehmer waren also in der Lage, konzeptuelle Information zu den in den Szenen gezeigten Objekten langfristig zu erinnern. Sie erinnerten also, welche Art von Objekten in den Szenen vorgekommen waren.

Im Gegensatz zur Szenen-Rekognitionsaufgabe zeigten sich in der Objekt-Rekognitionsaufgabe jedoch nur mäßige Langzeitgedächtnisleistungen. Die Probanden konnten Objekt-*type*-Information zwar in signifikantem, aber nicht sehr hohem Umfang erinnern. Zudem erinnerten die Versuchsteilnehmer nicht zu jeder Szene, die sie in der Studierphase gesehen hatten, welche Art von Objekten in der Szene gezeigt worden war.

Betrachtet man die Objekt-Rekognitionsleistungen der Probanden zu einzelnen Szenen, zeigte sich, dass nicht immer mehr Treffer als falsche Alarme produziert wurden. 6 der 21 Probanden konnten zu jeweils einer der zwölf Szenen keine Angaben machen. Darüber hinaus erzielten 13 der 21 Probanden bei einigen Szenen gleich viele oder mehr falsche Alarme als Treffer. Aufgrund der geringen Anzahl von Objektitems in den einzelnen Szenen war es kaum möglich, Objekt-Rekognitionsleistungen pro Szene auszuwerten. Um ein signifikantes Ergebnis zu erreichen, musste ein Proband eine erheblich höhere Trefferrate als falsche Alarmrate erzielen. Obwohl die Versuchsteilnehmer in der Objekt-Rekognitionsaufgabe zwar zu durchschnittlich 90,1% der Szenen mehr Treffer als falsche Alarme erzielten, ließen sich signifikante Gedächtnisleistungen in einseitigen Fishers exakten Tests lediglich zu durchschnittlich 57,2% der Szenen nachweisen⁹.

⁸ s. Anhang 10.3.1.3

⁹ s. Anhang 10.3.1.4

Insgesamt gesehen zeigte sich in den beiden Rekognitionsaufgaben von Experiment 1, dass konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten ähnlich wie visuelle Oberflächeninformation zu Objektfarben langfristig nicht perfekt erinnert werden konnte. Rekognitionsleistungen für den thematischen Kerngehalt der gezeigten Szenen erwiesen sich als gut. Dagegen konnten Probanden nur in mäßigem Umfang angeben, welche Art von Objekten in den Szenen abgebildet waren.

6.2.3 Diskussion Experiment 1

Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben

In Experiment 1, dem ersten Labor-Experiment, ist es gelungen, Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen nachzuweisen. Insbesondere zu Objekten, die während des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode in der Studierphase angeklickt worden waren, die also beim Betrachten der Szenen mit Sicherheit Aufmerksamkeit erhalten hatten, konnten signifikant häufig richtige Farben angegeben werden. Diese Gedächtnisleistungen für eine Art visueller Oberflächeninformation von Objekten zeigten sich nach einer Studierphase, während der Farben inzidentell gelernt wurden, da zuvor in keiner Weise auf das zu testende Objektmerkmal hingewiesen worden war. Auch der beim Betrachten der Szenen durchgeführte Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode stand dem Lernen von Objektfarben nicht grundsätzlich entgegen.

Die hier nachgewiesenen Gedächtnisleistungen für Objektfarben können nur auf visuellen Langzeitgedächtnisrepräsentationen von Objekten basieren, da die Probanden nach der Präsentation der Szenen und vor dem Gedächtnistest zu Objektfarben mehrere weitere Aufgaben am Bildschirm bearbeiteten. Dadurch wurden die noch im visuellen Arbeitsgedächtnis enthaltenen Objektrepräsentationen überschrieben. Von den zur Diskussion stehenden theoretischen Ansätzen kann nur Hollingworth und Hendersons *visual memory theory* solche Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Details von Objekten erklären, da sie als einzige einen Langzeitgedächtnisprozess zur Speicherung visueller Detailinformation annimmt: Visuelle Oberflächeninformation zu Objekten wird zusammen mit konzeptueller Objektinformation in *long-term memory object files* im visuellen Langzeitgedächtnis gespeichert.

Die *visual transience*-Ansätze - Rensinks *coherence theory* und Irwins *object file theory of transsaccadic memory* - nehmen dagegen an, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten nicht langfristig gespeichert werden, sondern nur kurzzeitig in temporären Objektrepräsentationen zur Verfügung stehen. Diesen beiden Theorien zufolge müsste es im experimentellen Setting von Experiment 1 nicht mehr möglich sein, zu Beginn der Testphase Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen der innerhalb der Szenen präsentierten Objekte abzurufen. Der *coherence theory* nach zerfällt die Repräsentation eines Objekts, das Kohärenzfeld, das Information zu Objektfarben enthält, bereits, sobald ein Objekt keine Aufmerksamkeit mehr erhält. Nach Ausblenden der letzten Szene können demnach keine Objektrepräsentationen mehr vorhanden sein, die Information zu Objektfarben enthalten. Der *object file theory of transsaccadic memory* zufolge bleibt die Repräsentation eines Objekts, in der Information zur Objektfarbe gespeichert ist, das *object file*, noch eine Zeit lang im visuellen Arbeitsgedächtnis erhalten, nachdem die visuelle Aufmerksamkeit von dem Objekt abgezogen wurde. Wenn Aufmerksamkeit beim Betrachten der Szenen auf weitere Objekte gerichtet wird, werden im visuellen Arbeitsgedächtnis jedoch fortlaufend weitere *object files* aufgebaut. Aufgrund der begrenzten Kapazität des visuellen Arbeitsgedächtnisses, müssen ältere dort gespeicherte Objektrepräsentationen daher nach einiger Zeit überschrieben werden. Sobald das *object file* eines Objekts nicht mehr im visuellen Arbeitsgedächtnis vorhanden ist, kann zu diesem Objekt keine Farbinformation mehr abgerufen werden. Da bereits während der Distraktorphase weitere Objektrepräsentationen aufgebaut werden, werden die wenigen *object files* von Objekten aus den Szenen, die sich bis dahin noch im visuellen Arbeitsgedächtnis befunden haben, bis zu Beginn der Testphase überschrieben. Es sind dann keine Objektrepräsentationen mehr vorhanden, die Farbinformation enthalten.

Visual transience-Ansätzen zufolge werden Objektrepräsentationen, die visuelle Oberflächeninformation enthalten, also nicht dauerhaft gespeichert, sondern fortlaufend ersetzt. Beim Betrachten von Szenen akkumuliert keine visuelle Detailinformation von zuvor beachteten Objekten, sondern es bleibt langfristig lediglich konzeptuelle Information erhalten. Die in Experiment 1 nachgewiesenen Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben können daher von *visual transience*-Ansätzen nicht erklärt werden. Die Ergebnisse von Experiment 1 stellen somit ein weiteres Argument für die *visual memory theory* dar und zeigen, dass die Annahmen der *visual transience*-Ansätze zu kurz greifen. Beim Betrachten von natürlichen Szenen akkumuliert nicht nur konzeptuelle, sondern auch visuelle Information von beachteten Objekten.

Erste Belege dafür, dass visuelle Oberflächeninformation von zuvor beachteten Objekten in Szenen langfristig erinnert wird, konnten Untersuchungen von Hollingworth und Henderson sowie einige Studien zum Langzeitgedächtnis für Bilder liefern (s. 3.5 und 4.1). Die dazu eingesetzten Versuchsbedingungen lassen sich jedoch in mehreren Punkten kritisieren (s. 4.1.2): Objekt-*token*-Unterscheidungen können in Rekognitionsaufgaben unter Umständen dadurch geleistet werden, dass semantische und nicht visuelle Objektmerkmale herangezogen werden, und sowohl Objekt-*token*-Veränderungen als auch Veränderungen der räumlichen Orientierung von Objekten könnten dadurch identifiziert werden, dass nicht visuelle Oberflächeninformation, sondern allein räumliche Information zur Szenenkonfiguration gespeichert wird. Diese Argumente können gegen die in Experiment 1 eingesetzte *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben nicht vorgebracht werden. Da nur Objekte ohne diagnostische Farbe als Gedächtnisestitems verwendet wurden, also Objekte, die nicht mit einer bestimmten Farbe assoziiert sind, ist es für semantische Objekteigenschaften nicht von Bedeutung, in welcher Farbe die Objekte dargestellt wurden. Weil Farbe außerdem ein Merkmal ist, das nur die visuelle Oberfläche eines Objekts betrifft, wirkt sich die Wahl einer Objektfarbe weder auf räumliche Objektmerkmale noch auf die Szenenkonfiguration aus. In der *cued recall*-Aufgabe können nur dann die richtigen Farben reproduziert werden, wenn auf ein Gedächtnis für Objektfarben zurückgegriffen werden kann. Der gelungene Nachweis von Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen stellt daher einen eindeutigen Beleg dafür dar, dass speziell visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten gespeichert worden sind.

Um dem hier geführten Nachweis mehr Gewicht zu verleihen, wurde in dem Labor-Experiment 2A und dem Online-Experiment 2B erneut versucht, Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachzuweisen und so die Ergebnisse von Experiment 1 zu replizieren.

Neben Objektfarben erinnerten die Teilnehmer von Experiment 1 auch konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten in signifikantem Umfang. Langzeitgedächtnisleistungen für Szenen-*type*-Information erwiesen sich dabei als gut, solche für Objekt-*type*-Information dagegen eher als mäßig. Auf Gedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Objekten in natürlichen Szenen wird im Rahmen von Experiment 3 erneut eingegangen.

Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben

Auffällig an den Ergebnissen von Experiment 1 ist, dass in der Testphase nur zu einem kleinen Teil der zuvor präsentierten Objekte die richtigen Farben angegeben wurden. Die Versuchsteilnehmer konnten in der *cued recall*-Aufgabe lediglich zu durchschnittlich 19,8% aller gezeigten Objekte und 20,8% aller angeklickten Objekte die richtigen Farben nennen. Gleichzeitig wurden relativ viele falsche Farben genannt. Zu durchschnittlich 32,5% aller gezeigten Objekte und 33,3% aller angeklickten Objekte machten die Teilnehmer eine falsche Farbangabe.

Zu dem hohen Anteil falscher Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe insgesamt haben vorrangig die als „unsicher“ gekennzeichneten Antworten beigetragen. Unter den „unsicher“-Antworten fand sich mit durchschnittlich 72,1% ein sehr viel höherer Anteil falscher Farbangaben als mit durchschnittlich 37,9% unter den „sicher“-Antworten. Dieser Unterschied kam in dem Ergebnis der Aufgabe insgesamt stark zum Tragen, da die meisten Antworten in der Objektfarben-Aufgabe als „unsicher“ beurteilt wurden. Dass bei den als „unsicher“ beurteilten Antworten relativ viele falsche Farben genannt wurden, könnte dadurch erklärt werden, dass die Probanden hier teilweise geraten haben. Da die Wahrscheinlichkeit, beim Raten einen Treffer zu landen, in der *cued recall*-Aufgabe mit 1/11 eher gering ist, wird der Anteil falscher Farbangaben durch Raten stark erhöht. Für diese Erklärung, dass die Probanden bei den „unsicher“-Antworten teilweise geraten haben, spricht der deutlich höhere Anteil falscher Farbangaben im Vergleich zu den als „sicher“ bewerteten Antworten. Ob dieser hohe Anteil falscher Farbangaben aber tatsächlich durch Raten zustande gekommen ist, lässt sich nicht definitiv feststellen. Es ist auch denkbar, dass Objektfarben häufig falsch erinnert und diese falschen Erinnerungen dann wahrheitsgemäß berichtet wurden. Objektfarben wären in Experiment 1 demnach nur sehr ungenau erinnert worden.

Neben dem relativ hohen Anteil falscher Farbangaben war in den Ergebnissen der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 1 ein zwar signifikanter, aber vergleichsweise niedriger Anteil richtiger Farbangaben zu beobachten. Objektfarben wurden in Experiment 1 also in eher geringem Umfang erinnert. Da Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen mit Experiment 1 erstmalig untersucht wurden, fehlen geeignete Vergleichsmöglichkeiten, um beurteilen zu können, ob die in Experiment 1 ermittelten Gedächtnisleistungen von eher typischer oder eher ungewöhnlicher Höhe sind. Verglichen mit den Ergebnissen von Hollingworth und Henderson (2002) scheinen die Gedächtnisleistungen für Objektfarben in Experiment 1 gering zu sein. In ihren Studien

wiesen die Autoren in 2AFC-Rekognitionsaufgaben bei Ratewahrscheinlichkeiten von jeweils 50% Trefferquoten von 80,6% für Objekt-*token*-Veränderungen sowie von 81,9% für Veränderungen der räumlichen Orientierung von Objekten nach. Diese Gedächtnisleistungen für visuelle Details von Objekten in natürlichen Szenen können als recht gut bezeichnet werden. Etwas geringere Rekognitionsleistungen zeigten sich in zwei neueren Untersuchungen von Hollingworth (2004, 2005): In Langzeitgedächtnisaufgaben konnten seine Probanden die zuvor gezeigten Objekt-*tokens* zu 78,6%, die räumlichen Orientierungen von Objekten jedoch nur zu 71,4% wiedererkennen (Hollingworth, 2005); in einer weiteren Studie konnte der Autor Objekt-*token*-Rekognitionsleistungen von lediglich 64,9% nachweisen (Hollingworth, 2004).

Die Höhe der Gedächtnisleistungen für visuelle Oberflächeninformation in den Studien von Hollingworth und Henderson lässt sich jedoch nicht direkt mit der Höhe der Farbgedächtnisleistungen in Experiment 1 vergleichen, da in den Untersuchungen mit Rekognitionsaufgaben und einer *recall*-Aufgabe unterschiedliche Gedächtnistestmethoden verwendet wurden. Außerdem ist es denkbar, dass Gedächtnisleistungen für visuelle Details von Objekten in den Untersuchungen unterschiedlich hoch ausgefallen sind, da sich die durchgeführten Experimente in einigen wichtigen Punkten voneinander unterscheiden: Erstens haben Hollingworth und Henderson in allen ihren Studien Langzeitgedächtnisleistungen für andere Arten visueller Oberflächeninformation untersucht. Zweitens wurden visuelle Objektmerkmale in ihren Experimenten nicht nur inzidentell gelernt. Drittens mussten ihre Probanden keine visuo-motorische Zusatzaufgabe wie den Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode ausführen, während sie die Szenen betrachteten. Aufmerksamkeitsbewegungen wurden entweder über Blickbewegungsmessungen erhoben (Hollingworth & Henderson, 2002) oder dadurch kontrolliert, dass Probanden mit dem Blick einem aufblinkenden Punkt folgen mussten, der über die Szenen wanderte (Hollingworth, 2004). Ein weiterer Aspekt, der zu den hohen Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Objektmerkmale in der Untersuchung von Hollingworth und Henderson (2002) beigetragen haben könnte, ist der Umstand, dass visuelle Details von Objekten hier unmittelbar nach der Szenenpräsentation getestet wurden. Sowohl in Experiment 1 als auch in den Studien von Hollingworth (2004, 2005) wurden zwischenzeitlich weitere Gedächtnistests durchgeführt. Aus diesen Gründen erschien es nötig, in weiteren Experimenten zu überprüfen, ob Farben von Objekten unter denselben Untersuchungsbedingungen wie in Experiment 1 in ähnlichem, eher geringem Umfang erinnert werden. Die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben wurde daher in dem Labor-Experiment 2A und dem Online-Experiment 2B erneut ermittelt

und mit der in Experiment 1 verglichen. Der Frage, welche Faktoren die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben beeinflussen, wurde darüber hinaus in den Experimenten 2C und 2D genauer nachgegangen.

Gedächtnis für Objektfarben und Aufmerksamkeit

Sowohl Hollingworth und Hendersons *visual memory theory* als auch Rensinks *coherence theory* und Irwins *object file theory of transsaccadic memory* nehmen an, dass das Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu einem Objekt eine notwendige Voraussetzung für den Aufbau einer Objekt-*token*-Repräsentation ist, die visuelle Oberflächenmerkmale umfasst (vgl. 3.6.2). Weil das Beachten von Objekten damit auch eine unabdingliche Voraussetzung für ein langfristiges Erinnern von Objektfarben darstellt, wurde während der Szenenpräsentation kontrolliert, welchen Objekten die Versuchsteilnehmer Aufmerksamkeit zuwenden. Den theoretischen Annahmen entsprechend zeigte sich in den Ergebnissen von Experiment 1, dass Farben von angeklickten Objekten, also von Objekten, die während des Aufmerksamkeitstests mit Sicherheit beachtet worden waren, besser erinnert wurden als Farben von nicht angeklickten Objekten, unter denen sich beachtete und nicht beachtete Objekte befinden können.

Neben diesem Unterschied zwischen angeklickten und nicht angeklickten Objekten zeigte sich in Experiment 1 ein weiterer Aufmerksamkeitseffekt: In mehreren Auswertungen ergab sich ein Zusammenhang zwischen der Anzahl Klicks, die Objekte in der Studierphase erhalten haben, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in der Testphase. Zu Objekten, die beim Betrachten der Szenen spontan häufiger angeklickt worden waren, konnte in der *cued recall*-Aufgabe häufiger die richtige Farbe genannt werden. Die Anzahl Klicks, die ein Bildelement während des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode erhält, kann als Maß für den Umfang angesehen werden, in dem einem Bildelement beim Betrachten der Vorlage Aufmerksamkeit zugewandt wird. Es zeigte sich folglich ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Aufmerksamkeitszuwendung und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben.

Ein ähnlicher Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekte beachtet worden waren, und späteren Gedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten ist auch von Hollingworth und Henderson (2002) beschrieben worden. In ihrer Studie bearbeiteten die Probanden eine *change detection*-Aufgabe, währenddessen wurde eine Blickbewegungsmessung durchgeführt. Die Autoren fanden kleine, aber signifikante positive

Korrelationen zwischen der Fixationsdauer auf Objekte, bevor eine Veränderung eingeführt wurde, und der Höhe der Entdeckungsleistungen für Veränderungen von Oberflächenmerkmalen an den jeweiligen Objekten. Dieser Zusammenhang zeigte sich bei Objekt-*token*-Veränderungen ($r = .35$), sowie bei Veränderungen der räumlichen Orientierung von Objekten ($r = .26$). Wenn die Fixationsdauer auf ein Objekt als Maß für den Umfang gewertet wird, in dem einem Objekt Aufmerksamkeit zugewandt wird, und die Höhe der Entdeckungsleistungen für Veränderungen als ein Maß dafür, inwieweit Information von Objekten gespeichert wird, können diese Ergebnisse ebenfalls als Zusammenhang zwischen einem Aufmerksamkeits- und einem Gedächtnismaß interpretiert werden. Auch wenn eine *change detection*-Aufgabe keinen direkten Gedächtnistest darstellt, setzt das Entdecken einer Veränderung doch voraus, dass ein Proband die ursprüngliche Version des veränderten Objekts erinnert (s. 2.1.3).

In Experiment 1 wurden ein anderes Aufmerksamkeitsmaß, nämlich die Anzahl Klicks beim Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode, und ein anderes Gedächtnismaß, nämlich Langzeitgedächtnisleistungen in der *cued recall*-Aufgabe, verwendet. Außerdem wurden mit Objektfarben Gedächtnisleistungen für eine andere Art visueller Oberflächeninformation untersucht. Trotz dieser Vielzahl von Unterschieden zwischen den beiden Studien ergaben sich doch ähnliche Zusammenhänge zwischen den verwendeten Aufmerksamkeits- und Gedächtnismaßen; die ermittelten Korrelationen lagen zudem in vergleichbarer Höhe.

Auch in Validierungsstudien zur Mausclick-Methode (Scheier, 2003) konnte ein Zusammenhang zwischen dem Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung und Gedächtnisleistungen beobachtet werden, es wurden allerdings keine Gedächtnisleistungen für visuelle Oberflächeninformation von Objekten untersucht. In einer Studie zum Erinnern von Gesichtern betrachteten Probanden während eines Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode mehrere Fotos von Personen. Anschließend wurden ihnen in einer Rekognitionsaufgabe Abbildungen von Gesichtern vorgelegt, von denen einige den zuvor gezeigten Personen gehörten. Es ergab sich ein enger Zusammenhang zwischen dem Wiedererkennen der Gesichter zuvor gezeigter Personen und der Klickdichte auf den Gesichtern in den Personenabbildungen während der Testphase ($r = .86$; $p < 0,01$). Wurde das Gesicht einer Person während des Aufmerksamkeitstests stark beachtet, konnte es besser erinnert werden. In einer weiteren Untersuchung zum *recall* von Marken aus Printanzeigen war ein ähnlicher Effekt zu beobachten. Hier zeigte sich, dass sich erinnerte und nicht erinnerte Marken signifikant darin unterschieden, wie oft das Markenlogo in der Anzeige

angeklickt worden war. Bei erinnerten Marken zeigte sich im Aufmerksamkeitstest eine größere Klickdichte auf das Logo als bei nicht erinnerten Marken.

Diese Ergebnisse anderer Studien lassen vermuten, dass es sich bei dem in Experiment 1 beobachteten Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeits- und Gedächtnisdaten um einen konsistenten Effekt handeln könnte. Dieser Vermutung wurde weiter nachgegangen. Ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen spontan Aufmerksamkeit zugewandt wird, und dem langfristigen Erinnern von Objektfarben wurde in den Experimenten der Gruppe 2 daher erneut untersucht.

6.3 Experiment 2

Ziel von Experiment 2 war es zunächst, Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben erneut nachzuweisen, und so die in Experiment 1 gewonnenen Ergebnisse zu replizieren. Dazu wurden ein Labor-Experiment (Experiment 2A) sowie ein Experiment über das Internet (Online-Experiment 2B) durchgeführt. Wenn es gelingt, dieselben Ergebnisse in zwei weiteren Experimenten zu erzielen, können die Untersuchungen insgesamt als robuster Beleg dafür angesehen werden, dass beim Wahrnehmen natürlicher Szenen Farben von beachteten Objekten inzidentell gelernt und langfristig erinnert werden.

In Experiment 1 hatte sich gezeigt, dass Objektfarben langfristig zwar in signifikantem, aber eher geringem Umfang erinnert wurden. Um der Frage nachzugehen, ob Langzeitgedächtnisleistungen typischerweise nur für wenige Farben der in den Szenen gezeigten Objekte bestehen, wurde in den Experimenten 2A und 2B erneut ermittelt, in welchem Umfang die Versuchsteilnehmer Objektfarben langfristig erinnern. In Hinblick auf diese Ergebnisse wird diskutiert, welche Einflussfaktoren sich auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben auswirken könnten. In zwei zusätzlichen Labor-Experimenten (Experimente 2C, 2D) wurde anschließend der Einfluss verschiedener Aspekte der gewählten experimentellen Bedingungen auf das Erinnern von Objektfarben beleuchtet. In Experiment 2C wurde untersucht, inwieweit sich die Durchführung des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode während der Präsentation der Szenen auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben auswirkt. Anschließend wurde in Experiment 2D untersucht, inwieweit es unter den gewählten Versuchsbedingungen möglich ist, Objektfarben zu lernen. Dazu wurden die Versuchsteilnehmer gezielt instruiert, sich Farben von Objekten einzuprägen, um eine Art Obergrenze für Objektfarben-Gedächtnisleistungen innerhalb des gewählten experimentellen Settings zu ermitteln.

In den unter Experiment 2 zusammengefassten Experimenten wurde weitgehend derselbe Untersuchungsaufbau verwendet wie im ersten Labor-Experiment 1. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch darin, dass die beiden zusätzlichen Gedächtnisaufgaben zu Szenen und Objekten weggelassen wurden. Da es in Experiment 1 möglich gewesen ist, signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachzuweisen, war es zwar grundsätzlich nicht nötig, das Untersuchungsdesign für Experiment 2 zu verändern. Aus eben diesem Grund konnten aber auch die beiden ursprünglich als Kontrollmöglichkeit aufgenommenen Gedächtnistests für konzeptuelle Information zu Szenen und Objekten entfallen. Da

Experiment 1 mit durchschnittlich 53 Minuten ein relativ langes Labor-Experiment war und es als günstiger angesehen wurde, ein kürzeres Experiment durchzuführen, um einer möglichen Ermüdung oder einem Motivationsverlust der Probanden vorzubeugen, wurde entschieden, die Szenen- und die Objekt-Rekognitionsaufgaben nicht in Experiment 2 zu übernehmen. So kann Experiment 2 insgesamt verkürzt und genauer auf das Untersuchen der Hauptfragestellung, Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben, zugeschnitten werden.

Indem die Szenen- und die Objekt-Rekognitionsaufgaben weggelassen werden, ergibt sich allerdings eine deutlich kürzere Retentionszeit für die Objektfarben-Aufgabe. Es besteht die Möglichkeit, dass diese Veränderung des Untersuchungsdesigns gegenüber Experiment 1 dazu führt, dass Farben von Objekten in Experiment 2 besser erinnert werden können. Um zu überprüfen, inwieweit sich die Verkürzung der Retentionszeit auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben auswirkt, wurden die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben der Experimente 2A und 2B mit denen von Experiment 1 verglichen.

Der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeits- und Gedächtnisdaten, der in Experiment 1 zu beobachten war, wurde in Experiment 2 erneut untersucht. Aufgrund der Ergebnisse von Experiment 1 wurde erwartet, dass Farben von Objekten, die während des Aufmerksamkeits-tests mit der Mausclick-Methode häufiger angeklickt wurden, langfristig besser erinnert werden als Farben von seltener angeklickten Objekten. Farben von Objekten, die in der Studierphase mehr Aufmerksamkeit erhalten haben, sollten also besser erinnert werden, als Farben von Objekten, die weniger stark beachtet worden sind.

Zusammenfassung der zu untersuchenden Hypothesen

In den Experimenten der Gruppe 2 (2A, 2B, 2C, 2D) wurden folgende Fragestellungen untersucht:

Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten

Ob und inwieweit Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig erinnert werden, wurde in den Experimenten 2A und 2B erneut untersucht. Dabei wurde versucht, den in Experiment 1 geführten Nachweis signifikanter Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten zu replizieren.

Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

Ein Zusammenhang zwischen Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben und dem Umfang, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen spontan Aufmerksamkeit zugewandt wird, wurde in den Experimenten 2A, 2B und 2D erneut untersucht. Das Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung wurde dabei über die Anzahl Klicks gemessen, die Objekte während des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode erhalten. Den Ergebnissen von Experiment 1 entsprechend wurde erwartet, dass von Objekten, die während des Aufmerksamkeitstests mehr Klicks erhalten, Farben besser erinnert werden als von seltener angeklickten Objekten.

Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben

Mit den Experimenten der Gruppe 2 wurde der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben untersucht.

Indem die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in den Experimenten 2A und 2B mit der in Experiment 1 verglichen wird, kann ein möglicher Einfluss der kürzeren Retentionszeit bis zur Objektfarben-Aufgabe ermittelt werden. Dabei wurde erwartet, dass sich in den Experimenten 2A und 2B höhere Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben zeigen. Durch einen Vergleich der Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in den Experimenten 2C und 2D mit der in Experiment 2A kann der Einfluss weiterer Aspekte des Untersuchungsdesigns ermittelt werden. In Experiment 2C wurde untersucht, ob und inwieweit sich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben steigern lassen, wenn beim Betrachten der Szenen in der Studierphase nicht gleichzeitig ein Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode durchgeführt wird. In Experiment 2D sollte eine Art Obergrenze für Objektfarben-Gedächtnisleistungen unter den gewählten experimentellen Bedingungen ermittelt werden, indem untersucht wurde, in welchem Umfang Farben von Objekten erinnert werden, wenn sie intentional gelernt werden. Dabei wurde erwartet, dass ein gezieltes Einprägen von Objektfarben in der Studierphase dazu führt, dass diese langfristig besser erinnert werden können, als wenn sie nur inzidentell gelernt wurden.

6.3.1 Experimente 2A und 2B

Mit den Experimenten 2A und 2B wurde versucht, Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben erneut nachzuweisen und so die Ergebnisse von Experiment 1 zu replizieren. Zusätzlich wurde bestimmt, in welchem Umfang die Teilnehmer der beiden Experimente Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig erinnern können. Indem die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in den Experimenten 2A und 2B mit der in Experiment 1 verglichen wird, kann ein möglicher Einfluss der kürzeren Retentionszeit bis zur *cued recall*-Aufgabe in den Experimenten 2A und 2B ermittelt werden. Darüber hinaus wurde in den beiden Experimenten untersucht, ob sich der in Experiment 1 beobachtete Zusammenhang zwischen dem spontanen Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase und dem langfristigen Erinnern von Objektfarben erneut nachweisen lässt. Experiment 2A war wie Experiment 1 ein Labor-Experiment. Zeitgleich zu Experiment 2A wurde eine verkürzte Version dieser Untersuchung über das Internet als Online-Experiment 2B durchgeführt. So war es möglich, dieselben Fragen an einer größeren Stichprobe zu untersuchen und den Ergebnissen dadurch mehr Gewicht zu verleihen.

Online-Experimente stellen eine noch relativ neue Untersuchungsmethode dar. Mittlerweile bieten jedoch eine Reihe von internationalen und deutschen Websites eine Plattform für wissenschaftliche Online-Untersuchungen¹⁰. Neben Experimenten lassen sich auch Befragungen und psychologische Tests über das Internet durchführen, darüber hinaus bietet sich das Internet selbst als Untersuchungsgegenstand an, um die Benutzerfreundlichkeit von Webangeboten zu ermitteln oder um die Internetnutzung in sozialwissenschaftlicher Hinsicht zu beleuchten (vgl. Batinic, Reips & Bosnjak, 2002).

Ein Online-Experiment durchzuführen, bietet gegenüber einem Labor-Experiment einige Vorteile: Vor allem lassen sich Daten so auf sehr schnelle und wenig aufwändige Art und Weise erheben. Ist das Experiment einmal online zugänglich, können Probanden im Gegensatz zu Labor-Untersuchungen 24 Stunden am Tag an der Studie teilnehmen. Sie brauchen weder einen Termin zu vereinbaren, noch persönlich zu erscheinen. Zudem müssen für die Durchführung des Experiments weder ein Labor, noch technische Ausstattung oder

¹⁰ Übersicht über deutsche und internationale Onlineforschungsseiten:

<http://www.w-lab.de/lab-links.php>

<http://genpsylab-wexlist.unizh.ch/>

Übersicht über englischsprachige psychologische Online-Experimente:

<http://psych.hanover.edu/research/exponnet.html>

Versuchsleiter zur Verfügung stehen. Über Online-Untersuchungen können außerdem oft größere und stärker heterogene Stichproben erreicht werden als mit einem Test, der ausschließlich an der Universität durchgeführt wird (Musch & Klauer, 2002; Reips, 2000).

Die Teilnehmer der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Labor-Experimente waren zumeist Studenten mit dem Haupt- oder Nebenfach Psychologie. Diese Studentenstichprobe kann insofern als eher heterogen bezeichnet werden, als dass sie sowohl aus Schulabgängern besteht, als auch aus älteren Studenten, die bereits Erfahrungen in anderen Berufen gesammelt haben. Von den Teilnehmern der Labor-Experimente waren 45,1% älter als 25 Jahre, 38,5% gaben neben „Student“ einen weiteren Beruf an. Allerdings sind Psychologiestudenten zumeist weiblich. Dies zeigte sich auch in den hier durchgeführten Labor-Experimenten deutlich: Lediglich 12,1% der Versuchsteilnehmer waren männlich. Durch das Online-Experiment 2B wurde es möglich, etwas mehr männliche Versuchsteilnehmer zu gewinnen als in den Labor-Untersuchungen.

Ein Nachteil von Online-Untersuchungen ist, dass es oftmals eine hohe Quote von Versuchsabbrüchen gibt. Dies war auch in Experiment 2B zu beobachten. Darüber hinaus ist es bei über das Internet durchgeführten Untersuchungen schwer zu überprüfen, ob Probanden nicht mehrfach teilnehmen und ob sie die gestellten Aufgaben ohne Hilfe lösen. Insgesamt lassen sich die Rahmenbedingungen eines Online-Experiments nicht so genau kontrolliert wie die eines Labor-Experiments (Musch & Klauer, 2002; Reips, 2000). Letzteres muss jedoch nicht unbedingt einen Nachteil darstellen, denn es kann andererseits argumentiert werden, dass die stark standardisierten Untersuchungsbedingungen im Labor die Generalisierbarkeit von Ergebnissen unter Umständen ebenfalls einschränken können (Reips, 2000; 2002). Wenn sich in einem Online-Experiment ähnliche Ergebnisse zeigen wie in einem vergleichbaren Labor-Experiment, spricht dies dafür, dass die ermittelten Ergebnisse in ihrem Auftreten nicht an bestimmte Laborbedingungen geknüpft sind, sondern auch unter einer größeren Bedingungsvielfalt zu gewinnen sind. Dass sich mit Labor- und Online-Experimenten zumeist sehr ähnliche Ergebnisse erzielen lassen, konnte in mehreren Studien belegt werden, in denen Ergebnisse der beiden Experimentformen verglichen wurden (Birnbäum, 2000; Krantz & Dalal, 2000; Musch & Klauer, 2002). Online-Experimente können daher als mögliche Alternative zu Labor-Untersuchungen angesehen werden.

Das Unternehmen *MediaAnalyzer* arbeitet überwiegend mit Online-Untersuchungen, in denen die Mausclick-Methode zur Aufmerksamkeitsmessung eingesetzt wird. Ein besonderer

Vorteil dieser Methode gegenüber der Blickbewegungsmessung besteht gerade darin, dass sie zur Erhebung von Aufmerksamkeitsdaten über das Internet geeignet ist. Da die Möglichkeit bestand, bei *MediaAnalyzer* im Rahmen dieser Arbeit ein Online-Experiment durchzuführen, wurde die Gelegenheit genutzt, die vorliegenden Labor-Untersuchungen um eine internetbasierte Studie zu ergänzen. Für die Durchführung von Experiment 2B standen die technischen Möglichkeiten von *MediaAnalyzer* zur Verfügung und die Mitarbeiter halfen beim Erstellen der Online-Version des Experiments 2.

6.3.1.1 Methode Experiment 2A und 2B

6.3.1.1.1 Stichproben

An dem Labor-Experiment 2A nahmen 12 Studenten (11 weiblich, 1 männlich) der Universität Hamburg im Alter zwischen 20 und 49 Jahren teil (im Mittel 29,4 Jahre).

An dem Online-Experiment 2B nahmen 38 Probanden (27 weiblich, 11 männlich) im Alter zwischen 17 und 50 Jahren teil (im Mittel 27,8 Jahre).

6.3.1.1.2 Vorgehen

Das Online-Experiment 2B wurde auf der Webseite von *MediaAnalyzer* durchgeführt. Die Versuchsteilnehmer gelangten zu dieser Seite über einen Link auf der Webseite des Fachbereichs Psychologie der Universität Hamburg, auf der das Experiment beschrieben und die Möglichkeit, online teilzunehmen, angekündigt wurde. Nach einem kurzen Begrüßungsbildschirm konnte die Untersuchung gestartet werden.

Der Versuchsaufbau der Experimente 2A und 2B war weitgehend identisch. Das Klicktraining und die Studierphase wurden in beiden Experimenten wie unter 6.1 beschrieben durchgeführt. Auf die Studierphase und die daran anschließende Distraktorphase, dem Erheben von Angaben zur Person, folgte die *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben (s. 6.2.1.5). Die Objektfarben-Aufgaben der Experimente 2A und 2B unterschieden sich jedoch in der Anzahl der darin angefragten Objekte: Um möglichst viele Items zur Auswertung zur Verfügung zu haben, wurde die Anzahl der Objektitems im Labor-Experiment 2A im Vergleich zu Experiment 1 auf 119 erhöht. In Experiment 2B wurde die Itemanzahl in der *cued recall*-Aufgabe dagegen auf 99 Objekte reduziert, um das Online-Experiment kürzer zu gestalten. Die Verringerung der Itemanzahl in der Online-Untersuchung wurde auf Anraten

von *MediaAnalyzer*-Mitarbeitern vorgenommen, da Probanden dazu tendieren, einen längeren Online-Test abzuberechnen.

Die Bearbeitung der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben dauerte in Experiment 2A durchschnittlich 24 Minuten; in Experiment 2B konnten die Bearbeitungszeiten nicht erhoben werden. Im Vergleich zu Experiment 1 ergab sich für die Objektfarben-Aufgaben in den Experimenten 2A und 2B ein wesentlich kürzeres Retentionsintervall, da vorher keine weiteren Gedächtnistests durchgeführt wurden. In Experiment 2A begann die Aufgabe durchschnittlich eine Minute, nachdem die dritte Präsentation der Szenen abgeschlossen war. Insgesamt dauerte Experiment 2A durchschnittlich 38 Minuten.

6.3.1.2 Ergebnisse Experiment 2A und 2B

6.3.1.2.1 Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

In den *cued recall*-Aufgaben zu Objektfarben des Labor-Experiments 2A und des Online-Experiments 2B nannten die Teilnehmer zu durchschnittlich 63,7% ($s = 18,4\%$) bzw. 55,5% ($s = 18,6\%$) der abgefragten Objekte eine Farbe; bei 36,3% bzw. 44,5% der Objekte gaben sie an, sich nicht an die Farbe zu erinnern. Von den produzierten Farbangaben waren in Experiment 2A durchschnittlich 41,0% ($s = 11,1\%$) in Experiment 2B 43,5% ($s = 15,0\%$) richtig. Es wurden also durchschnittlich zu 26,3% ($s = 10,4\%$) bzw. 24,4% ($s = 12,0\%$) der in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekten richtige Farben angegeben und zu 37,4% ($s = 12,1\%$) bzw. 31,1% der Objekte falsche Farben ($s = 12,9\%$; s. Abbildungen 6.3.1.1 und 6.3.1.2).

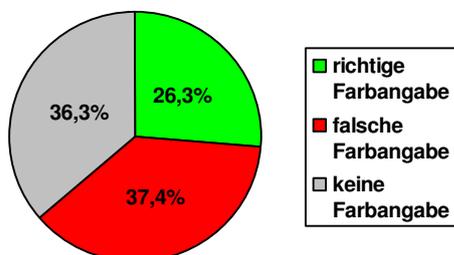


Abbildung 6.3.1.1:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben (Experiment 2A)

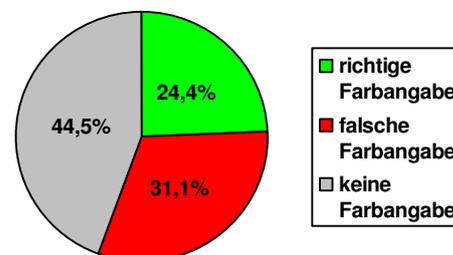


Abbildung 6.3.1.2:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben (Experiment 2B)

Um zu ermitteln, ob signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten vorliegen, wurde wie in Experiment 1 vorgegangen und zunächst die Antworten auf alle Objektitems in der *cued recall*-Aufgabe untersucht. Für Experiment 2A ergaben einseitige Binomialtests, dass die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben an den produzierten Farbangaben in den Antworten aller Probanden signifikant höher lag als das angenommene Zufallsniveau von 1/11 ($p < 0,001$ für $N = 11$; $p < 0,01$ für $N = 1$). Obwohl die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben auch im Online-Experiment 2B bei allen Probanden numerisch über 1/11 lag, konnten jedoch nur bei 36 der 38 Probanden signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachgewiesen werden ($p < 0,001$ für $N = 33$; $p < 0,01$ für $N = 2$; $p < 0,05$ für $N = 1$). Bei zwei Probanden ergab der Binomialtest keine Signifikanz.

Auch wenn allein die Objekte betrachtet wurden, die in der Studierphase mindestens einmal angeklickt worden waren, konnte für Experiment 2B kein anderes Ergebnis erzielt werden: Erneut ließen sich lediglich bei 36 der 38 Probanden signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen ($p < 0,001$ für $N = 33$; $p < 0,01$; $N = 2$; $p < 0,05$ für $N = 1$). Für dieselben beiden Probanden war es selbst dann nicht möglich, signifikante Farbgedächtnisleistungen zu ermitteln, wenn allein die Objekte betrachtet wurden, die in der Studierphase mit Sicherheit Aufmerksamkeit erhalten hatten.

Signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen lagen somit im Labor-Experiment 2A bei allen Versuchsteilnehmern und im Online-Experiment 2B bei immerhin knapp 95% der Probanden vor.

6.3.1.2.2 Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in Experiment 1 und den Experimenten 2A und 2B

In der Testphase der Experimente 2A und 2B wurden im Vergleich zu Experiment 1 wesentlich weniger Aufgaben durchgeführt, sodass für die Objektfarben-Aufgabe eine wesentlich kürzere Retentionszeit besteht. Um die Auswirkung der Länge des Retentionsintervalls auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten zu untersuchen, wurden die Ergebnisse der Experimente 2A und 2B mit denen des Experiments 1 in zwei Auswertungen verglichen. In Abbildungen 6.3.1.3 sind die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben zu Objektfarben der drei Experimente - die relativen Häufigkeiten produzierter Farbangaben sowie die relativen Häufigkeiten richtiger Farbangaben - zum Vergleich zusammengestellt.

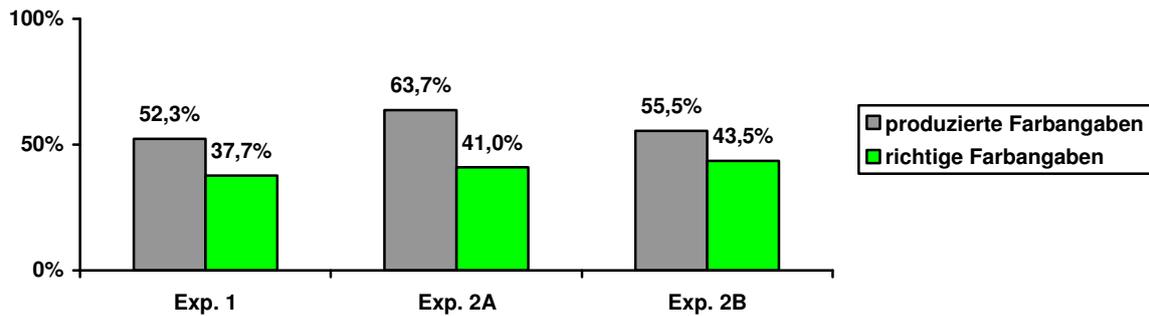


Abbildung 6.3.1.3: Relative Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben in den *cued recall*-Aufgaben der Experimente 1, 2A und 2B

In einer ersten Auswertung wurde für jeden Probanden der Experimente 1, 2A und 2B ermittelt, in welchem Umfang er zu den in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekten Farben genannt hatte und wie groß der Anteil richtiger Farbangaben an den von ihm abgegebenen Farbangaben war. Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben in den einzelnen Experimenten sind in Tabelle 6.3.1.1 aufgeführt. Mittelwertsunterschiede zwischen den drei Experimenten wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse untersucht. In dieser Auswertung ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Experimenten ermitteln. In allen drei Experimenten war sowohl die relative Häufigkeit produzierter Farbangaben ($F(2, 68) = 1,337$; $p = 0,270$) als auch die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben von vergleichbarer Höhe ($F(2, 68) = 1,276$; $p = 0,286$). Es fanden sich lediglich Trends dahingehend, dass in Experiment 2A gegenüber Experiment 1 mehr Farbangaben produziert wurden und dass im Online-Experiment 2B gegenüber Experiment 1 mehr richtige Farben angegeben wurden.

Tabelle 6.3.1.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben (Experimente 1, 2A und 2B)

	Experiment 1	Experiment 2A	Experiment 2B
produzierte Farbangaben	52,3% (s = 21,3%)	63,7% (s = 18,4%)	55,5% (s = 18,5%)
richtige Farbangaben	37,7% (s = 11,4%)	41,0% (s = 11,1%)	43,5% (s = 15,0%)

Als zweite Auswertung wurden die Antworten der Versuchsteilnehmer in den drei Experimenten insgesamt betrachtet. Es wurde jeweils ermittelt, in welchem Verhältnis sich die Antworten aller Teilnehmer eines Experiments auf die Alternativen Farbangabe gegenüber „weiß nicht“-Antwort, sowie richtiger gegenüber falscher Farbangabe verteilen. Vergleicht man die Häufigkeiten von Farbangaben gegenüber „weiß nicht“-Antworten,

zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Experimenten ($\chi^2 = 47,528$; $df = 2$; $p < 0,001$): In Experiment 2A wurden zu mehr Objekten Farben genannt als in den Experimenten 1 und 2B. Vergleicht man die Häufigkeiten von richtigen gegenüber falschen Farbangaben, zeigte sich außerdem, dass im Online-Experiment 2B mehr richtige Farben angegeben wurden als in den anderen beiden Experimenten ($\chi^2 = 12,512$; $df = 2$; $p < 0,01$).

Zwischen den drei Experimenten 1, 2A und 2B konnten signifikante Unterschiede in der Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben also nur dann nachgewiesen werden, wenn die Antworten der Probanden insgesamt betrachtet wurden. In der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2A ließen sich im Vergleich zu Experiment 1 keine signifikanten Unterschiede im Verhältnis von richtigen zu falschen Farbangaben nachweisen, in beiden Experimenten gaben die Versuchsteilnehmer Farben von Objekten mit derselben Genauigkeit an. Allerdings wurden in Experiment 2A insgesamt zu signifikant mehr Objekten Farben genannt als in Experiment 1. Dadurch konnten in der Objektfarben-Aufgabe letztendlich auch zu mehr Objekten richtige Farben angegeben werden. Insofern kann argumentiert werden, dass sich in Experiment 2A höhere Gedächtnisleistungen für Objektfarben gezeigt haben als in Experiment 1. Im Online-Experiment 2B wurden zwar nicht zu mehr Objekten Farben genannt als in Experiment 1, hier gaben die Versuchsteilnehmer Objektfarben dafür mit höherer Genauigkeit an als in Experiment 1. Somit haben sich auch in Experiment 2B höhere Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben gezeigt als in Experiment 1. Bei einem kürzeren Retentionsintervall bis zur Objektfarben-Aufgabe wurden also sowohl im Labor-Experiment 2A als auch im Online-Experiment 2B im Vergleich zu Experiment 1 Farben von Objekten langfristig in höherem Umfang erinnert.

Betrachtet man die Konfidenzurteile zu den Farbangaben in den *cued recall*-Aufgaben der drei Experimente, zeigten sich vor allem Unterschiede zwischen dem Online-Experiment 2B und den beiden Labor-Experimenten. Diese werden nach einer kurzen Darstellung der Konfidenz-Ergebnisse zu den Experimenten 2A und 2B beschrieben.

Von den in Experiment 2A produzierten Farbangaben wurden 63,5% als „unsicher“ und 35,4% als „sicher“ beurteilt. In Experiment 2B wurde das Urteil „unsicher“ zu 55,7% und „sicher“ zu 43,2% der Farbangaben abgegeben. In beiden Untersuchungen fehlten Konfidenzurteile zu 1,1% der Farbangaben (s. Abbildungen 6.3.1.4 und 6.3.1.5).

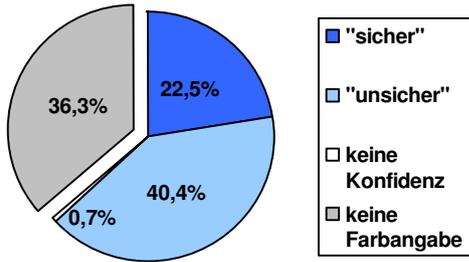


Abbildung 6.3.1.4:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „unsicher“ und als „sicher“ beurteilten Farbangaben (Experiment 2A)

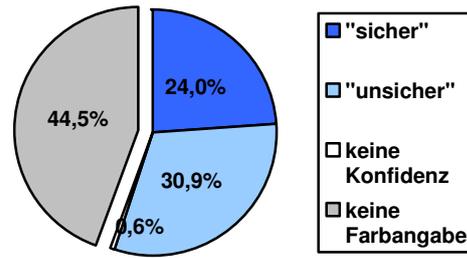


Abbildung 6.3.1.5:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „unsicher“ und als „sicher“ beurteilten Farbangaben (Experiment 2B)

Unter den als „unsicher“ beurteilten Farbangaben fanden sich in den Experimenten 2A und 2B durchschnittlich 30,8% ($s = 9,9\%$) bzw. 31,0% ($s = 13,0\%$) richtige Angaben; von den als „sicher“ beurteilten Farbangaben waren durchschnittlich 62,9% ($s = 16,6\%$) bzw. 61,9% ($s = 20,0\%$) richtig.

Um die Konfidenzurteile zu den Farbangaben in den Experimenten 1, 2A und 2B zu vergleichen, wurden die Antworten der Versuchsteilnehmer in den drei Experimenten insgesamt betrachtet. In den Abbildungen 6.3.1.6 und 6.3.1.7 ist den Anteil der als „sicher“ beurteilten Farbangaben in den drei Experimenten, sowie der Anteil richtiger Farbangaben unter den als „sicher“ und den als „unsicher“ beurteilten Farbangaben dargestellt.

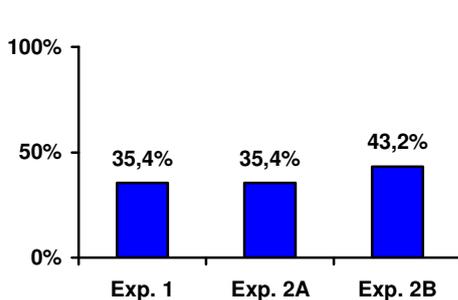


Abbildung 6.3.1.6:
Relative Häufigkeiten als „sicher“ beurteilter Farbangaben in den Experimenten 1, 2A und 2B

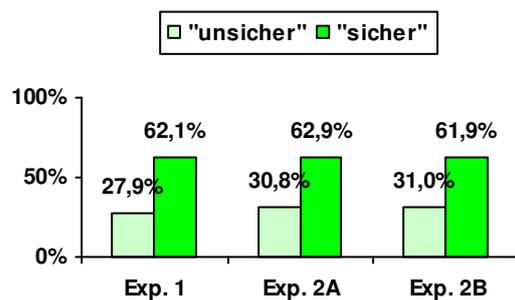


Abbildung 6.3.1.7:
Relative Häufigkeiten richtiger Farbangaben unter als „unsicher“ und „sicher“ beurteilten Antworten in den Experimenten 1, 2A und 2B

Es zeigte sich, dass im Online-Experiment 2B insgesamt wesentlich mehr Farbangaben als „sicher“ beurteilt wurden als in den beiden Labor-Experimenten ($\chi^2 = 28,362$; $df = 2$; $p <$

0,001). Betrachtet man das Verhältnis zwischen Richtigkeit der Farbangabe und Konfidenz, fanden sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Experimenten 1, 2A und 2B. Weder auf der Konfidenzstufe „unsicher“ ($\chi^2 = 2,424$; $df = 2$; $p = 0,298$) noch auf der Konfidenzstufe „sicher“ ($\chi^2 = 2,596$; $df = 2$; $p = 0,273$) konnten signifikante Unterschiede im Verhältnis von richtigen zu falschen Farbangaben nachgewiesen werden.

Obwohl die Probanden des Online-Experiments 2B Farben mit größerer Sicherheit angaben als die Teilnehmer des Labor-Experiments 2A, konnten sie Farben von Objekten nicht mit größerer Genauigkeit angeben. Verglichen mit Experiment 1 wurden Farben von Objekten im Online-Experiment 2B dagegen sowohl mit größerer Sicherheit als auch mit größerer Genauigkeit angegeben.

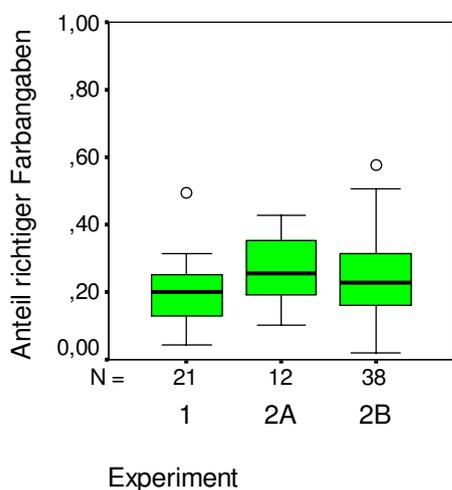


Abbildung 6.3.1.8: Relative Häufigkeiten richtiger Farbangaben von allen abgefragten Objekten in den *cued recall*-Aufgaben der Experimente 1, 2A und 2B

Wie beschrieben, ließen sich zwischen den Experimenten 1, 2A und 2B signifikante Unterschiede in dem Umfang nachweisen, in dem Farben von Objekten langfristig erinnert wurden. Trotz dieser Unterschiede kann festgestellt werden, dass Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in den Experimenten 2A und 2B nur geringfügig besser ausfielen als in Experiment 1. Wie Abbildung 6.3.1.8 verdeutlicht, wurden in den drei Experimenten größtenteils relative Häufigkeiten richtiger Farbangaben von ähnlicher Höhe erzielt. Zusätzlich erwiesen sich die ermittelten Farbgedächtnisleistungen als qualitativ sehr ähnlich. Betrachtet man, wie häufig zu einzelnen Objektitems die richtigen Farben angegeben wurden, ergaben sich zwischen den Experimenten jeweils vergleichsweise hohe positive Korrelationen (Exp. 1 vs. Exp. 2A: $r = .679$, $p < 0,001$; Exp. 1 vs. Exp. 2B: $r = .793$, $p < 0,001$; Exp. 2A vs. Exp. 2B: $r = .718$, $p < 0,001$). Zwischen den drei Untersuchungen bestanden also Parallelen

darin, von welchen Objekten Farben gut erinnert werden konnten und von welchen weniger gut. Insgesamt gesehen gleichen sich die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben zu Objektfarben der Experimente 1, 2A und 2B also in mehrfacher Hinsicht.

6.3.1.2.3 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

In der Studierphase von Experiment 2A erhielten durchschnittlich 111,2 der 119 in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekte beim Betrachten der Szenen mindestens einen Klick; in Experiment 2B waren es 92,6 der 99 Objektitems; 7,8 bzw. 6,4 Objekte wurden durchschnittlich kein einziges Mal angeklickt.

In den Experimenten 2A und 2B wurden in den *cued recall*-Aufgaben zu 33,4% ($s = 17,6\%$) bzw. 43,0% ($s = 17,8\%$) der angeklickten Objekte sowie zu 47,6% ($s = 20,6\%$) bzw. 56,5% ($s = 32,7\%$) der nicht angeklickten Objekte keine Farben genannt. Von den Farbangaben, die zu angeklickten Objekten abgegeben wurden, waren durchschnittlich 41,5% ($s = 11,9\%$) bzw. 43,9% ($s = 15,2\%$) richtig; die Farbangaben zu nicht angeklickten Objekten waren durchschnittlich zu 38,7% ($s = 31,1\%$) bzw. 31,6% richtig ($s = 37,4\%$; s. Abbildungen 6.3.1.9 bis 6.3.1.12).

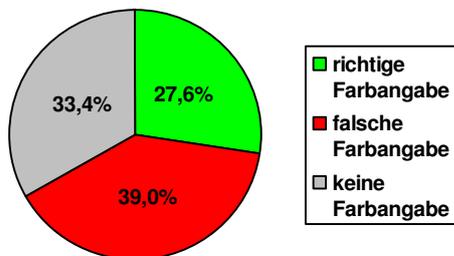


Abbildung 6.3.1.9:
Angeklickte Objekte:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben (Experiment 2A)

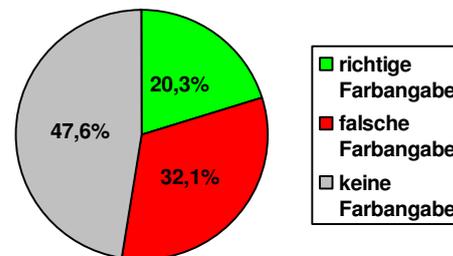


Abbildung 6.3.1.10:
Nicht angeklickte Objekte:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben (Experiment 2A)

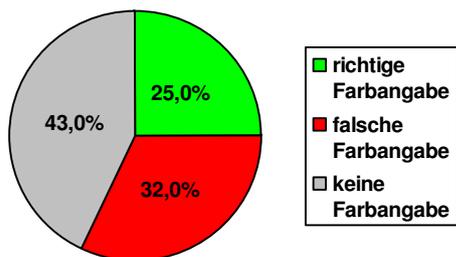


Abbildung 6.3.1.11:
 Angeklickte Objekte:
 Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger,
 falscher und keiner Farbangaben (Experiment 2B)

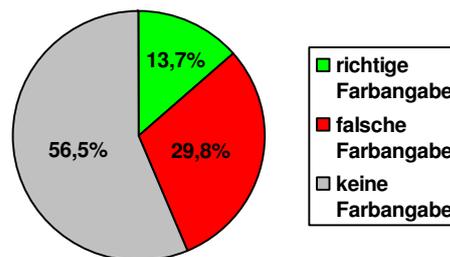


Abbildung 6.3.1.12:
 Nicht angeklickte Objekte:
 Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger,
 falscher und keiner Farbangaben (Experiment 2B)

Der in Experiment 1 beobachtete Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekte in der Studierphase Aufmerksamkeit erhalten haben, und späteren Gedächtnisleistungen für Objektfarben wurde in Experiment 2A und 2B mit denselben Auswertungen untersucht (vgl. 6.2.2.3).

Für die erste Auswertung wurden die Objekte, zu denen ein Proband in der *cued recall*-Aufgabe eine Farbe genannt hatte, wie in Experiment 1 je nach der Anzahl Klicks, die sie in der Studierphase erhalten hatten, in vier Gruppen unterteilt. Die vier Gruppen bestanden erneut aus Objekten, die keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickt worden waren. Für jeden Probanden wurde der Anteil richtiger Farbangaben an den produzierten Farbangaben pro Objektgruppe ermittelt; Unterschiede zwischen den vier Gruppen wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht, wobei eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade durchgeführt wurde. Tabelle 6.3.1.2 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Häufigkeiten richtiger Farbangaben in den vier Objektgruppen der Experimente 2A und 2B.

Tabelle 6.3.1.2: Relative Häufigkeit richtiger Farbangaben zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Experimente 2A und 2B)

Objektgruppe	Experiment 2A	Experiment 2B
0 Klicks	37,29% (s = 36,89%)	22,10% (s = 34,30%)
1-2 Klicks	41,52% (s = 19,23%)	40,95% (s = 24,81%)
3 Klicks	42,18% (s = 10,86%)	41,26% (s = 21,98%)
3 < Klicks	43,55% (s = 21,51%)	47,66% (s = 21,77%)

Wie in Experiment 1 ergab sich in den beiden Experimenten 2A und 2B eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Trefferrate zwischen den vier Objektgruppen: Je häufiger ein Objekt in der Studierphase angeklickt worden war, desto höher lag der Anteil richtiger Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe. Im Online-Experiment 2B erwiesen sich diese Gruppenunterschiede als signifikant ($F(2,278, 84,284) = 6,610$; $p < 0,01$; $\varepsilon^2 = 0,152$), im Labor-Experiment 2A jedoch nicht ($F(1,465, 16,110) = 0,155$; $p = 0,791$; $\varepsilon^2 = 0,014$). Für Experiment 2B zeigte sich in a posteriori Einzelvergleichen mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung, dass sich die Gruppe der nicht angeklickten Objekte von der Gruppe der mehr als dreimal angeklickten Objekte signifikant unterscheidet. Verglichen mit Experiment 1 erwiesen sich somit weniger Paarvergleiche als signifikant.

Für die zweite Auswertung wurde eine Aufteilung der Objektitems ausgehend von den Ergebnissen der *cued recall*-Aufgabe vorgenommen. Die Objekte, die ein Proband in der *cued recall*-Aufgabe bearbeitet hatte, wurden in drei Gruppen unterteilt, abhängig davon, ob ihre Farbe richtig, falsch oder nicht angegeben worden war. Für jede dieser drei Gruppen wurde die durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte dieser Gruppe in der Studierphase erhalten hatten; Unterschiede zwischen den drei Objektgruppen wurden dann in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht, dabei wurde eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen. Tabellen 6.3.1.3 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der drei Gruppen in den Experimenten 2A und 2B.

Tabelle 6.3.1.3: Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen keine, falsche und richtige Farben genannt wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Experimente 2A und 2B)

Objektgruppe	Experiment 2A	Experiment 2B
keine Farbangabe	2,46 (s = 0,65)	3,22 (s = 1,11)
falsche Farbangabe	3,19 (s = 0,76)	3,76 (s = 1,54)
richtige Farbangabe	3,23 (s = 0,57)	4,08 (s = 1,80)

Wie schon in Experiment 1 ergab sich in den Experimenten 2A und 2B eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Anzahl Klicks zwischen den drei Objektgruppen: Objekte, deren Farben in der *cued recall*-Aufgabe richtig angegeben wurden, waren zuvor am häufigsten angeklickt worden, Objekte, deren Farben falsch angegeben wurden, hatten etwas weniger Klicks erhalten, und Objekte, deren Farben nicht angegeben wurden, waren in der

Studierphase am wenigsten angeklickt worden. Diese Gruppenunterschiede erwiesen sich sowohl in Experiment 2A als auch in Experiment 2B als signifikant (2A: $F(1,813, 19,945) = 10,268$; $p < 0,01$; $\varepsilon^2 = 0,483$; 2B: $F(1,481, 54,796) = 18,975$; $p < 0,001$; $\varepsilon^2 = 0,339$). A posteriori Einzelvergleiche mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung ergaben für Experiment 2B signifikante Unterschiede zwischen allen drei Objektgruppen. In Experiment 2A unterschied sich die Gruppe der Objekte, deren Farben in der *cued recall*-Aufgabe nicht angegeben wurden, in der durchschnittlichen Anzahl Klicks signifikant von den beiden Gruppen von Objekten, deren Farben falsch angegeben und deren Farben richtig angegeben wurden. Verglichen mit Experiment 1 erwiesen sich in dieser Auswertung in Experiment 2A dieselben Einzelvergleiche als signifikant, in Experiment 2B konnten mehr signifikante Paarvergleiche beobachtet werden.

Als dritte Auswertung wurden Korrelationen über Objektitems berechnet. Für jedes Objekt wurde aufsummiert, wie oft es von allen Probanden in der Studierphase angeklickt worden war und wie oft seine Farbe in der *cued recall*-Aufgabe von allen Probanden angegeben bzw. richtig angegeben werden konnte. Kleine, aber signifikante positive Korrelationen ließen sich in den Experimenten 2A und 2B wie in Experiment 1 zwischen der Anzahl Klicks auf Objekte und der Anzahl der Farbangaben nachweisen, die zu den jeweiligen Objekten abgegeben worden waren (2A: $r = .197$; $p < 0,05$; 2B: $r = .268$; $p < 0,01$). Die Anzahl Klicks auf Objekte korreliert jedoch nur in Experiment 2B positiv mit der Anzahl der richtigen Farbangaben zu einzelnen Objekten (2A: $r = .146$; $p = 0,113$; 2B: $r = .200$; $p < 0,05$). Insgesamt gesehen fielen die Korrelationen in den Experimenten 2A und 2B deutlich kleiner aus als in Experiment 1 und erwiesen sich als weniger signifikant.

Ein Zusammenhang zwischen Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben und dem Ausmaß, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen spontan visuelle Aufmerksamkeit zugewandt worden war, zeigte sich für die Experimente 2A und 2B zwar nicht in jeder Art Auswertung. In beiden Untersuchungen ließen sich jedoch mehrere Belege dafür finden, dass Farben von Objekten, die während des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode in der Studierphase häufiger angeklickt und somit stärker beachtet worden waren, besser erinnert wurden als Farben von Objekten, die seltener angeklickt und daher weniger stark beachtet worden waren.

6.3.1.3 Diskussion Experiment 2A und 2B

Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben

Die Ergebnisse der Experimente 2A und 2B können die des Experiments 1 zum Langzeitgedächtnis für Farben von Objekten in natürlichen Szenen weitgehend replizieren: Im Labor-Experiment 2A waren alle Probanden in der Lage, Objektfarben langfristig in signifikantem Umfang zu erinnern, obwohl sie beim Betrachten der Szenen in der Studierphase nicht auf das Merkmal Farbe hingewiesen worden waren und auch kein Gedächtnistest zu Objektfarben angekündigt worden war. Im Online-Experiment 2B konnten signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten bei knapp 95% der Versuchsteilnehmer nachgewiesen werden. Bei zwei Probanden war es allerdings selbst dann nicht möglich, signifikante Farbgedächtnisleistungen zu ermitteln, wenn allein die Objekte betrachtet wurden, die beim Aufmerksamkeitstest in der Studierphase angeklickt, also mit Sicherheit beachtet worden waren. Da sich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben grundsätzlich auch in einer über das Internet durchgeführten Untersuchung finden lassen, scheinen die gewonnenen Ergebnisse nicht an die streng kontrollierbaren Bedingungen eines Labor-Experiments gebunden zu sein. Die Ergebnisse der Experimente 1, 2A und 2B stellen somit einen soliden Nachweis dafür dar, dass Farben von Objekten beim Wahrnehmen natürlicher Szenen inzidentell gelernt und langfristig erinnert werden können.

Die vorliegenden Untersuchungen sprechen deutlich für Hollingworths und Hendersons *visual memory theory* und zeigen, dass *visual transience*-Ansätze wie Rensinks *coherence theory* und Irwins *object file theory of transsaccadic memory* nicht ausreichen, um visuelle Gedächtnisprozesse beim Wahrnehmen von natürlichen Szenen zu erklären. Objekt-*token*-Repräsentationen, die detaillierte Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen umfassen, werden offenbar nicht nur im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert, sondern auch im visuellen Langzeitgedächtnis. Von zuvor beachteten Objekten kann langfristig nicht nur konzeptuelle Information, sondern auch visuelle Oberflächeninformation abgerufen werden. Den Beleg für die *visual memory theory* kann mit den Ergebnissen der Experimente 1, 2A und 2B ein weiterer Beleg hinzugefügt werden: Nicht nur Objekt-*token*-Merkmale und die räumliche Orientierung eines Objekts, sondern auch seine Farbe sind visuelle Oberflächenmerkmale, die langfristig erinnert werden können.

Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in den Experimenten 1, 2A und 2B

In den drei bislang durchgeführten Untersuchungen wurden Farben langfristig stets nur von einem kleinen Teil der in der Studierphase gezeigten Objekte erinnert. Zu einem Großteil der

Objekte gaben die Teilnehmer an, sich nicht an Farben zu erinnern, oder sie nannten falsche Farben. Obwohl es grundsätzlich möglich ist, Farben von Objekten in Szenen inzidentell zu lernen, geschieht dies unter den gewählten experimentellen Bedingungen offenbar nur in geringem Umfang. In den Experimenten 1, 2A und 2B konnte kein Versuchsteilnehmer die Farben von mehr als 60% der abgefragten Objekte korrekt angeben; durchschnittlich konnten die Teilnehmer der drei Experimente zu knapp 25% der Objektitems der *cued recall*-Aufgabe die richtigen Farben nennen. Ein gemeinsames Ergebnis der bislang durchgeführten Untersuchungen scheint also zu sein, dass Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig zwar signifikant, aber doch eher ausschnitthaft erinnert werden. In diesem Zusammenhang erscheint das Ausbleiben signifikanter Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben bei zwei Probanden des Online-Experiments 2B nicht mehr als außergewöhnlicher Befund, sondern lässt sich als Folge dieser üblicherweise zu findenden geringen Farbgedächtnisleistungen erklären.

Hält man sich vor Augen, in welchem geringem Umfang Farben von Objekten in den drei vorliegenden Untersuchungen erinnert wurden, wird verständlich, warum eine *visual transience*-Annahme aufgestellt wurde. Zumindest in Hinblick auf das hier untersuchte Objektmerkmal Farbe scheinen von einem Großteil der Objekte innerhalb natürlicher Szenen langfristig tatsächlich keine Gedächtnisrepräsentationen erhalten zu bleiben, die Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen umfassen. Die starke Version der *visual transience*-Annahme, dass von Objekten in natürlichen Szenen langfristig *grundsätzlich* keine visuelle Oberflächeninformation gespeichert wird, hat sich jedoch als unzutreffend erwiesen. Obwohl in den vorliegenden Untersuchungen lediglich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben von geringer Höhe nachgewiesen werden konnten, ist es dennoch prinzipiell möglich, Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen langfristig zu erinnern, selbst wenn beim Wahrnehmen der Szenen keine Intention dazu besteht.

Da Farben in allen drei bislang durchgeführten Experimenten nur von einem kleinen Teil der innerhalb der Szenen gezeigten Objekte richtig angegeben werden konnten, scheint es offenbar keine einfache Aufgabe zu sein, Objektfarben unter den gewählten Versuchsbedingungen inzidentell zu lernen. Wahrscheinlich haben bestimmte Aspekte des experimentellen Designs einen Einfluss darauf, inwieweit Farben von Objekten erinnert werden können.

Durch einen Vergleich der Experimente 2A und 2B mit Experiment 1 konnte ein Einfluss der Länge der Retentionszeit bis zur Objektfarben-Aufgabe ermittelt werden. Bei einer um 20 Minuten kürzeren Retentionszeit in den Experimenten 2A und 2B zeigten sich höhere Gedächtnisleistungen für Objektfarben: Bei gleicher Genauigkeit der Farbangaben nannten die Probanden in der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2A zu mehr Objekten Farben als in Experiment 1. Da die Versuchsteilnehmer dadurch zu einem größeren Teil der in der Studierphase präsentierten Objekte die richtigen Farben angeben konnten, können die Gedächtnisleistungen für Objektfarben in Experiment 2A im Vergleich zu Experiment 1 als besser bezeichnet werden. In den Antworten der Objektfarben-Aufgabe von Experiment 2B zeigte sich ein signifikant höherer Anteil richtiger Farbangaben als in Experiment 1, zusätzlich konnten Farben von Objekten in Experiment 2B mit deutlich höherer Sicherheit angegeben werden. Die Länge der Retentionszeit bis zur Objektfarben-Aufgabe stellt also einen Aspekt des Untersuchungsdesigns dar, der Auswirkungen darauf hat, inwieweit Farben von Objekten erinnert werden können. Mögliche Ursachen für das schlechtere Erinnern von Objektfarben in Experiment 1 können Interferenzeffekte durch die vor der Objektfarben-Aufgabe durchgeführten zusätzlichen Gedächtnistests zu Szenen- und Objekt-*type*-Information sein oder ein Zerfall gespeicherter Gedächtnisspuren während der längeren Zeit zwischen Studier- und Gedächtnistestphase. Obwohl ein signifikanter Einfluss der Retentionszeit ermittelt werden konnte, wird dieser aber als eher gering beurteilt. Auch wenn Objektfarben wie in Experiment 2A und 2B kurz nach der Szenenpräsentation abgefragt werden, können Farben nur von einem Teil der Objekte innerhalb den Szenen angegeben werden.

In den im Folgenden beschriebenen Labor-Experimenten 2C und 2D wurde der Einfluss der experimentellen Bedingungen auf die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben weiter untersucht. In Experiment 2C wurde ermittelt, inwieweit der während der Szenenpräsentation durchgeführte Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode einen Einfluss auf das inzidentelle Lernen von Objektfarben hat. In Experiment 2D wurde der Frage nachgegangen, inwieweit Versuchsteilnehmer Objektfarben unter den gewählten Untersuchungsbedingungen erinnern können, wenn sie in der Studierphase gezielt versuchen, sich diese einzuprägen. So sollte eine Art Obergrenze ermittelt werden, bis zu der Farben von Objekten innerhalb des gewählten experimentellen Settings gelernt und langfristig erinnert werden können.

Gedächtnis für Objektfarben und Aufmerksamkeit

In Experiment 1 hatte sich in mehreren Auswertungen ein Zusammenhang gezeigt zwischen dem Umfang, in dem Objekten in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt worden war - gemessen über die Anzahl Klicks während des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode - und dem langfristigen Erinnern von Objektfarben. Dieser Zusammenhang ließ sich auch in den Experimenten 2A und 2B nachweisen: Farben von Objekten, die im Aufmerksamkeitstest häufiger angeklickt worden waren, konnten besser erinnert werden als Farben von Objekten, die seltener angeklickt worden waren. Je stärker ein Objekt beim Betrachten der Szenen beachtet worden war, desto besser konnte seine Farbe erinnert werden. Insgesamt scheint der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeits- und Langzeitgedächtnisdaten eher schwach zu sein. Dass alle drei bislang durchgeführten Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen führten, bestärkt jedoch die Vermutung, dass es sich hierbei womöglich um einen konsistenten Effekt handelt.

Der beobachtete Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben zeigt möglicherweise eine Art Konsolidierungsprozess an. Durch ein längeres oder wiederholtes Zuwenden von Aufmerksamkeit zu einem Objekt könnten im visuellen Arbeitsgedächtnis vorhandene Objektrepräsentationen konsolidiert werden, sodass Repräsentationen im visuellen Langzeitgedächtnis aufgebaut werden, die langfristig mit größerer Wahrscheinlichkeit abrufbar bleiben. Der ermittelte Zusammenhang ist dabei unter Umständen aus dem Grund eher klein, da noch weitere Faktoren darauf Einfluss nehmen, ob die Farbe eines Objekts langfristig erinnert wird oder nicht. Weitere Einflussfaktoren, die sich nicht in dem Aufmerksamkeitsmaß Klicks widerspiegeln, könnten beispielsweise das Interesse einer Person an einem bestimmten Objekt in einer Szene sein oder die Intensität, mit der sich eine Person mit einem Objekt beschäftigt, quasi die Tiefe, mit der Information zu einem Objekt verarbeitet wird. Aufmerksamkeit wäre somit nur ein Faktor unter vielen, der für den Aufbau visueller Langzeitgedächtnisrepräsentationen von Objekten relevant ist.

Um dieser Vermutung weiter nachzugehen, wurde ein Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekte in der Studierphase Aufmerksamkeit erhalten, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben auch in folgenden Experimenten untersucht. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zu dieser Fragestellung sowie mögliche Erklärungen für diesen Effekt werden in Kapitel 7 ausführlich diskutiert.

6.3.2 Experiment 2C

In den vorangegangenen Experimenten hatte sich wiederholt gezeigt, dass Probanden Farben von Objekten in natürlichen Szenen unter den gewählten Versuchsbedingungen langfristig nur ausschnittthaft erinnern können. Zwar sind sie in der Lage, etwas höhere Gedächtnisleistungen zu erzielen, wenn bis zur Objektfarben-Aufgabe weniger Zeit verstreicht, dennoch scheint es unter den gewählten experimentellen Bedingungen schwierig zu sein, die Farben der innerhalb der Szenen gezeigten Objekte inzidentell zu lernen und langfristig zu erinnern. Ein Faktor, der für die geringe Höhe der Farbgedächtnisleistungen in den vorausgegangenen Experimenten verantwortlich sein könnte, ist der während der Studierphase durchgeführte Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode. Validierungsstudien hatten ergeben, dass Gedächtnisleistungen geringer ausfallen, wenn die Mausclick-Methode zum Einsatz kommt, verglichen damit, dass Probanden das gezeigte Material einfach nur betrachten (vgl. 5.2.2). Aufgrund dieser Ergebnisse erscheint es wahrscheinlich, dass das Durchführen des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode während der Präsentation der Szenen das inzidentelle Lernen von Objektfarben in den vorliegenden Untersuchungen ebenfalls beeinträchtigt.

Ziel von Experiment 2C war es nun, einen möglichen Einfluss der Mausclick-Methode auf Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben zu untersuchen. Dazu wurde - im Gegensatz zu allen anderen Experimenten - während der Studierphase kein Aufmerksamkeitstest durchgeführt, und die Teilnehmer wurden lediglich angewiesen, die ihnen präsentierten Szenen zu betrachten. Um zu ermitteln, inwieweit sich der Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode störend auf das inzidentelle Lernen von Objektfarben auswirkt, wurden die Ergebnisse von Experiment 2C mit denen von Experiment 2A verglichen. Die beiden Experimente waren ähnlich aufgebaut, der einzige Unterschied bestand in dem Einsatz des Aufmerksamkeitstests.

6.3.2.1 Methode Experiment 2C

6.3.2.1.1 Stichprobe

An Experiment 2C nahmen 12 Studenten (12 weiblich) der Universität Hamburg im Alter zwischen 21 und 42 Jahren teil (im Mittel 25,2 Jahre).

6.3.2.1.2 Vorgehen

Anders als in allen anderen Untersuchungen, kam die Mausclick-Methode in Experiment 2C nicht zum Einsatz. Abgesehen von diesem Unterschied wurde das Experiment weitgehend so durchgeführt wie unter 6.1 beschrieben. Da kein Aufmerksamkeitstest eingesetzt wurde, konnte das Klicktraining entfallen. Vor Beginn der Szenenpräsentation erhielten die Versuchsteilnehmer dieselben Anweisungen wie die Teilnehmer der Experimente 1, 2A und 2B, nur wurden sie dabei nicht zur Mausclick-Methode instruiert. Während der Studierphase hatten die Teilnehmer von Experiment 2C somit lediglich die Aufgabe, die ihnen präsentierten Szenen zu betrachten. Nach der Studierphase und der Distraktorphase wurde die *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben durchgeführt (s. 6.2.1.5), in der Farben von 119 Objekten abgefragt wurden. Die Bearbeitung der Objektfarben-Aufgabe dauerte durchschnittlich 17 Minuten und begann durchschnittlich eine Minute, nachdem die dritte Präsentation der Szenen abgeschlossen war. Insgesamt dauerte das Experiment 2C durchschnittlich 28 Minuten.

6.3.2.2 Ergebnisse Experiment 2C

6.3.2.2.1 Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

Auch in Experiment 2C zeigte sich erneut, dass Versuchsteilnehmer die Farben der innerhalb der Szenen gezeigten Objekte in der Testphase nicht umfassend wiedergeben können. In der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2C gaben die Teilnehmer durchschnittlich zu 64,6% ($s = 24,2\%$) der abgefragten Objekte eine Farbe an, zu 35,4% der Objekte gaben sie an, sich nicht an die Farbe zu erinnern. Von den produzierten Farbangaben waren durchschnittlich 43,8% ($s = 13,7\%$) richtig. Es wurden also durchschnittlich zu 26,3% ($s = 9,6\%$) der in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekten die richtigen Farben angegeben und zu 38,3% der Objekte die falschen Farben ($s = 20,1\%$; s. Abbildung 6.3.2.1).

Um die Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2C auf Signifikanz zu prüfen, wurde wie in den vorangegangenen Experimenten für jeden Probanden ermittelt, ob der Anteil richtiger Farbangaben an den produzierten Farbangaben über dem angenommenen Zufallsniveau von 1/11 liegt. Einseitige Binomialtests ergaben, dass der Anteil richtiger Farbangaben in den Antworten aller Probanden den Wert

von 1/11 signifikant übertrifft ($p < 0,001$; $n = 12$). Auch in Experiment 2C ließen sich somit signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachweisen.

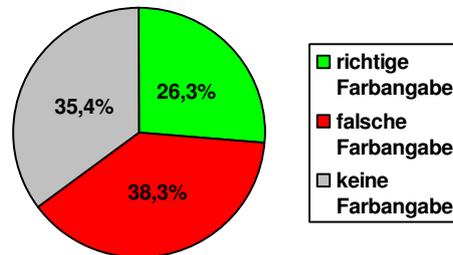


Abbildung 6.3.2.1: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben (Experiment 2C)

6.3.2.2.2 Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in Experiment 2A und Experiment 2C

Um zu überprüfen, inwieweit sich der Einsatz des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode in den vorangegangenen Experimenten auf das langfristige Erinnern von Objektfarben ausgewirkt hat, wurden die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2C mit denen von Experiment 2A verglichen. Die Versuchsbedingungen der beiden Experimente unterschieden sich lediglich darin, dass in Experiment 2C während der Studierphase kein Aufmerksamkeitstest durchgeführt wurde. Für den Vergleich der Experimente 2C und 2A wurden dieselben Auswertungen vorgenommen wie unter 6.3.1.2.2 beschrieben. In Abbildung 6.3.2.2 sind die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben zu Objektfarben der Experimente 2A und 2C gegenübergestellt.

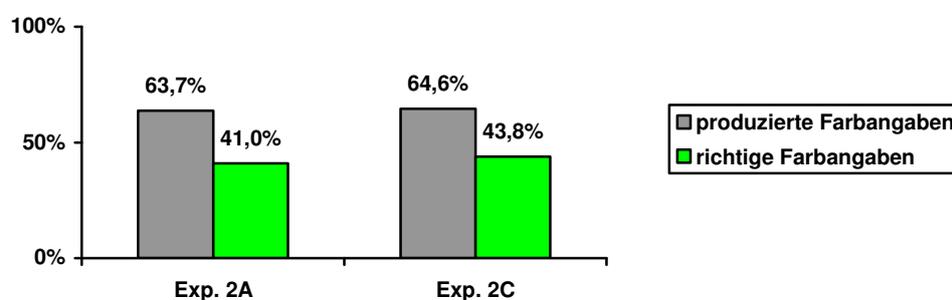


Abbildung 6.3.2.2: Relative Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben in den *cued recall*-Aufgaben der Experimente 2A und 2C

In einer ersten Auswertung wurde für jeden Probanden ermittelt, in welchem Umfang er zu den in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekten Farben genannt hatte und wie groß der Anteil richtiger Farbangaben an den produzierten Farbangaben ausfiel. Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben in den einzelnen Experimenten sind in Tabelle 6.3.2.1 aufgeführt. Um Mittelwertsunterschiede zwischen den Experimenten 2A und 2C zu untersuchen, wurden t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. Obwohl numerische Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Experimente bestanden, erwiesen sich diese nicht als signifikant. Die Teilnehmer der Experimente 2A und 2C gaben in den *cued recall*-Aufgaben sowohl in ähnlichem Umfang Farben an ($t = 0,080$; $df = 22$; $p = 0,937$) und nannten auch ähnlich viele richtige Farben ($t = 0,554$; $df = 22$; $p = 0,585$).

Tabelle 6.3.2.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben (Experimente 2A und 2C)

	Experiment 2A	Experiment 2C
produzierte Farbangaben	63,7% (s = 18,4%)	64,4% (s = 24,2%)
richtige Farbangaben	41,0% (s = 11,1%)	43,8% (s = 13,7%)

Als zweite Auswertung wurden die Antworten in den Objektfarben-Aufgaben der beiden Experimente insgesamt betrachtet. Es wurde verglichen, zu welchen Anteilen sich die Antworten aller Probanden auf die Antwortmöglichkeiten „Farbangabe“ gegenüber „weiß nicht“-Antwort, sowie richtiger gegenüber falscher Farbangabe verteilen. Zwischen den Ergebnissen der *cued recall*-Aufgaben von Experiment 2A und 2C konnten erneut keinerlei signifikante Unterschiede festgestellt werden. Es zeigte sich, dass sowohl vergleichbar oft mit „weiß nicht“ geantwortet wurde ($\chi^2 = 0,469$; $df = 1$; $p = 0,493$) als auch dass in vergleichbarem Umfang richtige Farben angegeben wurden ($\chi^2 = 0,035$; $df = 1$; $p = 0,852$).

Auch hinsichtlich der Konfidenzurteile, die zu den Farbangaben abgegeben wurden, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Experimenten 2A und 2C festgestellt werden. Von den in Experiment 2C produzierten Farbangaben wurden 60,7% als „unsicher“ und 38,2% als „sicher“ beurteilt; zu 1,1% der Farbangaben wurde kein Konfidenzurteil abgegeben (s. Abbildung 6.3.2.4). Obwohl in Experiment 2C numerisch etwas mehr Farbangaben als „sicher“ beurteilt wurden, erwies sich dieser Unterschied nicht als signifikant ($\chi^2 = 1,518$; $df = 1$; $p = 0,218$).

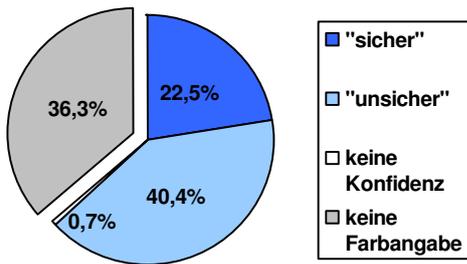


Abbildung 6.3.2.3:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „unsicher“ und als „sicher“ beurteilten Farbangaben (Experiment 2A)

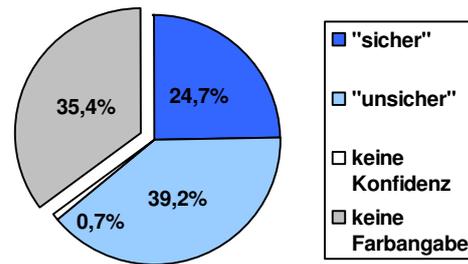


Abbildung 6.3.2.4:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „unsicher“ und als „sicher“ beurteilten Farbangaben (Experiment 2C)

Auch in dem Verhältnis zwischen Richtigkeit der Farbangabe und Konfidenz bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Experimenten. Unter den als „unsicher“ beurteilten Farbangaben fanden sich in Experiment 2C durchschnittlich 31,4% ($s = 16,6\%$) richtige Angaben; von den als „sicher“ beurteilten Farbangaben waren durchschnittlich 59,9% ($s = 25,5\%$) richtig. Sowohl auf der Konfidenzstufe „unsicher“ ($\chi^2 = 0,121$; $df = 1$; $p = 0,728$) als auch auf der Konfidenzstufe „sicher“ ($\chi^2 = 0,228$; $df = 1$; $p = 0,633$) zeigte sich in Experiment 2C ein vergleichbares Verhältnis von richtigen zu falschen Farbangaben wie in Experiment 2A (s. Abbildung 6.3.2.5).

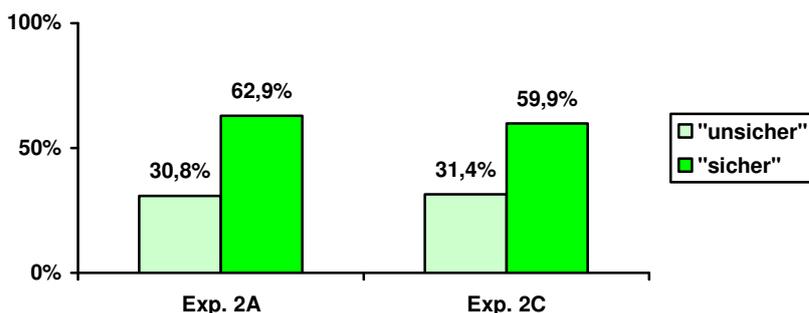


Abbildung 6.3.2.5: Relative Häufigkeiten richtiger Farbangaben unter als „unsicher“ und „sicher“ beurteilten Antworten in den Experimenten 2A und 2C

Farben von Objekten werden also vergleichbar gut inzidentell gelernt und langfristig erinnert, wenn während der Präsentation der Szenen ein Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode durchgeführt wird oder wenn die Probanden die Szenen einfach nur betrachten.

Weder die Genauigkeit der Farbangaben noch die Sicherheit, mit der Farben genannt wurden, unterschied sich in den Experimenten 2A und 2C signifikant. Die Ergebnisse der beiden Untersuchungen gleichen sich stark. Der Anteil richtiger Farbangaben, den die Teilnehmer in den *cued recall*-Aufgaben erzielten, lag größtenteils in demselben Wertebereich (s. Abbildung 6.3.2.6). Vergleicht man, wie oft in den Experimenten zu einzelnen Objektitems die richtigen Farben angegeben wurden, ergab sich eine signifikante positive Korrelation ($r = .600$; $p < 0,001$). Dies verdeutlicht zusätzlich, wie ähnlich sich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in den Experiment 2A und 2C sind.

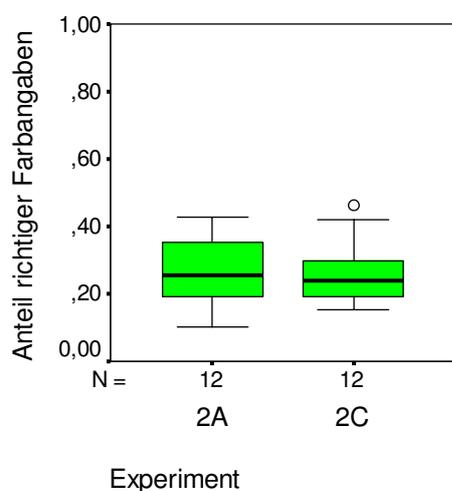


Abbildung 6.3.2.6: Relative Häufigkeit richtiger Farbangaben von allen abgefragten Objekten in *cued recall*-Aufgaben der Experimente 2A und 2C

6.3.2.3 Diskussion Experiment 2C

Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben

Ein Vergleich der Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben der Experimente 2A und 2C hat ergeben, dass sich Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen nicht signifikant unterscheiden, wenn während der Studierphase ein Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode durchgeführt wird oder nicht. Dies war ein überraschendes Ergebnis, da gemäß den Ergebnissen der Validierungsstudien zur Mausclick-Methode vermutet worden war, dass sich der während der Szenenpräsentation durchgeführte Aufmerksamkeitstest störend auf das Lernen von Objektfarben auswirkt. In Experiment 2C war dies jedoch nicht der Fall. Aus den hier ermittelten Ergebnissen zu schließen, dass das Durchführen eines Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode während der

Präsentation natürlicher Szenen grundsätzlich keinerlei Einfluss auf das inzidentelle Lernen von Objektfarben hat, erscheint zu weitgehend. Es kann jedoch festgestellt werden, dass der Aufmerksamkeitstest während der Studierphase zumindest keinen so großen Einfluss auf das Erinnern von Objektfarben hat wie die Länge der Retentionszeit bis zum Farbgedächtnistest. Da in Experiment 2C kein Aufmerksamkeitstest durchgeführt wurde, lässt sich allerdings nicht ermitteln, ob die Versuchsteilnehmer den einzelnen Objekten in den Szenen in diesem Experiment ähnlich umfassend Aufmerksamkeit zugewandt haben wie in Experiment 2A. Wenn die Teilnehmer von Experiment 2C insgesamt weniger Objekte beachtet hätten als die Teilnehmer von Experiment 2A, könnten sie Farben von weniger Objekten gelernt haben. Wenn sie Objektfarben dafür aber mit größerer Genauigkeit gelernt hätten, könnte dies dazu geführt haben, dass sich in der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2C insgesamt dennoch ähnlich hohe Gedächtnisleistungen zeigen wie in Experiment 2A. Es ist daher nicht auszuschließen, dass die Teilnehmer von Experiment 2C Farben von Objekten doch in höherem Umfang lernen konnten. Diese Möglichkeit lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht ausschließen, sie wurde aber nicht als sehr wahrscheinlich angesehen.

Was die Einsatzmöglichkeiten der Mausclick-Methode im Rahmen von Gedächtnisuntersuchungen angeht, ergibt sich aus Experiment 2C ein positives Bild: Anders als in Validierungsstudien beobachtet (Scheier, 2003), scheint sich dieser neue Aufmerksamkeitstest nicht störend auf die Gedächtnisbildung auszuwirken, was das inzidentelle Lernen eines visuellen Oberflächenmerkmals wie Objektfarbe angeht. Ein interferierender Effekt der Mausclick-Methode besteht also offensichtlich nicht immer. Unter welchen Umständen die Methode Gedächtnisleistungen mindert, bleibt noch genauer zu untersuchen. Die Ergebnisse von Experiment 2C verdeutlichen jedoch, dass Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode in Untersuchungen, wie den hier durchgeführten, durchaus eine gute Alternative zu Blickbewegungsmessungen darstellen. Die Vorteile der Methode, Aufmerksamkeitsdaten auf ökonomische und einfache Art zu erheben (vgl. 5.2), werden nicht durch störende Effekte beim Lernen des Testmaterials geschmälert.

Da sich in Experiment 2C gezeigt hat, dass der Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben hat, bleibt die Frage bestehen, warum Farben von Objekten unter den gewählten Versuchsbedingungen nur ausschnitthaft von einem Teil der innerhalb der Szenen gezeigten Objekte erinnert werden können. Dieser Frage wurde in Experiment 2D weiter nachgegangen.

6.3.3 Experiment 2D

In den bislang durchgeführten Experimenten 1, 2A, 2B und 2C hatte sich durchgehend gezeigt, dass Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig zwar in signifikantem, aber doch eher geringem Umfang erinnert wurden. In einem Vergleich der Experimente 2A und 2B mit Experiment 1 wurde deutlich, dass die Länge der Retentionszeit bis zur Objektfarben-Aufgabe in geringem, aber signifikantem Ausmaß beeinflusst, inwieweit Farben von Objekten erinnert werden. Ein Vergleich von Experiment 2C mit Experiment 2A ergab, dass der während der Studierphase durchgeführte Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben hat. Es stellt sich die Frage, was die Ursache dafür ist, dass in den bislang durchgeführten Experimenten Farben langfristig nur von einigen wenigen Objekten erinnert wurden.

Betrachtet man Gedächtnisaufgaben im Allgemeinen, ist festzustellen, dass die Höhe von Gedächtnisleistungen durch eine ganze Reihe von Faktoren beeinflusst werden kann: Zum einen spielen individuelle Faktoren eine Rolle, die den einzelnen Probanden betreffen, wie beispielsweise Testmotivation oder Müdigkeit. Zum anderen können Merkmale des experimentellen Settings einen Einfluss darauf haben, wie gut das entsprechende Material gelernt werden kann. Hierzu zählen zum Beispiel die Menge des zu erinnernden Materials, die Präsentationsdauer, Zusatzaufgaben während der Lernphase, die sich unterstützend oder interferierend auf das Lernen auswirken können, oder die Retentionszeit bis zum Gedächtnistest. Diese und weitere Faktoren haben vermutlich auch in den hier durchgeführten Untersuchungen Auswirkungen darauf gehabt, inwieweit Farben von Objekten in der *cued recall*-Aufgabe angegeben werden konnten. Wie beschrieben, konnte ein Einfluss des Faktors Retentionszeit ermittelt werden.

Obwohl es als durchaus interessant angesehen wurde herauszufinden, welche weiteren Faktoren das Erinnern von Objektfarben im einzelnen beeinflussen, wurde entschieden, die Frage, inwieweit sich die gewählten Rezeptionsbedingungen auf das Erinnern von Objektfarben auswirken, auf andere Art zu beantworten. Da relativ viele Aspekte der Versuchsbedingungen als mögliche Einflussfaktoren in Betracht kommen, hätte eine erschöpfende Untersuchung den zeitlichen Rahmen dieser Arbeit gesprengt. Darüber hinaus wurde vermutet, dass sich unter den Faktoren, die die Höhe der Gedächtnisleistungen in der Objektfarben-Aufgabe beeinflussen, vermutlich viele Faktoren befinden, die sich nicht speziell auf das Erinnern von Farben, sondern vielmehr auf Gedächtnisleistungen im

Allgemeinen auswirken. Mögliche Einflussfaktoren auf das Erinnern von Objektfarben zu ermitteln, wäre somit eine Fragestellung allgemeinerer Art, die nicht allein den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit, Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen, betrifft.

In Experiment 2D wurde daher nicht der Einfluss weiterer einzelner Faktoren auf die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben untersucht, sondern es wurde ermittelt, inwieweit es innerhalb des gewählten Untersuchungsdesigns überhaupt möglich ist, Objektfarben zu lernen, um so herauszufinden, inwiefern die gewählten Versuchsbedingungen dem Lernen von Objektfarben Grenzen setzen. Dazu wurden die Teilnehmer von Experiment 2D ausdrücklich angewiesen, sich Farben von Objekten beim Betrachten der Szenen einzuprägen. Im Gegensatz zu allen anderen Experimenten sollten Objektfarben in Experiment 2D also intentional und nicht inzidentell gelernt werden. Dadurch dass Probanden beim intentionalen Lernen die Möglichkeit haben, eine optimale Strategie zum Einprägen von Objektfarben zu wählen, können sie ihr Lernen optimieren. In Experiment 2D kann somit eine Art Obergrenze ermittelt werden, bis zu der Farben von Objekten unter den gewählten Versuchsbedingungen - bei der Menge der gezeigten Szenen und Objekte sowie der Kürze der Präsentation - gelernt werden können. Dabei wurde erwartet, dass Gedächtnisleistungen für Objektfarben höher ausfallen, wenn intentional gelernt wird, als wenn inzidentell gelernt wird.

In Experiment 2D wurde also der Einfluss der gewählten Rezeptionsbedingungen insgesamt abgeschätzt, indem verglichen wurde, wie weit das intentionale Lernen von Objektfarben innerhalb des gewählten Untersuchungsdesigns von einem vollständigen Lernen aller Objektfarben entfernt ist. Wenn sich zeigen sollte, dass Farben von Objekten in der Testphase von Experiment 2D nur in geringem Umfang korrekt wiedergegeben werden können, spräche dies für einen wesentlichen Einfluss der Untersuchungsbedingungen auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben. Wenn sich dagegen zeigen sollte, dass in Experiment 2D die Farben aller Objekte vollständig gelernt werden können, so spräche dies dafür, dass sich die Kombination der Bedingungen, unter denen die Szenen präsentiert werden, insgesamt nicht hinderlich auf das Lernen von Objektfarben auswirkt. Indem die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben von Experiment 2D außerdem mit denen von Experiment 2A verglichen werden, kann ermittelt werden, inwieweit die inzidentelle Form des Lernens selbst das Lernen von Objektfarben erschwert hat. Bis auf die Instruktion während der Studierphase waren die Versuchsbedingungen von Experiment 2A und 2D identisch.

Darüber hinaus wurde in Experiment 2D erneut der bereits in den Experimenten 1, 2A und 2B beobachtete Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt worden war, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben untersucht. So kann festgestellt werden, ob das Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten auch beim intentionalen Lernen einen Einfluss auf die Höhe der Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten hat.

6.3.3.1 Methode Experiment 2D

6.3.3.1.1 Stichprobe

An Experiment 2D nahmen 13 Studenten (13 weiblich) der Universität Hamburg im Alter zwischen 20 und 40 Jahren teil (im Mittel 25,8 Jahre).

6.3.3.1.2 Vorgehen

Der Ablauf von Experiment 2D entsprach weitgehend der Beschreibung unter 6.1. Wie in den Experimenten 1, 2A und 2B wurde in der Studierphase von Experiment 2D wieder ein Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode durchgeführt. Anders als in allen anderen Experimenten wurden die Teilnehmer von Experiment 2D jedoch angewiesen, sich die Farben einzelner Bildelemente während der Szenenpräsentation so genau wie möglich einzuprägen, und es wurde angekündigt, dass im Anschluss Fragen zu Farben gestellt werden. Nach der Studierphase und der Distraktorphase wurde die *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben durchgeführt (s. 6.2.1.5), in der Farben von 119 Objekten abgefragt wurden. Die Bearbeitung der Objektfarben-Aufgabe dauerte durchschnittlich 24 Minuten und begann durchschnittlich eine Minute, nachdem die dritte Präsentation der Szenen abgeschlossen war. Insgesamt dauerte das Experiment 2D durchschnittlich 38 Minuten.

6.3.3.2 Ergebnisse Experiment 2D

6.3.3.2.1 Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

Trotz der ausdrücklichen Instruktion, sich die Farben der gezeigten Objekten möglichst genau einzuprägen, waren die Versuchsteilnehmer auch in Experiment 2D weit davon entfernt, Objektfarben perfekt zu erinnern. In der *cued recall*-Aufgabe gaben die Teilnehmer

durchschnittlich zu 66,1% ($s = 10,8\%$) der abgefragten Objekte eine Farbe an, zu 33,9% der Objekte gaben sie an, sich nicht an die Farbe zu erinnern. Von den produzierten Farbangaben waren durchschnittlich 47,5% richtig ($s = 11,0\%$). Es wurden also durchschnittlich zu 31,5% ($s = 8,6\%$) der in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekte die richtigen Farben angegeben und zu 34,6% der Objekte die falschen Farben ($s = 8,2\%$; s. Abbildung 6.3.3.1). Die richtigen Farben konnten also wiederum nur von einem kleinen Teil der in der Studierphase gezeigten Objekte angegeben werden.

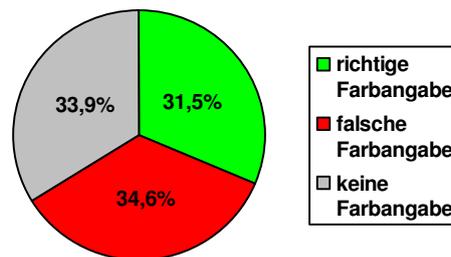


Abbildung 6.3.3.1: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben (Experiment 2D)

Um zu überprüfen, ob die Teilnehmer von Experiment 2D Objektfarben in der *cued recall*-Aufgabe in signifikantem Umfang richtig angeben konnten, wurde wie in den vorangegangenen Experimenten für jeden Probanden ermittelt, ob der Anteil richtiger Farbangaben an den abgegebenen Farbangaben über dem angenommenen Zufallsniveau von 1/11 liegt. Dabei wurden die Antworten auf alle abgefragten Objekte betrachtet. Einseitige Binomialtests ergaben, dass die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben den Wert von 1/11 in den Antworten aller Probanden signifikant übertrifft ($p < 0,001$; $N = 13$). Signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben ließen sich daher auch in Experiment 2D nachweisen.

6.3.3.2.2 Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in Experiment 2A und Experiment 2D

Auch wenn die Teilnehmer von Experiment 2D versuchten, Farben von Objekten innerhalb der Szenen gezielt zu lernen, waren sie wie in den vorangehenden Experimenten nicht in der Lage, die Farben aller gezeigten Objekte vollständig zu lernen und langfristig zu erinnern. Um zu überprüfen, inwieweit sich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben unter den gewählten experimentellen Bedingungen steigern lassen, wenn Farben in der Studierphase

intentional gelernt werden, und somit auch zu untersuchen, inwieweit sich das inzidentelle Lernen in den bislang durchgeführten Experimenten hinderlich auf das Erinnern von Objektfarben ausgewirkt hat, wurden die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgabe des Experiments 2D mit denen des Experiments 2A verglichen. Dazu wurden dieselben Auswertungen vorgenommen wie unter 6.3.2.2.2. In Abbildung 6.3.3.2 sind die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben zu Objektfarben der Experimente 2A und 2D aufgeführt.

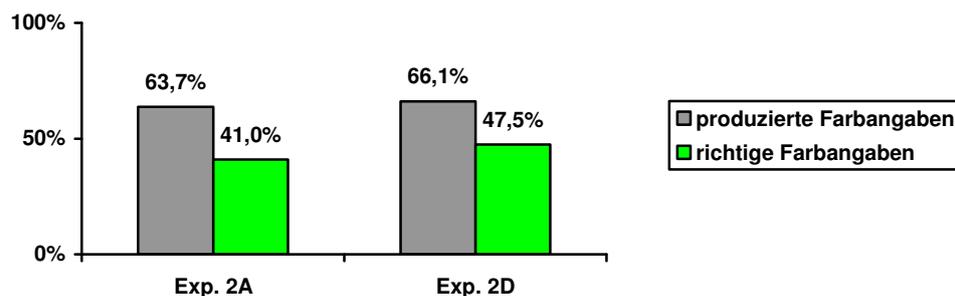


Abbildung 6.3.3.2: Relative Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben in den *cued recall*-Aufgaben der Experimente 2A und 2D

Als erste Auswertung wurde erneut für jeden Probanden ermittelt, in welchem Umfang er zu den in der *cued recall*-Aufgabe abgefragten Objekten Farben genannt hatte und wie groß der Anteil richtiger Farbangaben an den produzierten Farbangaben ausfällt. Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben in Experiment 2A und 2D sind in Tabelle 6.3.3.1 aufgeführt. Um Mittelwertsunterschiede zwischen den beiden Experiment zu untersuchen, wurden t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt.

Tabelle 6.3.3.1: Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Häufigkeiten produzierter und richtiger Farbangaben (Experimente 2A und 2D)

	Experiment 2A	Experiment 2D
produzierte Farbangaben	63,7% (s = 18,4%)	66,0% (s = 10,8%)
richtige Farbangaben	41,0% (s = 11,1%)	47,5% (s = 11,0%)

Trotz numerischer Unterschiede konnten in dieser Auswertung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Experimenten 2A und 2D ermittelt werden. In der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2D wurden im Vergleich zu Experiment 2A sowohl in ähnlichem Umfang Farbangaben produziert ($t = -0,389$; $df = 23$; $p = 0,701$) als auch ähnlich viele

richtige Farben genannt ($t = -1,474$; $df = 23$; $p = 0,154$). Es fand sich lediglich ein Trend dahingehend, dass in Experiment 2D mehr richtige Farben angegeben werden konnten als in Experiment 2A.

Als zweite Auswertung wurden die Antworten in den beiden Experimenten insgesamt betrachtet, und es wurde verglichen, zu welchen Anteilen sich die Antworten aller Probanden in den Objektfarben-Aufgaben der Experimente 2A und 2D auf die Antwortmöglichkeiten Farbangabe gegenüber „weiß nicht“-Antwort, sowie richtiger gegenüber falscher Farbangabe verteilten. Ein Vergleich der relativen Häufigkeiten der produzierten Farbangaben ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen Experiment 2A und Experiment 2D ($\chi^2 = 0,854$; $df = 1$; $p = 0,355$). Vergleicht man die relativen Häufigkeiten richtiger Farbangaben in den beiden Experimenten, zeigte sich dagegen, dass in der *cued recall*-Aufgabe von Experiment 2D signifikant mehr richtige Farben genannt wurden als in Experiment 2A ($\chi^2 = 8,087$; $df = 1$; $p < 0,01$). In Experiment 2D wurden nach intentionalem Lernen also vergleichbar viele Farben genannt wie nach inzidentellem Lernen in Experiment 2A, die Genauigkeit der Farbangaben war jedoch höher.

Betrachtet man die Konfidenzurteile, die zu den Farbangaben abgegeben wurden, zeigten sich weitere Unterschiede zwischen den Experimenten 2A und 2D. Von den in Experiment 2D produzierten Farbangaben wurden 55,3% als „unsicher“ und 44,0% als „sicher“ beurteilt, zu 0,7% der Farbangaben wurde kein Konfidenzurteil abgegeben (s. Abbildung 6.3.3.4). Insgesamt wurden in Experiment 2D somit signifikant mehr Farbangaben als „sicher“ beurteilt als in Experiment 2A ($\chi^2 = 8,083$; $df = 1$; $p < 0,01$).

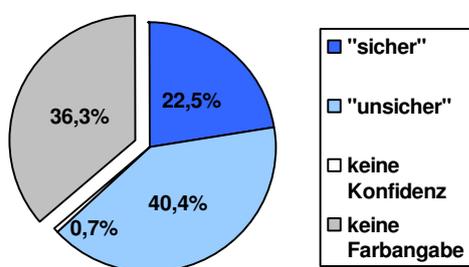


Abbildung 6.3.3.3:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „unsicher“ und als „sicher“ beurteilten Farbangaben (Experiment 2A)

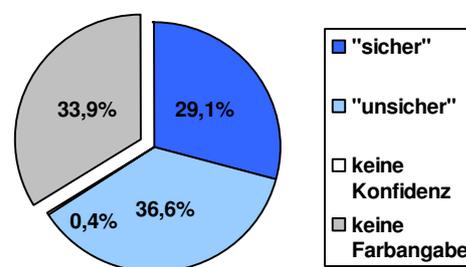


Abbildung 6.3.3.4:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „unsicher“ und als „sicher“ beurteilten Farbangaben (Experiment 2D)

Betrachtet man das Verhältnis zwischen Richtigkeit der Farbangabe und Konfidenz fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Experimenten. Unter den als „unsicher“ beurteilten Farbangaben fanden sich in Experiment 2D durchschnittlich 31,8% ($s = 8,4\%$) richtige Angaben; von den als „sicher“ beurteilten Farbangaben waren durchschnittlich 68,6% ($s = 14,1\%$) richtig. Sowohl auf der Konfidenzstufe „unsicher“ ($\chi^2 = 0,333$; $df = 1$; $p = 0,564$) als auch auf der Konfidenzstufe „sicher“ ($\chi^2 = 3,464$; $df = 1$; $p = 0,063$) zeigte sich ein vergleichbares Verhältnis von richtigen zu falschen Farbangaben in den Experimenten 2A und 2D. Es gab lediglich einen Trend dahingehend, dass sich in Experiment 2D unter den als „sicher“ beurteilten Antworten mehr richtige Farbangaben befanden (s. Abbildung 6.3.3.5). Obwohl mehr Farbangaben als „sicher“ beurteilt wurden, wenn Versuchsteilnehmer gezielt versuchten, Objektfarben zu lernen, fanden sich also keine signifikanten Unterschiede in der Genauigkeit der Farbangaben auf den beiden Konfidenzstufen.

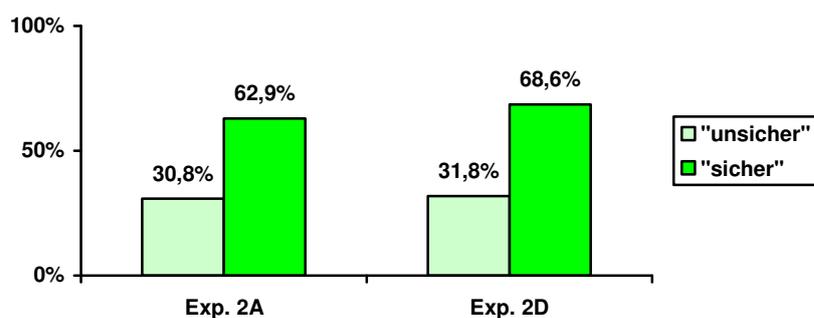


Abbildung 6.3.3.5: Relative Häufigkeiten richtiger Farbangaben unter als „unsicher“ und „sicher“ beurteilten Antworten in den Experimenten 2A und 2D

Insgesamt gesehen konnte nachgewiesen werden, dass Farben von Objekten in Szenen nach intentionalem Lernen mit höherer Genauigkeit und größerer Sicherheit angegeben werden, wenn die Antworten aller Probanden der Experimente 2A und 2D zusammen ausgewertet werden. Dass sowohl nach intentionalem als auch nach inzidentellem Lernen dennoch recht ähnlich hohe Farbgedächtnisleistungen zu beobachten waren, wird erneut deutlich, wenn man betrachtet, in welchem Wertebereich die erzielten relativen Häufigkeiten richtiger Farbangaben in den Experimenten 2A und 2D lagen (s. Abbildung 6.3.3.6). Ebenso ließen sich wiederum starke Ähnlichkeiten in den Antworten der Versuchsteilnehmer erkennen, wenn man vergleicht, wie häufig richtige Farben zu einzelnen Objektitems abgegeben wurden. Zwischen der Anzahl richtiger Farbangaben pro Objekt zeigte sich auch in den Experimenten 2A und 2D eine signifikante positive Korrelation ($r = .619$; $p < 0,001$).

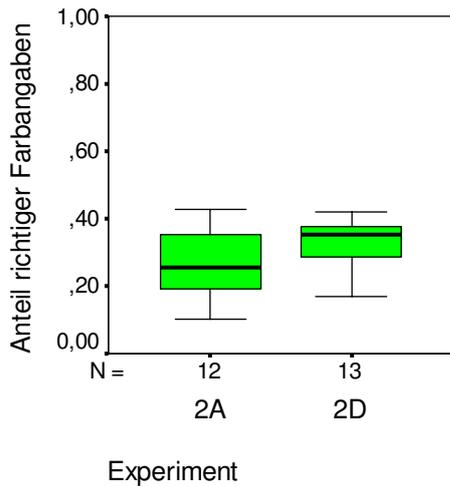


Abbildung 6.3.3.6: Relative Häufigkeit richtiger Farbangaben von allen abgefragten Objekten in *cued recall*-Aufgaben der Experimente 2A und 2D

6.3.3.2.3 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

In der Studierphase von Experiment 2D wurden durchschnittlich 108,8 der 119 Objekte mindestens einmal angeklickt; 10,2 Objekte wurden kein einziges Mal angeklickt. Zu 31,1% ($s = 10,3\%$) der angeklickten Objekte sowie zu 41,7% ($s = 25,4\%$) der nicht angeklickten Objekte wurden in der *cued recall*-Aufgabe keine Farben genannt. Von den Farbangaben, die zu angeklickten Objekten abgegeben wurden, waren durchschnittlich 48,5% richtig ($s = 11,2\%$); die Farbangaben zu nicht angeklickten Objekten waren durchschnittlich zu 32,6% richtig ($s = 15,2\%$; s. Abbildungen 6.3.3.7 und 6.3.3.8).

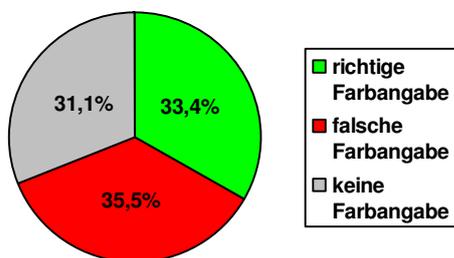


Abbildung 6.3.3.7:
Angeklickte Objekte:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben (Experiment 2D)

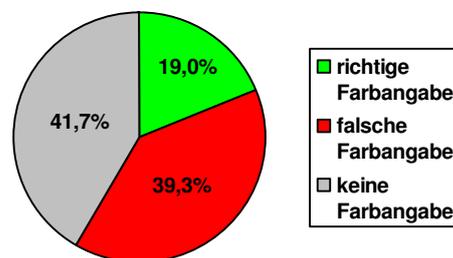


Abbildung 6.3.3.8:
Nicht angeklickte Objekte:
Mittelwerte der relativen Häufigkeiten richtiger, falscher und keiner Farbangaben (Experiment 2D)

Die Verteilung der Klicks auf die in der Studierphase gezeigten Objekte waren in den Experiment 2A und 2D sehr ähnlich. Dies ist daran zu erkennen, dass die Summen der Klicks, die einzelne Objekte jeweils von allen Probanden eines Experiments erhielten, zu $r = .802$ korrelierten ($p < 0,01$). Obwohl die Versuchsteilnehmer in Experiment 2D die Aufgabe hatten, sich die Farben aller Objekte gleichermaßen einzuprägen, und es daher eine günstige Strategie wäre, jedes Objekt beim Betrachten der Szenen gleich viel zu beachten, scheint die Salienz der Objekte das Klickverhalten der Probanden auch in Experiment 2D beeinflusst zu haben.

Ähnlich wie in den Experimenten 1, 2A und 2B, in denen Farben inzidentell gelernt wurden, wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt wurde, und späteren Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben auch in Experiment 2D untersucht. Dabei wurden dieselben Auswertungen vorgenommen wie in den vorangegangenen Experimenten.

Als erste Auswertung wurden alle diejenigen Objekte, zu denen ein Proband in der *cued recall*-Aufgabe eine Farbe angegeben hatte, erneut in vier Gruppen unterteilt: Objekte, die in der Studierphase kein einziges Mal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickt worden waren. Pro Proband wurde für jede dieser vier Objektgruppen die durchschnittliche relative Häufigkeit richtiger Farbangaben ermittelt. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden dann in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht, dabei wurde eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen. Tabelle 6.3.3.2 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen für die relative Häufigkeit richtiger Farbangaben in den vier Objektgruppen.

Tabelle 6.3.3.2: Relative Häufigkeit richtiger Farbangaben zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Experiment 2D)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	32,62%	15,17%
1-2 Klicks	45,29%	15,26%
3 Klicks	44,02%	17,31%
3 < Klicks	52,76%	14,53%

Numerisch ergab sich eine nahezu durchgehende Abstufung in der durchschnittlichen Trefferanzahl zwischen den vier Gruppen: Je mehr Klicks Objekte in der Studierphase erhalten hatten, desto höher lag der Anteil richtiger Farbangaben in der *cued recall*-Aufgabe.

Lediglich die Gruppe der dreimal angeklickten Objekte fiel aus der Reihe: Zu Objekten dieser Gruppe konnten durchschnittlich zwar weniger richtige Farben angegeben werden als zu Objekten, die mehr als dreimal angeklickt worden waren; allerdings war der durchschnittliche Anteil richtiger Farbangaben in dieser Objektgruppe numerisch kleiner als in der Gruppe ein- bis zweimal angeklickten Objekte. Die Objektgruppen unterschieden sich signifikant ($F(2,252, 27,023) = 5,455$; $p < 0,01$; $\varepsilon^2 = 0,313$). In a posteriori Einzelvergleichen mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung zeigte sich, dass sich die Gruppe der nicht angeklickten Objekte signifikant von der Gruppen der mehr als dreimal angeklickten Objekte unterscheidet. In Experiment 2D wurden in dieser Art Auswertung somit weniger Einzelvergleiche signifikant als in den Experimenten 1 und 2B.

In einer zweiten Auswertung wurde eine Aufteilung der Daten ausgehend von den Ergebnissen der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben vorgenommen. Die Objekte, die ein Proband in der *cued recall*-Aufgabe bearbeitet hatte, wurden in drei Gruppen unterteilt, abhängig davon, ob ihre Farbe richtig, falsch oder nicht angegeben worden war. Pro Proband wurde für jede dieser drei Gruppen die durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte der Gruppe in der Studierphase erhalten hatten. Unterschiede zwischen den drei Objektgruppen wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade untersucht. Tabelle 6.3.3.3 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der drei Gruppen.

Tabelle 6.3.3.3: Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen keine, falsche und richtige Farben genannt wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Experiment 2D)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
keine Farbangabe	2,92	0,99
falsche Farbangabe	3,26	0,86
richtige Farbangabe	3,85	1,71

Numerisch ergab sich eine Abstufung in der durchschnittlichen Anzahl Klicks: Objekte, deren Farben in der *cued recall*-Aufgabe richtig angegeben wurden, waren zuvor am häufigsten angeklickt worden, Objekte, deren Farben falsch angegeben wurden, hatten etwas weniger Klicks erhalten, und Objekte, deren Farben nicht angegeben wurden, waren in der Studierphase am wenigsten angeklickt worden. Die Varianzanalyse ergab zwar eine *overall*-Signifikanz ($F(1,262, 15,139) = 5,128$; $p < 0,05$; $\varepsilon^2 = 0,299$), in a posteriori Einzelvergleichen

mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen den Objektgruppen ermittelt werden. Es fand sich lediglich ein Trend dahingehend, dass sich die Gruppe der Objekte, zu denen keine Farben angegeben wurden, von der Gruppe von Objekten unterschied, zu denen richtige Farben genannt wurden ($p = 0,097$).

Als dritte Auswertung wurden Korrelationen über Objektitems berechnet. Für jedes Objekt wurde aufsummiert, wie oft es von allen Probanden in der Studierphase angeklickt worden war und wie oft seine Farbe in der *cued recall*-Aufgabe von allen Probanden angegeben bzw. richtig angegeben wurde. Zwischen der Anzahl Klicks und der Anzahl der Farbangaben, die zu den jeweiligen Objekten in der *cued recall*-Aufgabe abgegeben wurden, ergab sich keine signifikante Korrelation ($r = .117$; $p = 0,205$). Die Anzahl Klicks auf Objekte korrelierte jedoch signifikant positiv mit der Anzahl der richtigen Farbangaben in der Objektfarben-Aufgabe ($r = .198$; $p < 0,05$). Wie in den Experimenten 2A und 2B erwiesen sich die Korrelationen auch in Experiment 2D insgesamt als deutlich kleiner und weniger signifikant als in Experiment 1.

Insgesamt konnte ein Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten während der Szenenpräsentation spontan Aufmerksamkeit zugewandt worden war, und Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in der *cued recall*-Aufgabe auch dann nachgewiesen werden, wenn Probanden versuchten, sich Objektfarben gezielt einzuprägen. Wie in den Experimenten, in denen Farben inzidentell gelernt wurden, zeigte sich, dass Farben von Objekten, die in der Studierphase häufiger angeklickt worden waren, besser erinnert wurden als Farben von Objekten, die seltener angeklickt worden waren. Ähnlich wie in den Experimenten 2A und 2B kam der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeits- und Farbgedächtnisdaten jedoch weniger deutlich zum Ausdruck als in Experiment 1.

6.3.3.3 Diskussion Experiment 2D

Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben

Ziel von Experiment 2D war es zu ermitteln, inwiefern die gewählten Rezeptionsbedingungen, unter denen die Szenen in der Studierphase präsentiert wurden, das Lernen von Objektfarben einschränken. Dazu wurde untersucht, inwieweit Farben von Objekten

langfristig erinnert werden können, wenn sie beim Betrachten der Szenen intentional gelernt werden. Wie in allen anderen bisher durchgeführten Experimenten zeigte sich, dass es auch den Teilnehmern von Experiment 2D nur möglich war, zu einem kleinen Teil der innerhalb der Szenen präsentierten Objekte die richtigen Farben anzugeben. Selbst die beste Probandin konnte nur zu 42,0% der abgefragten Objekte die richtigen Farben nennen. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass es unter den gewählten Versuchsbedingungen nicht möglich ist, die Farben aller Objekten langfristig vollständig zu erinnern, vermutlich weil zu viel Material in zu kurzer Zeit dargeboten wird. Dass Farben von Objekten in natürlichen Szenen in den vorangehenden Experimenten stets nur ausschnitthaft erinnert wurden, scheint auf die Bedingungskombination zurückzuführen zu sein, unter denen die Szenen in der Studierphase gezeigt wurden. Die Versuchsbedingungen in den vorliegenden Experimenten wurden in Anlehnung an diejenigen der Untersuchungen von Hollingworth und Henderson (2002) gewählt. Inwieweit diese gewählten Rezeptionsbedingungen als typisch für das Wahrnehmen natürlicher Szenen anzusehen sind und inwiefern es daher als ein typischer Effekt anzusehen ist, dass Farben nur von einem kleinen Teil der Objekte in Szenen erinnert werden, wird eingehender in Kapitel 7 diskutiert.

Vergleicht man die Ergebnisse der *cued recall*-Aufgaben von Experiment 2A und 2D, war zu beobachten, dass Farben von Objekten langfristig mit einer etwas größeren Genauigkeit und Sicherheit angegeben werden können, wenn Probanden in der Studierphase gezielt versuchen, sich diese einzuprägen. Dies spricht dafür, dass das inzidentelle Lernen von Objektfarben in den vorausgegangenen Experimenten für die eher geringen Farbgedächtnisleistungen zu einem Teil mit verantwortlich ist. Es ist aber offensichtlich nicht der einzige Grund dafür, dass Farben von Objekten nur in geringem Umfang erinnert werden können. Die Bedingungen, unter denen die Szenen präsentiert wurden, üben offensichtlich einen stärkeren Einfluss aus.

Obwohl sich signifikante Unterschiede nachweisen lassen, werden Farben von Objekten langfristig in sehr ähnlichem Umfang erinnert, wenn sie zuvor inzidentell oder intentional gelernt worden sind. In Experiment 2D, in dem sich die Versuchsteilnehmer gezielt darum bemüht hatten, Farben zu lernen, konnten nur wenige Teilnehmer bessere Farbgedächtnisleistungen erzielen als in Experiment 2A, wo Farben inzidentell gelernt wurden. Dies deutet, dass Versuchsteilnehmer beim inzidentellen Lernen von Objektfarben doch überraschend erfolgreich gewesen sind und vergleichsweise gute Leistungen erzielt haben.

Gedächtnis für Objektfarben und Aufmerksamkeit

In Experiment 2D zeigte sich insgesamt eine ähnliche Verteilung der Aufmerksamkeit auf die innerhalb der Szenen gezeigten Objekte wie in Experiment 2A. Auch wenn Probanden instruiert worden sind, sich die Farben aller Objekte zu merken, und es daher günstig gewesen wäre, alle Objekte gleichermaßen zu beachten, verteilten sie ihre Aufmerksamkeit dennoch nicht gleichmäßig auf alle präsentierten Objekte. Offenbar hat die Salienz der Objekte auch beim intentionalen Lernen einen Einfluss darauf, wie viel Aufmerksamkeit den einzelnen Objekten zugewandt wird.

Darüber hinaus findet sich in Experiment 2D ein ähnlicher Zusammenhang zwischen dem Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten und dem Erinnern von Objektfarben wie in den Experimenten, in denen Farben von Objekten inzidentell gelernt wurden. Je mehr Aufmerksamkeit ein Objekt beim Betrachten einer Szene erhält, gemessen dadurch, wie oft es beim Aufmerksamkeitsstest mit der Mausclick-Methode angeklickt wird, desto besser kann seine Farbe später richtig angegeben werden. Der beobachtete Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben scheint daher einen allgemeinen Prozess der Gedächtnisbildung anzuzeigen, der auch abläuft, wenn Objektmerkmale intentional gelernt werden.

6.4 Zusammenfassung der Experimente 1 und 2

Mit den Experimenten 1 und 2 konnte wiederholt nachgewiesen werden, dass es möglich ist, Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig zu erinnern. Dabei achteten Probanden in den Untersuchungen 1, 2A, 2B und 2C beim Betrachten der Szenen weder besonders auf Farben, noch planten sie, sich Farben von Objekten einzuprägen. Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben ließen sich somit unter relativ realistischen Rezeptionsbedingungen beobachten. An dem Objektmerkmal Farbe konnte somit gezeigt werden, dass beim Wahrnehmen natürlicher Szenen Langzeitgedächtnisrepräsentationen von Objekten erhalten bleiben, die speziell visuelle Oberflächeninformation und nicht nur semantische Objektinformation umfassen.

Die ermittelten Ergebnisse widerlegen die starke Version der *visual transience*-Annahme, dass von Objekten in natürlichen Szenen langfristig keine visuellen Oberflächenmerkmale, sondern nur konzeptuelle Information gespeichert bleiben. Visuelle Gedächtnistheorien, die eine solche *visual transience*-Annahme enthalten, wie Rensinks *coherence theory* und Irwins *object file theory of transsaccadic memory* reichen daher nicht aus, um zu erklären, welche Repräsentationen von Objekten in natürlichen Szenen aufgebaut werden. Objektrepräsentationen, die visuelle Oberflächeninformation enthalten, werden offenbar nicht nur zeitweise im visuellen Arbeitsgedächtnis, sondern auch langfristig im visuellen Langzeitgedächtnis gespeichert. Mit Hollingworths und Hendersons *visual memory theory*, die einen Langzeitgedächtnisprozess zum Speichern visueller Objektinformation bei der Wahrnehmung von Szenen annimmt, lassen sich die ermittelten Befunde dagegen erklären. Neben Objekt-*token*-Merkmale und der räumlichen Orientierung von Objekten konnte nun auch für das visuelle Oberflächenmerkmal Objektfarbe nachgewiesen werden, dass es bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen langfristig gespeichert wird. Mit den Experimenten 1 und 2 kann den Belegen für die *visual memory theory* somit ein weiterer Beleg hinzugefügt werden. Die hier durchgeführten Untersuchungen bieten den Vorteil, dass sich die ermittelten Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nur durch ein Erinnern von Farbinformation erklären lassen und nicht durch ein Erinnern semantischer Objektmerkmale oder räumlicher Konfigurationsinformation von Szenen. Insofern stellen die hier erzielten Ergebnisse einen eindeutigeren Nachweis von Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen dar als die bislang vorliegenden Studien.

In den vorliegenden Experimenten 1 und 2 wurden Farben von Objekten langfristig überwiegend in signifikantem Umfang erinnert, dennoch zeigte sich in allen Experimenten gleichermaßen, dass Farben stets nur zu einem Teil der innerhalb der Szenen gezeigten Objekte richtig angegeben werden konnten. Es wurde vermutet, dass sich die Wahl der Rezeptionsbedingungen für die Szenen darauf auswirkt, inwieweit Farben von Objekten erinnert werden können. Höhere oder auch niedrigere Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben zu erzielen, wäre vermutlich durch eine Variation bestimmter Aspekte der Versuchsbedingungen möglich. Mehrere mögliche Einflussfaktoren auf das Erinnern von Objektfarben wurden untersucht. Inwiefern die verwendeten Versuchsbedingungen der Experimente 1 und 2, die in enger Anlehnung an diejenigen der Studien von Hollingworth und Henderson (2002) gewählt worden waren, typische Rezeptionsbedingungen für das Wahrnehmen natürliche Szenen darstellen, wird in Kapitel 7 ausführlicher diskutiert.

Aufgrund der bislang erzielten Ergebnisse der Experimente 1 und 2 zur Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben liegt es nahe, Repräsentationen natürlicher Szenen als überwiegend undetailliert zu bezeichnen, da sie nur wenig visuelle Oberflächeninformation von Objekten enthalten. Obwohl die starke Version der *visual transience*-Annahme, dass von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig *keine* visuellen Details erinnert werden, nicht zuzutreffen scheint, kann eine schwächere Version der *visual transience*-Annahme die beobachteten Ergebnisse treffend beschreiben: Von Objekten in natürlichen Szenen wird langfristig nur *wenig* visuelle Oberflächeninformation gespeichert; Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen sind daher insgesamt wenig detailliert. Diese Annahme ist mit Hollingworth und Hendersons *visual memory theory* vereinbar, stellt jedoch einen neuen Aspekt in den Vordergrund. Da Hollingworth und Henderson in ihren Studien eher hohe Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen nachweisen konnten (s. 6.2.3), betonen sie entsprechend, dass detaillierte Objektrepräsentationen langfristig in erheblichem Umfang erhalten bleiben (vgl. Hollingworth, 2004, 2005). Wie an dem hier untersuchten Oberflächenmerkmal Farbe deutlich wird, ist dies aber offensichtlich nicht immer der Fall. Eine Bewertung der Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in den hier durchgeführten Untersuchungen und der Höhe der Gedächtnisleistungen für visuelle Objektmerkmale in den Studien von Hollingworth und Henderson wird im Rahmen von Experiment 3A vorgenommen.

Im Zusammenhang mit der Frage, in welchem Umfang visuelle Oberflächeninformation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert wird, ist ein Ergebnis von Experiment 1 von Interesse: Hier zeigte sich, dass nicht nur Farben von Objekten langfristig ausschnitthaft erinnert wurden. Betrachtet man die Höhe der Gedächtnisleistungen für semantische Information zu Szenen und Objekten, fiel auf, dass auch Information zur konzeptuellen Klassenzugehörigkeit der gezeigten Szenen und Objekte langfristig nur unvollständig erinnert wird, d.h. Versuchsteilnehmer konnten auch nicht fehlerfrei angeben, welche Art Szenen sie gesehen hatten und welche Art Objekte in den Szenen gezeigt worden waren. Den Objektfarben-Ergebnissen besonders ähnlich sind die Ergebnisse zu konzeptueller Objektinformation: In Experiment 1 war zu beobachten, dass Probanden auch Objekt-*type*-Information langfristig nur in mäßigem Umfang erinnern konnten. Offenbar wurde von den innerhalb der Szenen gezeigten Objekten in Experiment 1 also nicht nur visuelle Oberflächeninformation in geringem Umfang erinnert, sondern auch semantische Information. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen nicht nur wenig detailliert sind, da visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten nur ausschnitthaft gespeichert werden, sondern dass sie zusätzlich auch unvollständig sind, da das Objekt-Inventar von Szenen nur ausschnitthaft erinnert wird. Dieser Vermutung soll in Experiment 3 weiter nachgegangen werden.

Da in Experiment 1 Gedächtnisleistungen für Objektfarben mit einer *cued recall*-Methode und Gedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information mit einer Rekognitionsmethode erhoben wurden, kann die Höhe der Gedächtnisleistungen für diese beiden unterschiedlichen Arten von Objektinformation nicht genau verglichen werden. Ob die eine Art von Information möglicherweise besser erinnert wird als die andere, kann daher nicht festgestellt werden. Ein solcher Vergleich soll nun in Experiment 3B vorgenommen werden. Hier wurden Gedächtnisleistungen für Farbe und für konzeptuelle Information zu Objekten mit Rekognitionsaufgaben erhoben, um direkt vergleichen zu können, inwieweit diese beiden Arten von Objektinformation in Repräsentationen natürlicher Szenen langfristig erhalten bleiben. Zuvor wurde in Experiment 3A erprobt, ob sich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben mit einer neu erstellten Rekognitionsaufgabe nachweisen lassen und sich somit die in den Experimenten 1 und 2 erzielten Ergebnisse mit einer weiteren Gedächtnistestmethode replizieren lassen.

6.5 Experiment 3

In den Experimenten 1 und 2 hatte sich gezeigt, dass es möglich ist, Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig in signifikantem Umfang zu erinnern. Es zeigte sich aber auch, dass in der Testphase stets nur zu einem kleinen Teil der Objekte die richtigen Farben angegeben werden konnten. Zusätzlich war in Experiment 1 zu beobachten, dass von den Objekten innerhalb einer Szene nicht nur Farbinformation, sondern auch semantische Objekt-*type*-Information unvollständig erinnert wird. Ziel von Experiment 3 war es nun zu untersuchen, wie genau natürliche Szenen langfristig erinnert werden, indem ermittelt wird, inwieweit Probanden angeben können, welche Objekte sich innerhalb einer Szene befunden haben und welche Farben diese Objekte hatten. Der Umfang, in dem visuelle Information zu Objektfarben und semantische Information zur konzeptuellen Klassenzugehörigkeit der Objekte abrufbar bleibt, sollte dann einander gegenübergestellt werden.

Für diesen Vergleich war es erforderlich, Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben mit einer anderen Gedächtnistestmethode zu erheben als in den vorangegangenen Untersuchungen. In den bislang durchgeführten Experimenten waren Gedächtnisleistungen für Objektfarben mit einer *cued recall*-Aufgabe erhoben worden, in der die zuvor gezeigten Szenen in einer schwarz-weißen Strichzeichnungsversion vorgelegt wurden und die Probanden die Aufgabe hatten, zu den Umrisszeichnungen der abgebildeten Objekte aus 11 Basisfarbkategorien die Farbe auszuwählen, in der die Objekte ursprünglich gezeigt worden waren. In den Experimenten der Gruppe 3 wurde nun eine 2AFC-Rekognitionsaufgabe eingesetzt, ähnlich der in den Studien von Hollingworth und Henderson (2002). Den Probanden wurden Ausschnitte aus den in der Studierphase gezeigten Szenen vorgelegt, auf denen jeweils ein Testobjekt in zwei unterschiedlichen Farben zu sehen war. Ihre Aufgabe war es, die Version auszuwählen, die das Testobjekt in der Farbe zeigt, in der es in der Studierphase präsentiert worden war.

Diese neue Objektfarben-Aufgabe wurde zunächst in Experiment 3A erprobt. Es wurde versucht, signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben mit der 2AFC-Methode nachzuweisen, um so zu überprüfen, ob sich mit dieser Rekognitionsmethode dieselben Ergebnisse erzielen lassen wie mit der *cued recall*-Methode in den Experimenten 1 und 2. In Experiment 3B wurde dann die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle und semantische Objektinformation verglichen. Dazu wurde mit zwei 2AFC-Rekognitionsaufgaben erhoben, inwieweit Probanden langfristig Objektfarben und Objekt-*type*-

Information von den innerhalb der Szenen präsentierten Objekten erinnern. Außerdem wurde in beiden Experimenten 3A und 3B untersucht, ob sich der in den Experimenten 1 und 2 beobachtete Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekte in der Studierphase Aufmerksamkeit erhalten, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben erneut nachweisen lässt.

Zusammenfassung der zu untersuchenden Hypothesen

In den Experimenten 3A und 3B wurden somit folgende Fragestellungen untersucht:

Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten

In Experiment 3A wurde zunächst untersucht, ob sich signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben mit der neuen Objektfarben-Aufgabe, einer 2AFC-Rekognitionsmethode, nachweisen lassen und so die Ergebnisse der Experimente 1 und 2 repliziert werden können.

Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben und konzeptuelle Information zu Objekten

In Experiment 3B wurde dann ermittelt und verglichen, inwieweit Farben und konzeptuelle Klassenzugehörigkeit von Objekten in natürlichen Szenen langfristig erinnert werden. Den Ergebnissen von Experiment 1 entsprechend wurde erwartet, dass sowohl visuelle Oberflächeninformation zu Objektfarben als auch konzeptuelle Objekt-*type*-Information nur ausschnitthaft erinnert wird.

Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

In den Experimenten 3A und 3B wurde untersucht, ob sich ähnlich wie in den Experimenten 1 und 2 ein Zusammenhang finden lässt zwischen dem Umfang, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wird, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in der Testphase. Als Maß für die Höhe der Aufmerksamkeitszuwendung wurde die Anzahl Klicks verwendet, die Objekte während des Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode erhalten. Es wurde ermittelt, ob Farben von Objekten, die während des Aufmerksamkeitstests häufiger angeklickt werden, besser erinnert werden als Farben von seltener angeklickten Objekten.

In Experiment 3B wurde darüber hinaus untersucht, ob auch ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten während der Szenenpräsentation und Langzeitgedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information besteht.

6.5.1 Experiment 3A

Ziel von Experiment 3A war es, Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen mit einer 2AFC-Rekognitionsmethode nachzuweisen und so die mit der *cued recall*-Methode gewonnenen Ergebnisse der Experimente 1 und 2 zu replizieren. Wenn sich dieser Nachweis als erfolgreich erweist, kann die Rekognitionsmethode in Experiment 3B eingesetzt werden, um zu vergleichen, in welchem Umfang von den in Szenen enthaltenen Objekten langfristig Farben und Objekt-*type*-Information erinnert werden.

Dadurch dass Gedächtnisleistungen für Objektfarben in Experiment 3A nun mit einer Rekognitionsaufgabe erhoben werden, wird es außerdem möglich zu vergleichen, in welchem Umfang Probanden Objektfarben in Experiment 3A gegenüber Objekt-*token*-Information und räumlicher Orientierungsinformation von Objekten in den Studien von Hollingworth und Henderson erinnern konnten. Auch wenn einige Unterschiede zwischen den Untersuchungen bestehen, die sich auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Objektmerkmale ausgewirkt haben können, so kann ein Vergleich dennoch Anhaltspunkte darüber liefern, wie genau verschiedene Arten visueller Oberflächeninformation von Objekten in natürlichen Szenen langfristig gespeichert werden.

Zusätzlich wurde in Experiment 3A untersucht, ob sich der in den Experimenten 1 und 2 zu beobachtende Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wird, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben auch dann finden lässt, wenn Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten mit einer Rekognitionsmethode erhoben werden.

6.5.1.1 Methode Experiment 3A

6.5.1.1.1 Stichprobe

An Experiment 3A nahmen 12 Studenten (11 weiblich, 1 männlich) der Universität Hamburg im Alter zwischen 18 und 38 Jahren teil (im Mittel 23,3 Jahre).

6.5.1.1.2 Vorgehen

Bis auf die neue Objektfarben-Aufgabe wurde der bislang eingesetzte Versuchsaufbau weitgehend beibehalten. Wie in den Experimenten 1, 2A, 2B und 2C sollten Farben von Objekten in der Studierphase von Experiment 3A lediglich inzidentell gelernt werden; wie in

allen Experimenten der Gruppe 2 wurden in der Testphase ausschließlich Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben erhoben. Das Klicktraining und die Studierphase von Experiment 3A wurden wie unter 6.1 beschrieben durchgeführt. Nach der Studierphase und der daran anschließenden Distraktorphase, dem Erheben von Angaben zur Person, wurde eine Rekognitionsaufgabe zum Langzeitgedächtnis für Objektfarben durchgeführt, die im folgenden Abschnitt genauer dargestellt wird. Ein Unterschied zu den Experimenten 1 und 2 bestand darin, dass die Anzahl der abgefragten Objekte in der neuen Objektfarben-Aufgabe von Experiment 3 gegenüber den *cued recall*-Aufgaben auf 100 reduziert und die Anzahl der Konfidenzstufen auf vier erhöht wurde. Insgesamt dauerte das Experiment 3A durchschnittlich 34 Minuten.

6.5.1.1.3 Objektfarben-Rekognitionsaufgabe

Mit der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3 wurde ermittelt, inwieweit Probanden Farben von Objekten in natürlichen Szenen langfristig erinnern. Ein Ausschnitt des Aufgabenbildschirms dieser neuen Objektfarben-Aufgabe ist in Abbildung 6.5.1.1 zu sehen.



Abbildung 6.5.1.1: Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3)

Die Objektfarben-Rekognitionsaufgabe wurde als *forced choice*-Aufgabe mit zwei Antwortalternativen (2AFC-Aufgabe) durchgeführt. Den Probanden wurden jeweils zwei unterschiedlich colorierte Versionen eines Objekts vorgelegt. Ihre Aufgabe war es, die Version zu markieren, die das Objekt so zeigt, wie sie es erinnern. Target- und

Distraktorabbildungen waren dabei zufällig und ausbalanciert auf die Positionen 1 und 2 verteilt. Zu ihrer Wahl sollten die Versuchsteilnehmer ein vierstufiges Konfidenzurteil abgeben („sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“, „sehr sicher“). Die Test-Stimuli waren Ausschnitte aus der gesamten colorierten Szene. Wenn neben dem Testobjekt weitere zu testende Objekte auf einem Ausschnitt zu sehen waren, wurde deren Farbe mit einem grau gesprenkelten Muster verdeckt, ansonsten blieben die Farben der Originalszene unverändert. Als *cue* konnte bei der Bearbeitung der Aufgabe eine schwarz-weiße Strichzeichnungsversion der jeweiligen Szene als Pop-up aufgerufen werden, derselbe Szenen-*cue* wie in der *cued recall*-Aufgabe zu Objektfarben.

Um Distraktoren zu erzeugen, wurden die Farben der Objekte innerhalb einer Szene umverteilt. Beim Erstellen einer Distraktorfarbe wurde versucht, die Luminanz der Targetfarbe beizubehalten, sodass ein Farbton entsteht, der einer anderen Farbkategorie zuzuordnen ist, sich aber in seiner Helligkeit nicht von der Targetfarbe unterscheidet. Luminanzwerte wurden dabei über Software kontrolliert, da keine geeignete Hardware zur Messung von Farbwerten zur Verfügung stand. Ziel dieser Manipulation war es zu erreichen, dass Probanden ihr Rekognitionsurteil nur aufgrund von Unterschieden in der chromatischen Dimension und nicht in der Helligkeitsdimension der Target- und Distraktorfarben fällen können. Um beim Erstellen der Distraktorfarbe die Luminanz der Targetfarbe beizubehalten und dabei gleichzeitig einen Farbton einer bestimmten Farbkategorie zu erzielen, war es in Experiment 3 bei 19 Objekten nötig, die Luminanz der Targetfarbe leicht zu verändern. Hier wurden einige Objekte also in einer leicht helleren bzw. dunkleren Targetfarbe gezeigt als in den Experimenten 1 und 2. In den im Anhang aufgeführten Szenen sind die Testobjekte in den Farbversionen der Experimente 1 und 2 abgebildet.

In der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe wurden Farben von 100 Objekten abgefragt (s. Anhang 10.2.4). Diese geringere Anzahl von Objektitems im Vergleich zu den *cued recall*-Aufgaben ergab sich dadurch, dass Farben von großen Objekten im Szenenhintergrund in der neuen Objektfarben-Aufgabe nicht abgefragt wurden. Die Farben dieser Objekte abzufragen, hatte sich als problematisch erwiesen: Aufgrund ihrer Größe wären sie auf vielen Testausschnitten anderer Objekte im Hintergrund zu sehen gewesen. Da ihre Farbe dabei verdeckt werden müsste, wäre es nötig gewesen, einen Großteil der Fläche dieser Testausschnitte mit dem grau gesprenkelten Füllmuster zu maskieren. Dies führte jedoch dazu, dass der Szenenkontext nur schwer zu erkennen war. Daher wurde entschieden, große Objekte im Szenenhintergrund in der neuen Objektfarben-Aufgabe von Experiment 3 nicht mehr abzufragen. Die Bearbeitung der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe dauerte

durchschnittlich 19 Minuten und begann durchschnittlich zwei Minuten nachdem die dritte Präsentation der Szenen abgeschlossen war.

6.5.1.2 Ergebnisse Experiment 3A

6.5.1.2.1 Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

Da in 2AFC-Aufgaben jeweils ein Target-Distraktor-Paar zur Unterscheidung vorgelegt wird, verhalten sich Trefferrate und falsche Alarmrate bei dieser Rekognitionsmethode komplementär. Zur Auswertung der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3A genügte es daher, die relative Häufigkeit richtiger Antworten zu betrachten, um Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben zu beurteilen. Da die Ratewahrscheinlichkeit für einen Treffer in einer 2AFC-Aufgabe 50% beträgt, liegen signifikante Gedächtnisleistungen dann vor, wenn ein Proband in der Aufgabe signifikant mehr als 50% richtige Antworten erzielt.

In der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3A erreichten die Probanden eine durchschnittliche Trefferrate von 68,4% (68,4 von 100 Objektfarben; $s = 5,2\%$; s. Abbildung 6.5.1.2). Einseitige Binomialtests ergaben, dass der Anteil richtiger Objektfarben-Unterscheidungen in der Rekognitionsaufgabe insgesamt bei allen Probanden signifikant über dem Zufallswert von 0,5 lag ($p < 0,001$ für $N = 5$; $p < 0,01$ für $N = 6$; $p < 0,05$ für $N = 1$). Somit ließen sich in Experiment 3A mit der neuen Objektfarben-Aufgabe signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten nachweisen. Die ermittelten Rekognitionsleistungen können jedoch nur als mäßig bezeichnet werden.

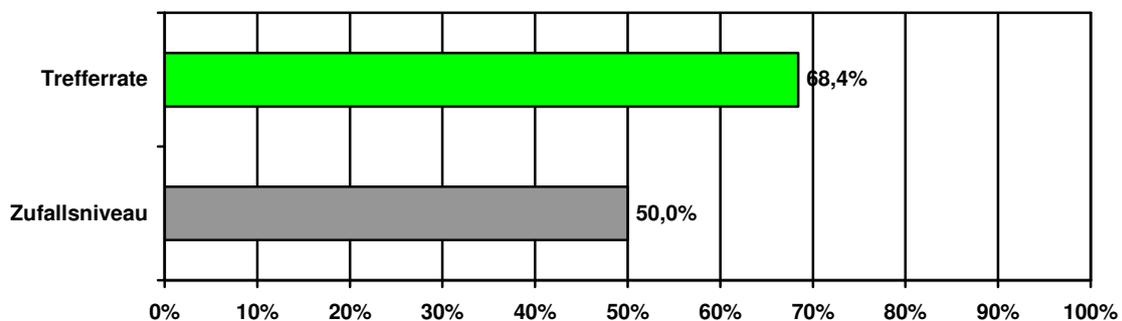


Abbildung 6.5.1.2: Mittelwerte der Trefferraten und Ratewahrscheinlichkeit in Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3A)

6.5.1.2.2 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Konfidenz

In der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe wurden durchschnittlich 13,7% der Antworten als „sehr unsicher“, 36,6% als „unsicher“, 28,2% als „sicher“ und 21,5% als „sehr sicher“ beurteilt (s. Abbildung 6.5.1.3).

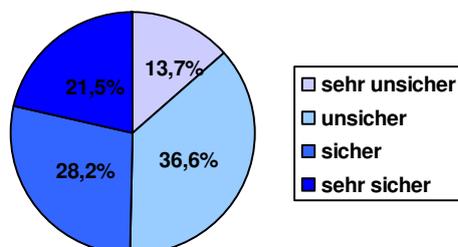


Abbildung 6.5.1.3: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“ und „sehr sicher“ beurteilten Antworten in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3A)

Die Probanden beurteilten also ungefähr die Hälfte ihrer Farbwahlen als „unsicher“ und die Hälfte als „sicher“. Wie in den vorangehenden Experimenten waren sich die Versuchsteilnehmer in der Testphase erneut nicht bei allen Farbangaben sicher. Über die vier Konfidenzkategorien hinweg fand sich eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Trefferrate: Die niedrigste Trefferrate fand sich auf der Stufe „sehr unsicher“ und die höchste Trefferrate auf der Stufe „sehr sicher“¹¹.

6.5.1.2.3 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

In Experiment 3A wurden durchschnittlich 96,1% der in der Testphase abgefragten Objekte in der Studierphase mindestens einmal angeklickt; 3,9% der Objekte wurden kein einziges Mal angeklickt. Ein Proband klickte alle Objekte in der Studierphase mindestens einmal an. Zu angeklickten Objekten wurden durchschnittlich zu 69,0% ($s = 4,7\%$) richtige Farben ausgewählt; zu nicht angeklickten Objekten waren es durchschnittlich 58,6% ($s = 36,0\%$; s. Abbildung 6.5.1.4).

¹¹ Mittelwerte der Objektfarben-Trefferraten auf den einzelnen Konfidenzstufen: „sehr unsicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,52$; „unsicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,61$; „sicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,70$; „sehr sicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,91$

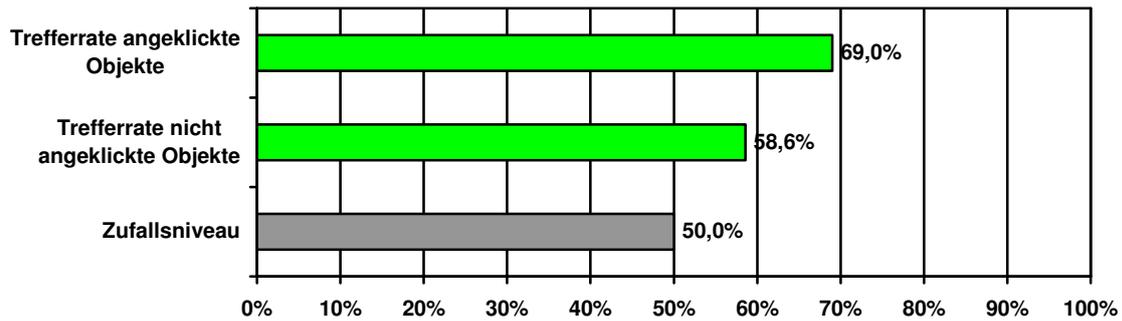


Abbildung 6.5.1.4: Mittelwerte der Trefferraten und Ratewahrscheinlichkeit zu angeklickten und nicht angeklickten Objekten in Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3A)

Um zu überprüfen, ob sich auch in Experiment 3A ein Zusammenhang zeigt zwischen dem Ausmaß, in dem Objekten in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt wird, gemessen über die Anzahl Klicks auf Objekte im Aufmerksamkeitstest, und späteren Gedächtnisleistungen für Objektfarben, wurden ähnliche Auswertungen vorgenommen wie in den vorangegangenen Experimenten. Die Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3A unterschied sich jedoch in einem wichtigen Punkt von den *cued recall*-Aufgaben der Experimente 1 und 2: Die neue Objektfarben-Aufgabe ist eine *forced choice*-Aufgabe. Hier waren Probanden gezwungen zu raten, wenn sie sich nicht an die Farbe eines Objekts erinnern. Richtige Farbwahlen können daher auch durch Raten entstanden sein. Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wurden zusätzliche Auswertungen vorgenommen, in die die Konfidenzangaben zu den Farbwahlen einbezogen wurden. Wenn Versuchsteilnehmer raten, so wurde angenommen, geben sie gleichzeitig an, dass sie sich bei ihrer Farbwahl nicht sicher sind. In den ergänzenden Auswertungen wurden die Antworten in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe daher um die dazugehörigen Konfidenzurteile gewichtet, damit die durch Raten entstandenen Treffer weniger Gewicht erhalten. Für die Konfidenzkategorien „sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“ und „sehr sicher“ wurden jeweils die Gewichte 1, 2, 3 und 4 vergeben. Im Falle einer richtigen Farbangabe wurde dieser Konfidenzwert mit dem Faktor +1, im Falle einer falschen Farbangabe mit dem Faktor -1 multipliziert (vgl. Amano, Uchikawa & Kuriki, 2002).

Wie in den vorangegangenen Untersuchungen wurde in einer ersten Auswertung eine Aufteilung der Objektitems abhängig von der Anzahl Klicks vorgenommen, die Objekte während des Aufmerksamkeitstests in der Studierphase erhalten hatten. Alle Objekte, die ein Proband in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe beurteilt hatte, wurden vier Gruppen

zugewiesen, nämlich Gruppen von Objekten, die kein einziges Mal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickt worden waren. Pro Proband wurde die Trefferrate in jeder dieser vier Objektgruppen ermittelt, Gruppenunterschiede wurden dann in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht, bei der eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen wurde.

Tabelle 6.5.1.1 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen der Trefferraten in den vier Objektgruppen. Es ergab sich eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Trefferrate: Je häufiger Objekte bei der Präsentation der Szenen angeklickt worden waren, desto häufiger wurden ihre Farben in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe richtig ausgewählt. Diese Gruppenunterschiede erwiesen sich allerdings nicht als signifikant ($F(1,287, 14,161) = 2,091$; $p = 0,169$; $\varepsilon^2 = 0,160$).

Tabelle 6.5.1.1: Trefferraten zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3A)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	53,75%	38,25%
1-2 Klicks	63,33%	9,17%
3 Klicks	68,25%	9,20%
3 < Klicks	73,93%	8,16%

Um die Konfidenzurteile zu den Farbangaben in diese Auswertung einzubeziehen, wurde zusätzlich anstelle der durchschnittlichen Trefferrate pro Objektgruppe ein Trefferscore berechnet: Bei einer richtigen Farbwahl wurde der Wert des dazugehörigen Konfidenzurteils („sehr unsicher“: 1, „unsicher“: 2, „sicher“: 3, „sehr sicher“: 4) mit dem Faktor +1, bei einer falschen Farbwahl mit dem Faktor -1 multipliziert. Die so ermittelten gewichteten Treffer- und Fehlerwerte wurden dann für jede Objektgruppe aufsummiert. Gruppenunterschiede wurden erneut in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade untersucht.

In Tabelle 6.5.1.2 sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Trefferscores in den vier Objektgruppen wiedergegeben. Erneut ergab sich zwischen den vier Objektgruppen eine numerische Abstufung: Je mehr Klicks Objekte in der Studierphase erhalten hatten, desto höher war ihr Trefferscore in der Objektfarben-Aufgabe. Diese Gruppenunterschiede erwiesen sich nun als signifikant ($F(1,794, 19,738) = 3,927$; $p < 0,05$; $\varepsilon^2 = 0,263$). In a posteriori Einzelvergleichen mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-

Adjustierung zeigte sich, dass sich die Gruppe der ein- und zweimal angeklickten Objekte signifikant von der Gruppe der mehr als dreimal angeklickten Objekte unterscheidet.

Tabelle 6.5.1.2: Trefferscores zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3A)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	0,40	1,43
1-2 Klicks	0,81	0,50
3 Klicks	1,12	0,68
3 < Klicks	1,52	0,63

Für eine zweite Auswertung wurde eine Aufteilung der Daten ausgehend von den Ergebnissen der Objektfarben-Aufgabe vorgenommen. Pro Proband wurden alle Objektitems zunächst in zwei Gruppen unterteilt je nachdem, ob zu ihnen die richtige Farbversion ausgewählt worden war oder nicht. Für jeden Probanden wurde dann die durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte der beiden Gruppe in der Studierphase erhalten hatten. Unterschiede zwischen den beiden Gruppen wurden in einem t-Test für abhängige Stichproben untersucht. Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der beiden Gruppen sind in Tabelle 6.5.1.3 angegeben.

Tabelle 6.5.1.3: Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen falsche und richtige Farben gewählt wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3A)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
falsche Farbwahl	2,86	0,69
richtige Farbwahl	3,18	0,64

Es zeigte sich, dass Objekte, deren Farben in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe richtig ausgewählt wurden, zuvor signifikant häufiger angeklickt worden waren als Objekte, zu denen in der Objektfarben-Aufgabe eine falsche Farbe gewählt wurde ($t = -3,903$; $df = 11$; $p < 0,01$; $r = .907$).

Um die Höhe der Konfidenzurteile zu den Farbangaben in diese Auswertung einzubeziehen, wurden die Objekte, die ein Proband in der Rekognitionsaufgabe bearbeitet hatte, nun in acht Gruppen unterteilt: Vier Gruppen für richtige Farbwahlen auf den vier Konfidenzstufen und vier Gruppen für falsche Farbangaben auf den vier Konfidenzstufen. Für jeden Probanden

wurde wiederum die durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte der Gruppen erhalten hatten. Gruppenunterschiede wurden dann in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Richtigkeit der Farbangabe (richtig vs. falsch) und Höhe des Konfidenzurteils („sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“, „sehr sicher“) untersucht. Dabei wurde eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen. In Tabelle 6.5.1.4 sind Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der acht Gruppen angegeben (s.a. Abbildung 6.5.1.5.).

Tabelle 6.5.1.4: Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen falsche und richtige Farben gewählt und die Konfidenzurteile „sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“ und „sehr sicher“ abgegeben wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3A)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
falsche Farbwahl - „sehr unsicher“	2,53	1,08
falsche Farbwahl - „unsicher“	2,83	0,76
falsche Farbwahl - „sicher“	2,67	1,12
falsche Farbwahl - „sehr sicher“	1,72	2,05
richtige Farbwahl - „sehr unsicher“	2,58	1,39
richtige Farbwahl - „unsicher“	2,87	0,42
richtige Farbwahl - „sicher“	3,16	0,64
richtige Farbwahl - „sehr sicher“	3,67	0,86

Numerisch zeigte sich auf jeder Konfidenzstufe, dass Objekte, zu denen eine richtige Farbe gewählt wurde, häufiger angeklickt worden waren als Objekte, zu denen eine falsche Farbe gewählt wurde. Eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Anzahl Klicks in Abhängigkeit von der Höhe des Konfidenzurteils fand sich allerdings nur bei Objekten, zu denen eine richtige Farbe angegeben worden war. Objekte, zu denen richtige Farben mit hoher Konfidenz gewählt wurden, waren in der Studierphase häufiger angeklickt worden als Objekte, zu denen richtige Farben mit niedriger Konfidenz gewählt wurden. Die Varianzanalyse ergab dementsprechend nur für den Faktor Richtigkeit der Farbangabe einen signifikanten Haupteffekt (Richtigkeit der Farbangabe: $F(1,000, 11,000) = 8,006$; $p < 0,05$; $\epsilon^2 = 0,421$); Höhe des Konfidenzurteils: $F(2,010, 22,108) = 0,674$; $p = 0,520$; $\epsilon^2 = 0,058$). Zusätzlich fand sich ein signifikanter Interaktionseffekt $F(2,230, 24,529) = 4,445$; $p < 0,05$; $\epsilon^2 = 0,288$): Die Höhe des Konfidenzurteils hing nur bei richtigen und nicht bei falschen Farbwahlen durchweg positiv mit der Anzahl Klicks zusammen, die Objekte der jeweiligen Gruppe im Aufmerksamkeitstest erhalten hatten. Je höher die Konfidenz mit der richtige

Farbwahlen getroffen wurden, desto mehr Klicks hatten Objekte zuvor erhalten. Bei falschen Farbwahlen gilt dies nur für die beiden niedrigsten Konfidenzstufen „sehr unsicher“ und „unsicher“; wenn falsche Objektfarben mit der Konfidenz „sicher“ oder „sehr sicher“ gewählt wurden, hing die Höhe des Konfidenzurteils negativ mit der Anzahl Klicks zusammen. Da die durchschnittliche Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen richtige Farbwahlen getroffen wurden, jedoch auf allen Konfidenzstufen höher war als die auf Objekte, zu denen falsche Farbwahlen getroffen wurden, liegt eine hybride Interaktion vor (vgl. Bortz, 1993).

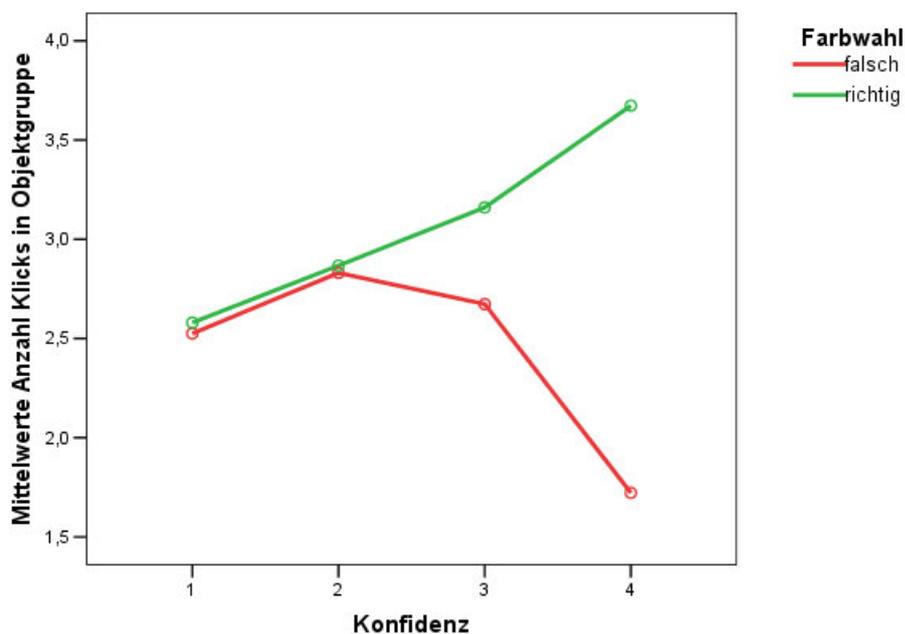


Abbildung 6.5.1.5: Mittelwerte der Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen falsche und richtige Farbwahlen getroffen und die Konfidenzurteile „sehr unsicher“ (1), „unsicher“ (2), „sicher“ (3) und „sehr sicher“ (4) abgegeben wurden (Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3A)

Wertete man die Objekte, zu denen in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe richtige und falsche Farben ausgewählt wurden, getrennt aus, indem jeweils eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Höhe des Konfidenzurteils und Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade durchgeführt wurde, konnten für Objekte, zu denen richtige Farbwahlen getroffen wurden, ein signifikanter Effekt der Höhe des Konfidenzurteils nachgewiesen werden ($F(1,319, 14,511) = 5,868$; $p < 0,05$; $\epsilon^2 = 0,348$). A posteriori Einzelvergleiche mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung ergaben, dass sich Objekte, zu denen richtige Farben mit der Konfidenz „sehr sicher“ angegeben wurden, signifikant von den Gruppen von Objekten unterschieden, zu

denen richtige Farben mit der Konfidenz „sicher“ und „unsicher“ gewählt wurden. Bei Objekten, zu denen in der Objektfarben-Aufgabe falsche Farben gewählt wurden, war dagegen kein solcher Effekt zu ermitteln ($F(2,099, 23,089) = 1,827$; $p = 0,182$; $\varepsilon^2 = 0,142$).

Als dritte Auswertung wurden Korrelationen über Objektitems berechnet. Dazu wurde einerseits aufsummiert, wie oft ein Objekt von allen Probanden in der Studierphase angeklickt worden war und zum anderen wie oft seine Farbe von allen Probanden richtig genannt werden konnte. Es ergab sich eine kleine positive Korrelation, für die ein Trend in Richtung Signifikanz bestand ($r = .191$; $p = 0,056$).

Um die Konfidenzangaben in diese Auswertung einzubeziehen, wurde anstelle der Summe richtiger Farbangaben für jedes Objekt ein Trefferscore berechnet. Bei einer richtigen Farbwahl wurde der dazugehörige Konfidenzwert mit dem Faktor +1, bei einer falschen Farbwahl mit dem Faktor -1 multipliziert, die so ermittelten gewichteten Treffer- und Fehlerwerte wurden dann für jedes Objekt aufsummiert. Zwischen den Trefferscores und der Summe Klicks auf Objekte ergab sich eine etwas höhere positive Korrelation, die das 5%-Signifikanzniveau erreichte ($r = .205$; $p < 0,05$).

Insgesamt konnte also auch mit den Ergebnissen der neuen Objektfarben-Aufgabe ein Zusammenhang nachgewiesen werden zwischen dem Umfang, in dem Objekte in der Studierphase Aufmerksamkeit erhalten, gemessen über die Anzahl Klicks auf Objekte im Aufmerksamkeitstest, und Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten. Zusätzlich war ein Zusammenhang zu beobachten zwischen dem Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten und der Höhe der Konfidenzangaben bei richtigen Farbangaben: Zu Objekten, die mehr Aufmerksamkeit erhalten hatten, wird später nicht nur häufiger eine richtige Farbe gewählt, richtige Farben werden außerdem mit größerer Sicherheit gewählt.

6.5.1.3 Diskussion Experiment 3A

Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben

In Experiment 3A ist es gelungen, mit der neuen Objektfarben-Aufgabe signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in natürlichen Szenen nachzuweisen. Die 2AFC-Rekognitionsaufgabe hat sich somit als geeignet erwiesen, um Gedächtnisleistungen für Objektfarben zu ermitteln und die mit der *cued recall*-Aufgabe erzielten

Ergebnisse der Experimente 1 und 2 zu replizieren, und kann nun in Experiment 3B zum Einsatz kommen. Farben von Objekten wurden in Experiment 3A in eher mäßigem Umfang erinnert. Auch in diesem Punkt gleichen die Ergebnisse der Objektfarben-Aufgabe von Experiment 3A denen der Experimente 1 und 2, da in den ersten Experimenten ebenfalls durchgehend nur zu wenigen Objekten die richtigen Farben angegeben werden konnten. Ein genauer Vergleich der Höhe der Farbgedächtnisleistungen in den Experimenten 1, 2 und 3A ist jedoch wegen der unterschiedlichen dort verwendeten Gedächtnistestmethoden nicht möglich.

Dadurch dass Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten in Experiment 3A mit einer 2AFC-Rekognitionsaufgabe erhoben wurden, kann die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben in dieser Untersuchung nun aber direkt mit der Höhe der Gedächtnisleistungen für visuelle Oberflächeninformation von Objekten in den Studien von Hollingworth und Henderson verglichen werden, in denen dieselbe Art Rekognitionsmethode eingesetzt wurde. Während Farben von Objekten in Experiment 3A durchschnittlich zu 68,4% richtig angegeben wurde, finden sich bei Hollingworth und Henderson zumeist höhere Gedächtnisleistungen für visuelle Objektinformation. In den Ergebnissen unterschiedlicher Studien der Autoren besteht jedoch bezüglich der Höhe der Gedächtnisleistungen eine gewisse Spannbreite. Bei Hollingworth und Henderson (2002) zeigten sich Objekt-*token*-Rekognitionsleistungen von 80,6% sowie Rekognitionsleistungen für die räumliche Orientierung von Objekten von 81,9%; bei Hollingworth (2005) waren es entsprechend 78,6% und 71,4%. Bei Hollingworth (2004) betrug Objekt-*token*-Rekognitionsleistungen jedoch nur 64,9%.

Unterschiede im Versuchsaufbau zwischen den hier durchgeführten Experimenten und denen von Hollingworth und Henderson, die sich darauf auswirken können, in welchem Umfang visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten langfristig erinnert werden, sind bereits unter 6.2.3 aufgeführt worden. Die Auswirkungen dieser Unterschiede lassen sich nun aufgrund der vorliegenden Ergebnisse von Experiment 2 genauer abschätzen: In Experiment 2C konnte kein störender Einfluss der Mausclick-Methode auf das Erinnern von Objektfarben nachgewiesen werden. Dennoch kann nicht vollends ausgeschlossen werden, dass ein solcher Einfluss besteht und dass die von Hollingworth und Henderson eingesetzten Methoden der Aufmerksamkeitsmessung mit dem Lernen visueller Oberflächenmerkmale von Objekten weniger interferiert haben als der Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode. In Experiment 2D wurde deutlich, dass Farben von Objekten nach intentionalem Lernen besser

erinnert werden können als nach inzidentellem Lernen. Der Umstand, dass Hollingworth und Henderson ihre Probanden stets ausdrücklich auf einen folgenden Gedächtnistest hinwiesen und ihnen die Art der dort zu treffenden Unterscheidungen demonstrierten, hat daher vermutlich zu höheren Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Objektinformation in den Studien der beiden Autoren geführt. Ob Objektfarben inzidentell oder intentional gelernt wurden, wirkte sich in den hier durchgeführten Untersuchungen jedoch nicht sonderlich stark auf die Höhe der visuellen Gedächtnisleistungen aus. Die Ergebnisunterschiede zwischen Experiment 3A und den Studien von Hollingworth und Henderson beruhen daher vermutlich in stärkerem Maße darauf, dass das Erinnern unterschiedlicher Arten visueller Objektinformation untersucht wurde. Da Unterscheidungen zwischen verschiedenen Objekt-*tokens* und unterschiedlich rotierten Objekten den vorliegenden Ergebnissen nach zumeist leichter zu treffen sind als Unterscheidungen zwischen unterschiedlich colorierten Objekten, lässt sich schließen, dass verschiedene Arten visueller Oberflächeninformation von Objekten in natürlichen Szenen langfristig offenbar in unterschiedlichem Umfang erinnert werden.

Der Frage, inwieweit verschiedene Arten von Information zu Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erhalten bleiben, wurde in Experiment 3B weiter nachgegangen. Hier wurden Langzeitgedächtnisleistungen für Farben und konzeptuelle Klassenzugehörigkeit von Objekten erhoben und in ihrer Höhe verglichen. Indem Gedächtnisleistungen für diese beiden Arten von Objektinformation zueinander in Bezug gesetzt werden, kann genauer veranschaulicht werden, in welchem Umfang visuelle Oberflächeninformation zu Farben von Objekten inzidentell gelernt und langfristig erinnert wird.

Gedächtnis für Objektfarben und Aufmerksamkeit

Der Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt worden ist, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben, der bereits in den Experimenten 1 und 2 ermittelt werden konnte, fand sich auch in Experiment 3A. Erneut zeigte sich, dass Farben von Objekten, die im Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode häufiger angeklickt wurden, besser erinnert werden konnten als Farben von weniger häufig angeklickten Objekten. Dass sich ähnliche Ergebnisse erzielen lassen, wenn zum Erheben von Farbgedächtnisleistungen statt einer *cued recall*-Aufgabe eine Rekognitionsaufgabe verwendet wird, verstärkt den Eindruck, dass es sich bei dem beobachteten Zusammenhang um einen konsistenten Effekt handelt: Bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen können visuelle Oberflächenmerkmale von stärker beachteten Objekten langfristig besser erinnert werden.

Zusätzlich zeigte sich in Experiment 3A ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß, in dem Objekte in der Studierphase Aufmerksamkeit erhalten hatten, und der Höhe des Konfidenzurteils zu richtigen Farbwahlen in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe: Zu stärker beachteten Objekten konnten richtige Farben mit höherer Sicherheit gewählt werden. Bei falschen Farbwahlen war dagegen kein solcher Effekt zu beobachten. Der unterschiedliche Einfluss der Höhe der Konfidenzurteile zu falschen und richtigen Farbwahlen war nicht erwartet worden, und es ist unklar, ob dieses Ergebnis lediglich durch Ausreißergruppen zustande gekommen ist. Eine weitergehende Bewertung wird daher erst im Zusammenhang mit den Ergebnissen von Experiment 3B vorgenommen, in dem ähnliche Auswertungen gemacht werden.

6.5.2 Experiment 3B

In den vorangehenden Experimenten 1, 2 und 3A konnte wiederholt gezeigt werden, dass von Objekten in natürlichen Szenen visuelle Oberflächeninformation zu Farbe langfristig in signifikantem, aber eher geringem Umfang erinnert wird. Darüber hinaus hatte sich in Experiment 1 gezeigt, dass zumeist auch nicht vollständig erinnert wird, welche Art von Objekten sich in einer Szene befunden haben. Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen scheinen demnach einerseits wenig visuelle Oberflächeninformation von Objekten zu enthalten und andererseits auch unvollständig zu sein, was ihr Objekt-Inventar angeht. Ziel von Experiment 3B war es nun zu ermitteln und zu vergleichen, in welchem Umfang diese beiden unterschiedlichen Arten von Information zu Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden. Ein solcher Vergleich macht deutlich, wie genau natürliche Szenen im Langzeitgedächtnis repräsentiert werden. Um einen direkten Vergleich anstellen zu können, wurden beide Informationsarten - visuelle Information zu Objektfarben und konzeptuelle Objekt-*type*-Information - mit 2AFC-Rekognitionsaufgaben erhoben. Langzeitgedächtnisleistungen für konzeptuelle Objektinformation wurden dabei mit einer neuen Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe ermittelt.

Darüber hinaus wurde in Experiment 3B wie in den vorangegangenen Experimenten untersucht, ob sich ein Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen spontan Aufmerksamkeit zugewandt wird, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben beobachten lässt. Zusätzlich wurde ermittelt, ob ein ähnlicher Zusammenhang zwischen der Höhe der Aufmerksamkeitszuwendung und dem Erinnern von Objekt-*type*-Information besteht.

6.5.2.1 Methode Experiment 3B

6.5.2.1.1 Stichprobe

An Experiment 3B nahmen 21 Studenten (17 weiblich, 4 männlich) der Universität Hamburg im Alter zwischen 20 und 45 Jahren teil (in Mittel 27,8 Jahre).

6.5.2.1.2 Vorgehen

Das Klicktraining und die Studierphase von Experiment 3B wurden durchgeführt wie unter 6.1 beschrieben. Nach der Studierphase und der daran anschließenden Distraktorphase wurden zwei Rekognitionsaufgaben durchgeführt: Eine 2AFC-Rekognitionsaufgabe zum Gedächtnis für Objekt-*type*-Information, die im folgenden Abschnitt genauer dargestellt wird, und die unter 6.5.1.1.3 beschriebene Objektfarben-Rekognitionsaufgabe. Die beiden Rekognitionsaufgaben wurden jeweils abwechselnd vorgegeben. Zu jeder Szene wurde zuerst die Objekt-*type*-Aufgabe und dann die Objektfarben-Aufgabe vorgelegt. Da in der Objektfarben-Aufgabe alle Objekte einer Szene gezeigt wurden, musste die Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe immer vor der Objektfarben-Aufgabe durchgeführt werden, die Abfolge dieser beiden Gedächtnistests war somit festgelegt. Die Rekognitionsaufgaben zu konzeptueller Objektinformation und zu Objektfarben dauerten durchschnittlich 26 Minuten; das gesamte Experiment 3B dauerte im Durchschnitt 43 Minuten.

6.5.2.1.3 Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe

Mit der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B wurde ermittelt, inwieweit Probanden die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit der innerhalb einer Szene gezeigten Objekte erinnern, um vergleichen zu können, inwieweit semantische und visuelle Information zu Objekten in natürlichen Szenen langfristig erinnert wird. Abbildung 6.5.2.1 zeigt einen Ausschnitt des Aufgabenbildschirms der Objekt-*type*-Aufgabe.

Die Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B wurde als 2AFC-Aufgabe durchgeführt. Bei der Bearbeitung der Aufgabe wurde den Probanden als *cue* eine uncolorierte Strichzeichnungsversion der jeweiligen Szene gezeigt, aus der die zu testenden Objekte entfernt worden waren. Ein grauer Asterisk (Schriftgröße Punkt 30) markierte eine Position in der Szenenabbildung. Aus einer Liste von zwei Objektbezeichnungen neben der Szenenabbildung sollten die Probanden das Objekt auswählen, das sich in der Originalszene an der markierten Stelle befunden hatte. Target- und Distraktoritems waren dabei wiederum zufällig und ausbalanciert auf die Listenpositionen 1 und 2 verteilt. Zusätzlich zur Auswahl der Objektbezeichnung sollte ein vierstufiges Konfidenzurteil abgegeben werden („sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“, „sehr sicher“).

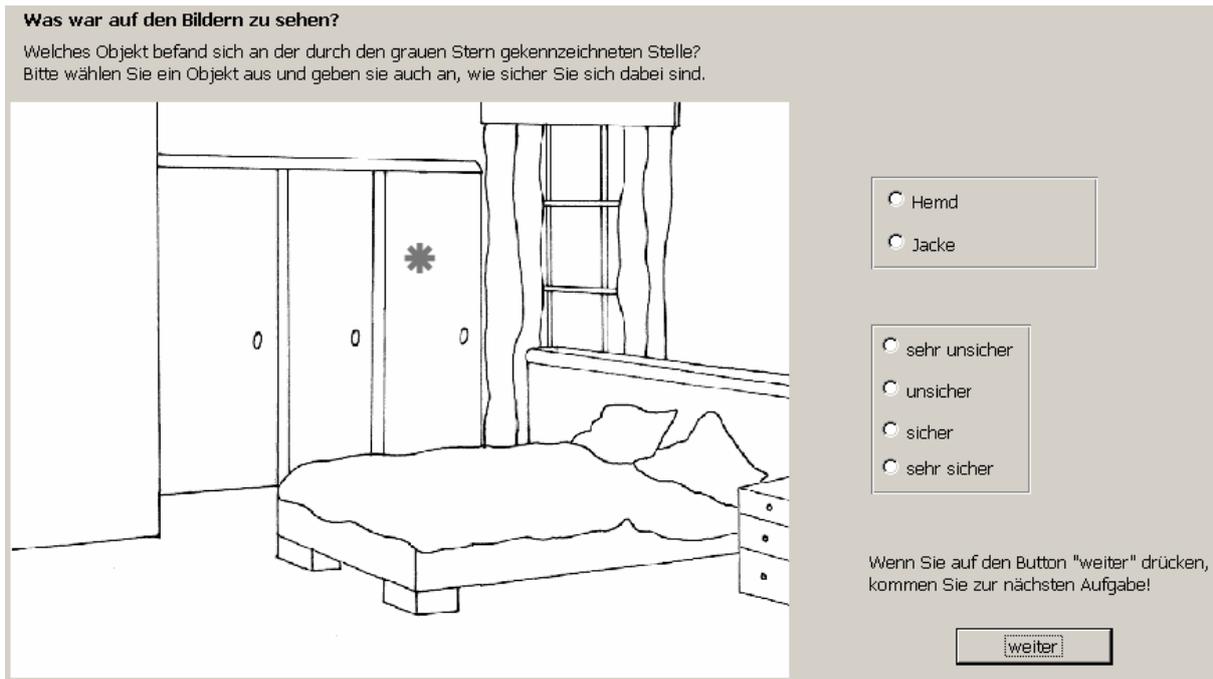


Abbildung 6.5.2.1: Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

In der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe sollte in erster Linie zwischen zwei Objekten unterschiedlicher konzeptueller Klassenzugehörigkeit unterschieden werden. Obwohl die Szenenabbildung einen großen Raum auf dem Aufgabenbildschirm einnahm, diente sie als Szenen-*cue* lediglich dazu, die Rekognition zu erleichtern, indem die Position des Testobjekts angegeben wurde. In der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B wurde also ein ähnlicher Szenen-*cue* verwendet wie in der Objektfarben-Aufgabe.

Als Distraktoren dienten Bezeichnungen von Objekten, die einer anderen konzeptuellen Kategorie als das Target-Objekt angehören. Bei der Wahl der Distraktoren wurde darauf geachtet, dass Target- und Distraktor-Objekte in etwa dieselbe Größe haben und dass sich das Distraktor-Objekt in der jeweiligen Szene mit hoher Wahrscheinlichkeit an derselben Position befunden haben könnte wie das Target-Objekt. Zu über 80% wurden für die Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B dieselben Distraktorbegriffe verwendet wie in der Objekt-Rekognitionsaufgabe von Experiment 1 (s. Anhang 10.2.5).

In der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B wurden 87 Objekte abgefragt. Alle Objektitems der Objektfarben-Aufgabe auch in der Rekognitionsaufgabe zu konzeptueller Objektinformation abzufragen, war nicht möglich, da sich zu einigen Target-Objekten (z.B. Gardinen, Tische) keine Distraktor-Objekte finden ließen, die sich mit ähnlicher Wahrscheinlichkeit an denselben Szenenposition befunden haben könnten.

6.5.2.2 Ergebnisse Experiment 3B

6.5.2.2.1 Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten

In der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B erzielten die Probanden eine durchschnittliche Trefferrate von 66,4% (66,4 von 100 Objektfarben; $s = 8,1\%$; s. Abbildung 6.5.2.2). Die Trefferrate aller Probanden lag numerisch über 50%, anders als in Experiment 3A ergaben einseitige Binomialtests jedoch, dass der Anteil richtiger Objektfarben-Unterscheidungen in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe insgesamt bei fünf Probanden nicht signifikant über dem Zufallswert von 0,5 lag ($p < 0,001$ für $N = 8$; $p < 0,01$ für $N = 4$; $p < 0,05$ für $N = 4$). Wie im Online-Experiment 2B konnten somit auch in Experiment 3B nicht alle Probanden Farben von Objekten in signifikantem Umfang erinnern. Für 76% der Versuchsteilnehmer ließen sich in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B jedoch signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten nachweisen.

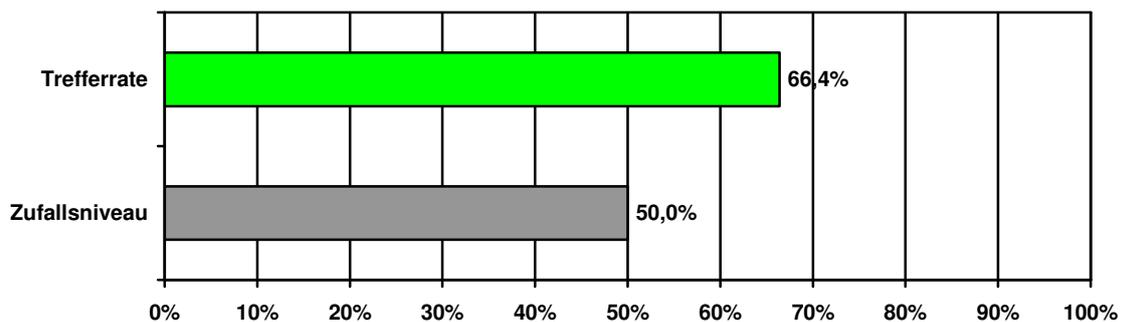


Abbildung 6.5.2.2: Mittelwerte der Trefferraten und Ratewahrscheinlichkeit in Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

Verglichen mit Experiment 3A lag die durchschnittliche Trefferrate in der Objektfarben-Aufgabe von Experiment 3B zwar numerisch etwas niedriger, es ließen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Rekognitionsleistungen der Versuchsteilnehmer in den Objektfarben-Aufgaben der beiden Experimente nachweisen ($t = 0,780$; $df = 31$; $p = 0,441$). Die Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten erwiesen sich auch in Experiment 3B als eher mäßig.

6.5.2.2.2 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Konfidenz

In der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B wurden durchschnittlich 11,2% der Antworten als „sehr unsicher“, 44,6% als „unsicher“, 24,9% als „sicher“ und 18,3% als

„sehr sicher“ beurteilt, zu 1% der Antworten fehlten Konfidenzangaben (s. Abbildung 6.5.2.3). Die Probanden beurteilten also ungefähr die Hälfte ihrer Farbwahlen als unsicher und die Hälfte als sicher. Über die vier Konfidenzkategorien hinweg fand sich nahezu eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Trefferrate¹². Die Trefferrate auf der Stufe „unsicher“ fiel dabei jedoch aus der Reihe: Hier wurden durchschnittlich weniger Treffer erzielt als auf der Konfidenzstufe „sehr unsicher“.

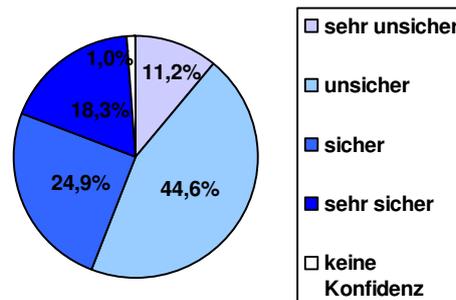


Abbildung 6.5.2.3: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“ und „sehr sicher“ beurteilten Antworten in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

6.5.2.2.3 Gedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information

In der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B erzielten die Probanden eine durchschnittliche Trefferrate von 79,8% (69,4 von 87 Objekten; $s = 9,8\%$; s. Abbildung 6.5.2.4).

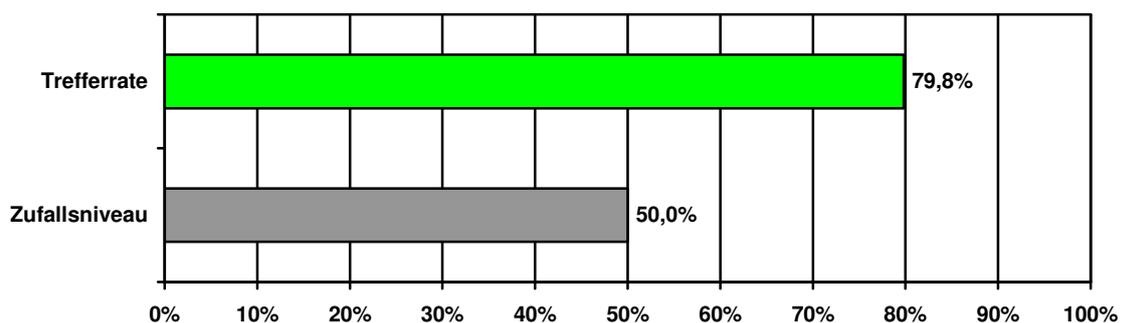


Abbildung 6.5.2.4: Mittelwerte der Trefferraten und Ratewahrscheinlichkeit in Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

¹² Mittelwerte der Objektfarben-Trefferraten auf den einzelnen Konfidenzstufen: „sehr unsicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,64$; „unsicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,61$; „sicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,71$; „sehr sicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,89$

Auch in dieser Aufgabe lag die Trefferrate aller Probanden numerisch über der Ratewahrscheinlichkeit von 50%. In einseitigen Binomialtests ließ sich für alle bis auf einen Probanden nachweisen, dass der Anteil richtiger Objekt-*type*-Unterscheidungen insgesamt signifikant über dem Zufallswert von 0,5 lag ($p < 0,001$ für $N = 18$; $p < 0,01$ für $N = 2$). Für den Probanden, der keine signifikanten Objekt-*type*-Gedächtnisleistungen erzielte, konnten auch in der Objektfarben-Aufgabe keine signifikanten Gedächtnisleistungen ermittelt werden. Für 95% der Probanden ließen sich in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B jedoch signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit der innerhalb der Szenen gezeigten Objekte nachweisen. Die Versuchsteilnehmer erinnerten sich also überwiegend in signifikantem Umfang daran, welche Art von Objekten in den Szenen gezeigt worden waren. Die Rekognitionsleistungen zu konzeptueller Objektinformation können dabei als gut bezeichnet werden.

6.5.2.2.4 Gedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information und Konfidenz

In der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B wurden durchschnittlich 12,1% der Antworten als „sehr unsicher“, 36,0% als „unsicher“, 20,3% als „sicher“ und 30,7% als „sehr sicher“ beurteilt, zu 0,9% der Antworten fehlten Konfidenzangaben (s. Abbildung 6.5.2.5). Die Probanden beurteilten also auch in diesem Gedächtnistest ungefähr die Hälfte ihrer Antworten als sicher. Wie in der Objektfarben-Aufgabe war auch in dieser Rekognitionsaufgabe über die vier Konfidenzkategorien hinweg eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Trefferrate zu beobachten¹³.

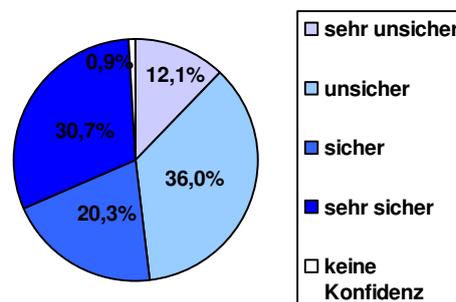


Abbildung 6.5.2.5: Mittelwerte der relativen Häufigkeiten von als „sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“ und „sehr sicher“ beurteilten Antworten in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

¹³ Mittelwerte der Objekt-*type*-Trefferraten auf den einzelnen Konfidenzstufen:
 „sehr unsicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,55$; „unsicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,71$; „sicher“: $p(\text{Treffer}) = 0,85$; „sehr sicher“:
 $p(\text{Treffer}) = 0,99$

6.5.2.2.5 Vergleich der Gedächtnisleistungen für Objektfarben und Objekt-type-Information

In der Objekt-type-Rekognitionsaufgabe von Experiment 3B ergab sich durchschnittlich eine deutlich höhere Trefferrate als in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (79,8% vs. 66,4%; s. Abbildung 6.5.2.6). Obwohl nicht alle Probanden (N = 3) in der Aufgabe zu konzeptueller Objektinformation höhere Trefferraten erzielten als in der Objektfarben-Aufgabe, konnten in einem t-Test für abhängige Stichproben signifikante Unterschiede zwischen den Trefferraten der Probanden in den beiden Rekognitionsaufgaben nachgewiesen werden ($t = -5,986$; $df = 20$; $p < 0,001$). Insgesamt wurde also besser erinnert, welche Art von Objekten in den Szenen vorgekommen waren als welche Farbe diese gehabt haben.

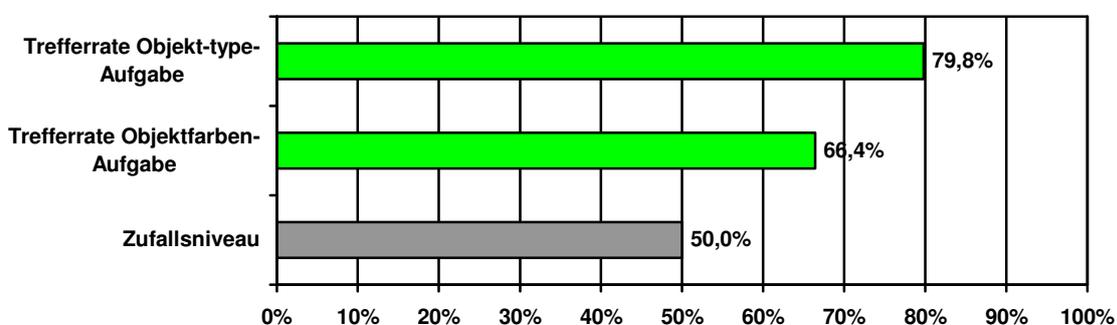


Abbildung 6.5.2.6: Mittelwerte der Trefferraten und Ratewahrscheinlichkeit in Objekt-type- und Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

Auch in den Konfidenzangaben fanden sich Unterschiede zwischen den beiden Rekognitionsaufgaben zu Objektfarben und Objekt-type-Information (s. Abbildungen 6.5.2.7 und 6.5.2.8). Fasst man die Konfidenzkategorien „sehr unsicher“ und „unsicher“ zu einer gemeinsamen Kategorie „unsicher“ sowie die Kategorien „sehr sicher“ und „sicher“ zu einer gemeinsamen Kategorie „sicher“ zusammen, zeigte sich, dass in der Objekt-type-Aufgabe signifikant mehr Antworten als „sicher“ beurteilt wurden ($\chi^2 = 23,816$; $df = 2$; $p < 0,001$). Betrachtet man die Verwendung einzelner Konfidenzkategorien, zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den beiden Aufgaben ($\chi^2 = 89,249$; $df = 4$; $p < 0,001$). Zur Beurteilung der Antworten in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe wurden häufiger mittlere Konfidenzkategorien verwendet. Es wurden etwas weniger Antworten als „sehr unsicher“ und viel weniger als „sehr sicher“ beurteilt, gleichzeitig wurden mehr Antworten als „unsicher“ und mehr als „sicher“ beurteilt.

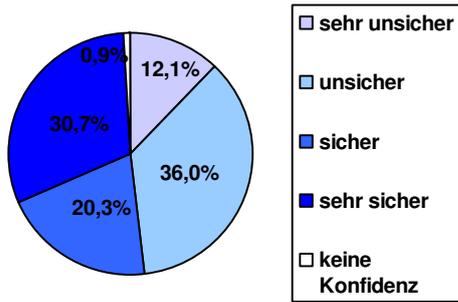


Abbildung 6.5.2.7:
Konfidenzangaben in Objekt-*type*-
Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

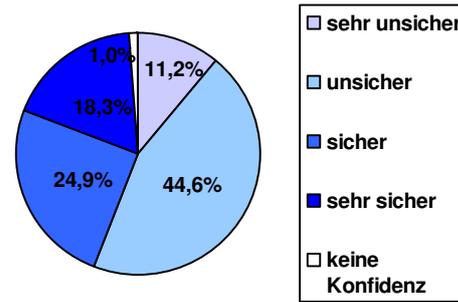


Abbildung 6.5.2.8:
Konfidenzangaben in Objektfarben-
Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

Die Versuchsteilnehmer von Experiment 3B konnten somit konzeptuelle Information von den innerhalb der Szenen gezeigten Objekten zumeist besser erinnern und mit höherer Sicherheit angeben als visuelle Oberflächeninformation zu Objektfarben.

Des Weiteren wurde untersucht, ob sich ein Zusammenhang zwischen den Gedächtnisleistungen in der Objekt-*type*- und der Objektfarben-Aufgabe finden lässt. Dabei wurde die Auswertung auf die Objektitems beschränkt, die in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe abgefragt wurden. Betrachtete man die Antworten aller Probanden insgesamt, zeigte sich, dass zu Objekten, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe richtig ausgewählt wurde, in der folgenden Objektfarben-Aufgabe auch häufiger die richtige Farbe gewählt wurde; zu Objekten, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit nicht richtig erkannt worden war, wurden weniger häufig richtige Farben gewählt ($\chi^2 = 4,255$; $df = 1$; $p < 0,05$). Wenn die Antworten einzelner Probanden untersucht wurden, konnten signifikante Zusammenhänge dieser Art in zweiseitigen Fishers exakten Tests jedoch nur bei 2 der 21 Versuchsteilnehmer nachgewiesen werden (s. Anhang 10.3.2).

Gewichtete man die Antworten in den beiden Rekognitionsaufgaben um die Höhe des dazu abgegebenen Konfidenzurteils, ließen sich bei einem Drittel der Probanden signifikante positive Korrelationen zwischen den Antworten in der Objektfarben- und der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe in einer Höhe zwischen $r = .230$ und $r = .389$ nachweisen ($p < 0,05$ für $N = 2$; $p < 0,01$ für $N = 5$). Bei den übrigen Versuchsteilnehmern zeigten sich kleinere positive ($N = 10$) und auch negative Zusammenhänge ($N = 4$; s. Anhang 10.3.2).

Obwohl ein Zusammenhang zwischen den Gedächtnisleistungen in den beiden Rekognitionsaufgaben zu Objektfarben und konzeptueller Objektinformation zu bestehen scheint, erwies er sich als eher gering und konnte nicht bei allen Probanden beobachtet werden.

6.5.2.2.6 Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten und Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

In Experiment 3B wurden durchschnittlich 93,9% der in der Testphase abgefragten Objekte in der Studierphase mindestens einmal angeklickt; 6,1% der Objekte wurden kein einziges Mal angeklickt. Zwei Probanden klickten alle Objekte mindestens einmal an. Zu angeklickten Objekten wurden durchschnittlich zu 67,8% ($s = 8,5\%$) richtige Farben ausgewählt; zu nicht angeklickten Objekten waren es durchschnittlich 45,0% ($s = 17,6\%$; s. Abbildung 6.5.2.9). Bei nicht angeklickten Objekten wurde die Ratewahrscheinlichkeit von 50% im Durchschnitt also nicht überschritten.

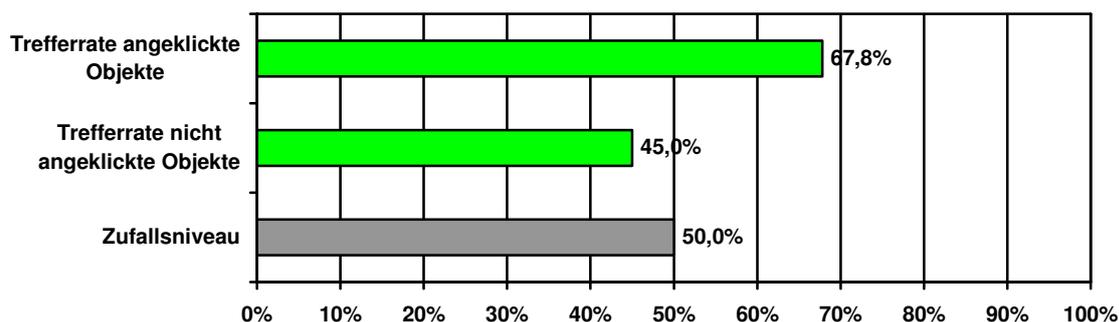


Abbildung 6.5.2.9: Mittelwerte der Trefferraten und Ratewahrscheinlichkeit zu angeklickten und nicht angeklickten Objekten in Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

Um einen Zusammenhang zwischen der Anzahl Klicks auf Objekte in der Studierphase und Gedächtnisleistungen für Objektfarben in der Testphase zu untersuchen, wurden dieselben Auswertungen vorgenommen wie in Experiment 3A (s. 6.5.1.2.3).

In einer ersten Auswertung wurden alle Objekte, die ein Proband in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe beurteilt hatte, in vier Gruppen unterteilt abhängig von der Anzahl Klicks, die sie bei der Szenenpräsentation erhalten hatten. Dabei wurden erneut Gruppen aus Objekten gebildet, die kein einziges Mal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickt worden waren. Pro Proband wurde für jede dieser vier Objektgruppen die durchschnittliche Trefferrate in der Objektfarben-Aufgabe ermittelt, Unterschiede zwischen

den Gruppen wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade untersucht.

In Tabelle 6.5.2.1 sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Trefferraten in den vier Objektgruppen angegeben. Zwischen den vier Objektgruppen ergab sich eine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Trefferrate: Je mehr Klicks Objekte bei der Präsentation der Szenen erhalten hatten, desto häufiger wurden ihre Farben in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe richtig ausgewählt. Diese Gruppenunterschiede erwiesen sich als signifikant ($F(2,003, 40,062) = 28,890$; $p < 0,001$; $\epsilon^2 = 0,591$). A posteriori Einzelvergleiche mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung ergaben, dass sich fast alle Objektgruppen signifikant voneinander unterschieden. Lediglich zwischen der Gruppe der ein- und zweimal angeklickten Objekte und der Gruppe der dreimal angeklickten Objekte zeigte sich kein signifikanter Unterschied. In Experiment 3B konnten in dieser Art Auswertung somit im Vergleich zu allen vorangegangenen Experimenten die meisten signifikanten Paarvergleiche nachgewiesen werden.

Tabelle 6.5.2.1: Trefferraten zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	40,71%	21,50%
1-2 Klicks	64,38%	11,24%
3 Klicks	65,95%	11,82%
3 < Klicks	75,76%	12,77%

Wie in Experiment 3A wurde in einer weiteren Auswertung anstelle der durchschnittlichen Trefferrate pro Objektgruppe ein Trefferscore berechnet, in den die Konfidenzangaben zu den Farbwahlen einfließen. Bei richtigen Farbwahlen wurde der dazugehörige Konfidenzwert mit dem Faktor +1, bei falschen Farbwahlen mit dem Faktor -1 multipliziert. Diese um Konfidenz gewichteten Treffer- und Fehlerwerte wurden für jede Objektgruppe aufsummiert und Unterschiede zwischen den Gruppen wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade untersucht.

In Tabelle 6.5.2.2 sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Trefferscores in den vier Objektgruppen wiedergegeben. Auch in dieser Auswertung ergab sich zwischen den vier Objektgruppen eine numerische Abstufung: Je mehr Klicks Objekte in der Studierphase erhalten hatten, desto höher war ihr Trefferscore in der Objektfarben-Aufgabe. Erneut erwiesen sich diese Gruppenunterschiede als signifikant ($F(2,325, 46,501) = 29,659$; $p <$

0,001; $\varepsilon^2 = 0,597$). In a posteriori Einzelvergleichen mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung ergab sich zudem für dieselben Paarvergleiche ein signifikantes Ergebnis wie in der zuvor beschriebenen Auswertung. Bis auf das Paar aus der Gruppe der ein- und zweimal angeklickten Objekte und der Gruppe der dreimal angeklickten Objekte unterschieden sich alle Gruppen signifikant voneinander.

Tabelle 6.5.2.2: Trefferscores zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	-0,20	0,95
1-2 Klicks	0,85	0,73
3 Klicks	1,13	0,87
3 < Klicks	1,59	0,92

In einer zweiten Auswertung wurde eine Aufteilung ausgehend von den Ergebnissen der Objektfarben-Aufgabe vorgenommen. Pro Proband wurden alle Objektitems in zwei Gruppen unterteilt je nachdem, ob zu ihnen die richtige Farbversion ausgewählt worden war oder nicht. Dann wurde die durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte der beiden Gruppe in der Studierphase erhalten hatten. Unterschiede zwischen den beiden Gruppen wurden in einem t-Test für abhängige Stichproben untersucht.

In Tabelle 6.5.2.3 sind Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der beiden Gruppen angegeben. Wie in Experiment 3A zeigte sich, dass Objekte, deren Farben in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe richtig ausgewählt wurden, zuvor signifikant häufiger angeklickt worden waren als Objekte, zu denen in der Objektfarben-Aufgabe eine falsche Farbe gewählt wurde ($t = -5,667$; $df = 20$; $p < 0,001$; $r = .859$).

Tabelle 6.5.2.3: Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen falsche und richtige Farben gewählt wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
falsche Farbwahl	2,42	0,55
richtige Farbwahl	2,76	0,46

In einer weiteren Auswertung wurden die Objektitems erneut in acht Gruppen unterteilt, vier Objektgruppen für richtige Farbwahlen auf den vier Konfidenzstufen und vier Objektgruppen für falsche Farbangaben auf den vier Konfidenzstufen. Pro Proband wurde wiederum die

durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte dieser Gruppen in der Studierphase erhalten hatten. Gruppenunterschiede wurden dann in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Richtigkeit der Farbangabe (richtig vs. falsch) und Höhe des Konfidenzurteils („sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“, „sehr sicher“) untersucht, dabei wurde eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen. In Tabelle 6.5.2.4 sind Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der acht Gruppen angegeben (s.a. Abbildung 6.5.2.10).

Tabelle 6.5.2.4: Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen falsche und richtige Farben gewählt und die Konfidenzurteile „sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“ und „sehr sicher“ abgegeben wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
falsche Farbwahl - „sehr unsicher“	1,75	1,10
falsche Farbwahl - „unsicher“	2,29	0,75
falsche Farbwahl - „sicher“	2,52	0,99
falsche Farbwahl - „sehr sicher“	1,76	1,45
richtige Farbwahl - „sehr unsicher“	2,07	0,92
richtige Farbwahl - „unsicher“	2,57	0,53
richtige Farbwahl - „sicher“	2,80	0,52
richtige Farbwahl - „sehr sicher“	3,08	0,90

Es zeigte sich eine ähnliche numerische Abstufung in der durchschnittlichen Anzahl Klicks zwischen den Objektgruppen wie in Experiment 3A: Auf allen Konfidenzstufen war zu beobachten, dass Objekte, zu denen richtige Farben gewählt wurden, in der Studierphase häufiger angeklickt worden waren als Objekte, zu denen falsche Farben gewählt wurden. Außerdem waren Objekte, zu denen Farben mit hoher Konfidenz gewählt wurden, fast durchgehend häufiger angeklickt worden als Objekte, zu denen Farben mit geringerer Konfidenz gewählt wurden; nur die Gruppe von Objekten, zu denen falsche Farbwahlen mit der Konfidenz „sehr sicher“ getroffen wurden, fiel hier aus der Reihe. Objekte dieser Gruppe waren durchschnittlich fast ebenso selten angeklickt worden wie Objekte, zu denen falsche Farbwahlen mit der Konfidenz „sehr unsicher“ getroffen wurden.

Anders als in Experiment 3A ergab die Varianzanalyse sowohl für den Faktor Richtigkeit der Farbangabe ($F(1,000, 20,000) = 22,219$; $p < 0,001$; $\epsilon^2 = 0,526$) als auch für den Faktor Höhe des Konfidenzurteils ($F(2,044, 40,872) = 4,541$; $p < 0,05$; $\epsilon^2 = 0,185$) einen signifikanten Haupteffekt. Erneut war auch ein signifikanter Interaktionseffekt zu beobachten ($F(1,601,$

32,013) = 4,426; $p < 0,05$; $\epsilon^2 = 0,181$). Wie in Experiment 3A ist die in dieser Auswertung ermittelte Interaktion als hybrid zu klassifizieren (vgl. Bortz, 1993). Die Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen richtige Farbwahlen getroffen wurden, war auf allen Konfidenzstufen höher als die auf Objekte, zu denen falsche Farben gewählt wurden. Der Haupteffekt der Richtigkeit der Farbangabe lässt sich daher eindeutig interpretieren. Der Haupteffekt der Höhe des Konfidenzurteils kann dagegen nicht interpretiert werden. Die Höhe der Konfidenzangaben zu richtigen Farbwahlen hing zwar durchweg positiv mit der Anzahl Klicks auf Objekte dieser Gruppen zusammen; bei falschen Farbwahlen gilt dies gleichermaßen für die ersten drei Konfidenzstufen „sehr unsicher“, „unsicher“ und „sicher“. Objekte, zu denen aber falsche Farben mit der Konfidenz „sehr sicher“ gewählt wurden, hatten im Aufmerksamkeitstest nahezu so wenige Klicks erhalten wie Objekte, zu denen falsche Farbwahlen mit der Konfidenz „sehr unsicher“ getroffen wurden.

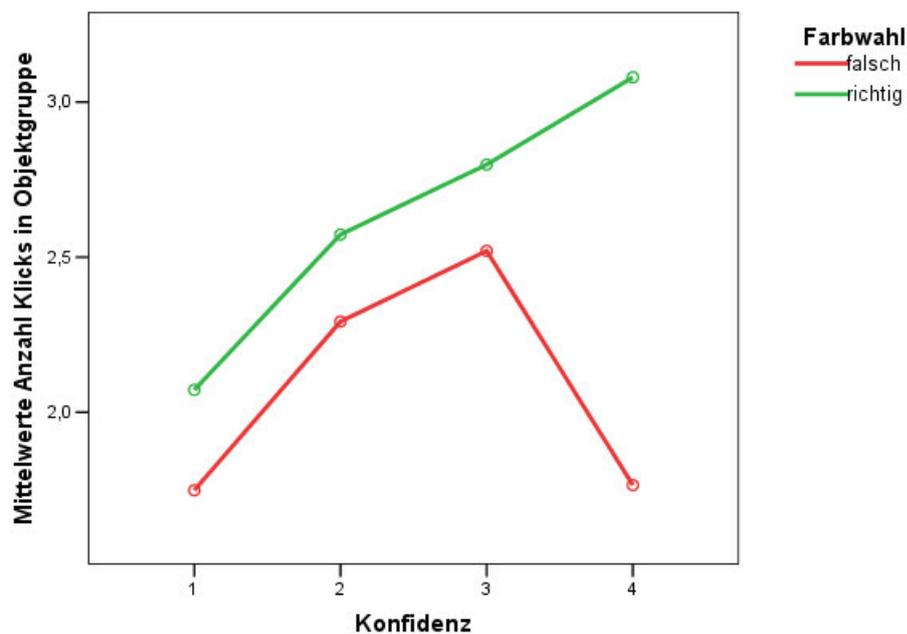


Abbildung 6.5.2.10: Mittelwerte der Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen falsche und richtige Farbwahlen getroffen und die Konfidenzurteile „sehr unsicher“ (1), „unsicher“ (2), „sicher“ (3) und „sehr sicher“ (4) abgegeben wurden (Objektfarben-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Führte man getrennte Auswertungen für Objekte durch, zu denen richtige und falsche Farbwahlen getroffen wurden, indem jeweils eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Höhe des Konfidenzurteils gerechnet wurde und eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen wurde, ließen sich ähnliche Ergebnisse

beobachten wie in Experiment 3A: Für Objekte, zu denen richtige Farbwahlen getroffen wurden, zeigte sich ein signifikanter Effekt der Höhe des Konfidenzurteils ($F(1,909, 38,172) = 10,038$; $p < 0,001$; $\varepsilon^2 = 0,334$). Bei Objekten, zu denen falsche Farben gewählt wurden, war erneut kein solcher Effekt zu ermitteln ($F(1,873, 37,451) = 2,688$; $p = 0,084$; $\varepsilon^2 = 0,118$). A posteriori Einzelvergleiche mittels t-Tests für abhängige Stichproben mit Bonferroni-Adjustierung ergaben, dass sich Objekte, zu denen richtige Farben mit der Konfidenz „sehr unsicher“ gewählt wurden, in der Anzahl Klicks, die sie im Aufmerksamkeitstest erhalten hatten, signifikant von den Gruppen von Objekten unterschieden, zu denen richtige Farben mit der Konfidenz „sicher“ und „sehr sicher“ gewählt wurden. Zusätzlich fand sich ein signifikanter Unterschied zwischen Objekten, zu denen richtige Farben mit der Konfidenz „unsicher“ gewählt wurden, und der Gruppen von Objekten, zu denen richtige Farben mit der Konfidenz „sehr sicher“ gewählt wurden.

Als dritte Auswertung wurden Korrelationen über Objektitems berechnet. Für jedes Objekt wurde aufsummiert, wie oft es von allen Probanden in der Studierphase angeklickt worden war und wie oft seine Farbe in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe von allen Probanden richtig ausgewählt wurde. Es ergab sich eine signifikante positive Korrelation ($r = .308$; $p < 0,01$). Diese Korrelation zwischen der Anzahl Klicks auf Objekte und der Anzahl richtiger Farbangaben war im Vergleich zu allen anderen Experimenten die höchste.

In eine weitere Korrelationsberechnung wurden die Konfidenzangaben zu den Farbwahlen einbezogen, indem der Wert des zu einer Farbwahl abgegebenen Konfidenzurteils bei einer richtigen Farbwahl mit dem Faktor +1 und bei einer falschen Farbwahl mit dem Faktor -1 multipliziert wurde, und die so ermittelten gewichteten Treffer- und Fehlerwerte für jedes Objektitem zu einem Trefferscore aufsummiert wurden. Zwischen der Anzahl Klicks auf Objekte und den Trefferscores ergab sich eine noch etwas höhere positive Korrelation ($r = .314$; $p < 0,01$).

Insgesamt konnte auch in Experiment 3B ein Zusammenhang nachgewiesen werden zwischen dem Umfang, in dem Objekte in der Studierphase Aufmerksamkeit erhalten haben, gemessen über die Anzahl Klicks im Aufmerksamkeitstest mit der Mausklick-Methode, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in der Testphase: Zu Objekten, die in der Studierphase spontan mehr beachtet worden waren, wurden in der Objektfarben-Rekognitionsaufgabe häufiger richtige Farben gewählt. Verglichen mit allen vorangegangenen Experimenten zeigte sich der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeits- und Farbgedächtnisdaten in diesem

Experiment am stärksten. Darüber hinaus war in Experiment 3B ähnlich wie in Experiment 3A bei richtigen Farbwahlen ein signifikanter Zusammenhang zu beobachten zwischen dem Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten und der Höhe der Konfidenzurteile, die zu den Farbwahlen abgegeben wurden: Zu Objekten, die zuvor mehr Aufmerksamkeit erhalten hatten, wurden richtige Farben mit größerer Sicherheit gewählt.

6.5.2.2.7 Gedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information und Zuwenden von visueller Aufmerksamkeit zu Objekten in der Studierphase

In Experiment 3B konnte der bereits aus den vorangegangenen Experimenten bekannte Zusammenhang zwischen dem Ausmaß, in dem Objekten in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt wurde, und Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten erneut beobachtet werden. Zusätzlich zu diesem Aufmerksamkeitseffekt wurde in Experiment 3B untersucht, ob sich auch ein Zusammenhang zwischen dem Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung und Langzeitgedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information finden lässt. Dazu wurden ähnliche Auswertungen vorgenommen wie unter 6.5.2.2.6.

In einer ersten Auswertung wurden alle Objektitems, die ein Proband in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe bearbeitet hatte, in vier Gruppen unterteilt, nämlich in Gruppen von Objekten, die während der Szenenpräsentation kein einziges Mal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickt worden waren. Pro Proband wurde für jede dieser vier Objektgruppen die durchschnittliche Trefferrate in der Objekt-*type*-Aufgabe ermittelt; Gruppenunterschiede wurden anschließend in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade untersucht. Tabelle 6.5.2.5 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen der Trefferraten in den vier Gruppen.

Tabelle 6.5.2.5: Trefferraten zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	71,24%	33,90%
1-2 Klicks	80,76%	12,23%
3 Klicks	78,57%	9,56%
3 < Klicks	80,71%	16,91%

Anders als in der Objektfarben-Aufgabe ergab sich zwischen den vier Objektgruppen keine numerische Abstufung in der durchschnittlichen Trefferrate. Es war lediglich zu beobachten, dass die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit von nicht angeklickten Objekten deutlich weniger oft richtig wieder erkannt wurde. Signifikante Gruppenunterschiede konnten jedoch nicht nachgewiesen werden ($F(1,448, 28,955) = 1,386$; $p = 0,261$; $\varepsilon^2 = 0,065$).

In einer weiteren Auswertung wurde anstelle der durchschnittlichen Trefferrate pro Objektgruppe ein Trefferscore berechnet, in den die Konfidenzangaben zu den Antworten in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe einfließen. Ähnlich wie in der Auswertung der Daten der Objektfarben-Aufgabe wurde der zu einer Objektwahl gehörige Konfidenzwert bei richtigen Wahlen mit dem Faktor +1 und bei falschen Farbwahlen mit dem Faktor -1 multipliziert. Die so um die Höhe der Konfidenzangabe gewichteten Treffer- und Fehlerwerte wurden für jede Objektgruppe aufsummiert; Unterschiede zwischen den Gruppen wurden in einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung und Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade untersucht.

Tabelle 6.5.2.6 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen der Trefferscores in den vier Objektgruppen. Nun zeigte sich zwischen den vier Objektgruppen eine numerische Abstufung: Je häufiger Objekte bei der Szenenpräsentation angeklickt worden waren, desto höher war ihr Trefferscore in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe. Die Objektgruppen unterschieden sich aber auch nach Einbezug der Konfidenzwerte nicht signifikant voneinander ($F(1,499, 29,982) = 1,183$; $p = 0,308$; $\varepsilon^2 = 0,056$).

Tabelle 6.4.5.6: Trefferscores zu keinmal, ein- bis zweimal, dreimal und mehr als dreimal angeklickten Objekten (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
0 Klicks	1,60	1,60
1-2 Klicks	1,87	0,79
3 Klicks	1,92	0,76
3 < Klicks	2,02	1,04

In einer zweiten Auswertung wurde eine Aufteilung ausgehend von den Ergebnissen der Objekt-*type*-Aufgabe vorgenommen. Pro Proband wurden alle Objektitems in zwei Gruppen unterteilt je nachdem, ob ein Objekt richtig wieder erkannt worden war oder nicht. Dann wurde die durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte der beiden Gruppen bei der Szenenpräsentation erhalten hatten. Gruppenunterschiede wurden dann in einem t-Test für

abhängige Stichproben untersucht. In Tabelle 6.5.2.7 sind Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der beiden Gruppen angegeben. Obwohl numerische Unterschiede zwischen den beiden Objektgruppen zu beobachten waren, erwiesen sie sich nicht als signifikant ($t = -0,485$; $df = 20$; $p = 0,633$; $r = .669$).

Tabelle 6.5.2.7: Anzahl Klicks auf Objekte, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit falsch und richtig wieder erkannt wurde (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
falsche Objekt- <i>type</i> -Wahl	2,77	0,58
richtige Objekt- <i>type</i> -Wahl	2,82	0,44

In eine weitere Auswertung wurden erneut die Konfidenzangaben zu den Antworten in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe einbezogen. Nun wurden die von einem Probanden bearbeiteten Objektitems in acht Gruppen unterteilt, vier Objektgruppen für richtige Objekt-*type*-Wahlen auf den vier Konfidenzstufen und vier Objektgruppen für falsche Objekt-*type*-Wahlen auf den vier Konfidenzstufen. Pro Proband wurde wiederum die durchschnittliche Anzahl Klicks berechnet, die Objekte dieser Gruppen in der Studierphase erhalten hatten. Gruppenunterschiede wurden dann in einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den Messwiederholungsfaktoren Richtigkeit der Farbangabe (richtig vs. falsch) und Höhe des Konfidenzurteils („sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“, „sehr sicher“) untersucht, dabei wurde eine Greenhouse-Geisser-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen. In Tabelle 6.5.2.8 sind Mittelwerte und Standardabweichungen für die Anzahl Klicks auf Objekte der acht Gruppen angegeben (s.a. Abbildung 6.5.2.11).

Tabelle 6.5.2.8: Anzahl Klicks auf Objekte, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit falsch und richtig wieder erkannt und die Konfidenzurteile „sehr unsicher“, „unsicher“, „sicher“ und „sehr sicher“ abgegeben wurden (Mittelwerte und Standardabweichungen; Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Objektgruppe	Mittelwert	Standardabweichung
falsche Objekt- <i>type</i> -Wahl - „sehr unsicher“	2,72	1,00
falsche Objekt- <i>type</i> -Wahl - „unsicher“	2,88	0,60
falsche Objekt- <i>type</i> -Wahl - „sicher“	1,63	1,39
falsche Objekt- <i>type</i> -Wahl - „sehr sicher“	0,83	1,77
richtige Objekt- <i>type</i> -Wahl - „sehr unsicher“	2,63	1,17
richtige Objekt- <i>type</i> -Wahl - „unsicher“	2,88	0,55
richtige Objekt- <i>type</i> -Wahl - „sicher“	2,79	0,83
richtige Objekt- <i>type</i> -Wahl - „sehr sicher“	2,60	0,74

Anders als in der Objektfarben-Aufgabe war keine durchgehende Abstufung in der durchschnittlichen Anzahl Klicks auf den einzelnen Konfidenzstufen zu beobachten. Außerdem zeigte sich nur auf den Konfidenzstufen „sicher“ und „sehr sicher“, dass Objekte, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit falsch ausgewählt wurde, im Aufmerksamkeitstest viel seltener angeklickt worden waren als Objekte, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit richtig ausgewählt wurde. Dabei hatten die Objekte der beiden Gruppen auf der Konfidenzstufe „sicher“ im Aufmerksamkeitstest jedoch mehr Klicks erhalten als die auf der Konfidenzstufe „sehr sicher“.

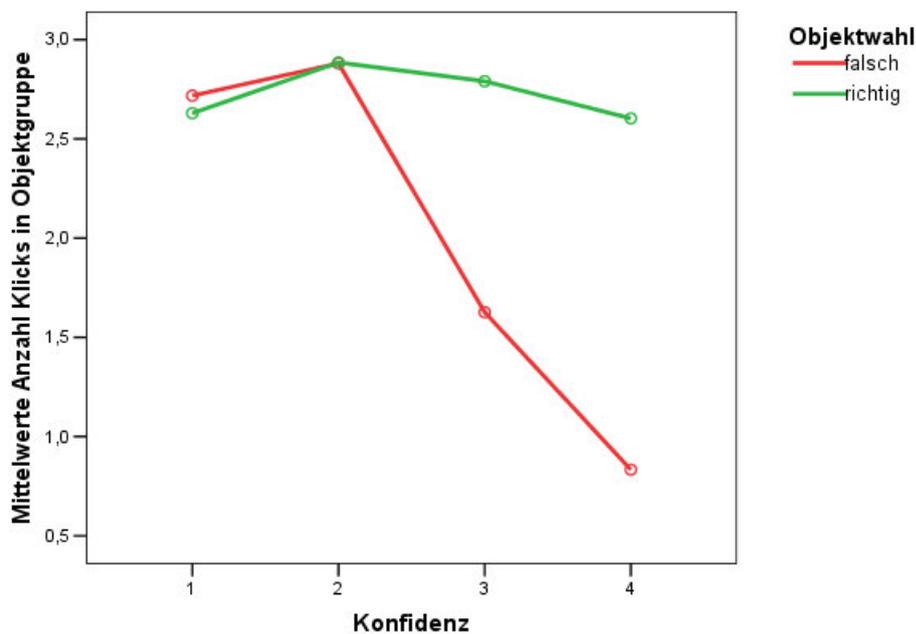


Abbildung 6.5.2.11: Mittelwerte der Anzahl Klicks auf Objekte, zu denen falsche und richtige Farbwahlen getroffen und die Konfidenzurteile „sehr unsicher“ (1), „unsicher“ (2), „sicher“ (3) und „sehr sicher“ (4) abgegeben wurden (Objekt-type-Rekognitionsaufgabe Experiment 3B)

Ähnlich wie in der Objektfarben-Aufgabe konnten in dieser Auswertung signifikante Haupteffekte der Faktoren Richtigkeit der Farbgebung ($F(1,000, 20,000) = 11,537$; $p < 0,01$; $\epsilon^2 = 0,366$) und Höhe des Konfidenzurteils ($F(2,214, 44,279) = 11,085$; $p < 0,001$; $\epsilon^2 = 0,357$) sowie ein signifikanter Interaktionseffekt ($F(2,638, 52,753) = 15,251$; $p < 0,001$; $\epsilon^2 = 0,433$) nachgewiesen werden. Da die vorliegende Interaktion als disordinal zu klassifizieren ist, lassen sich die beiden Haupteffekte nicht interpretieren (vgl. Bortz, 1993). Während die Höhe des Konfidenzurteils auf den Stufen „sehr unsicher“ und „unsicher“ positiv mit der Anzahl Klicks auf Objekte zusammenhing, zeigte sich auf den Stufen „sicher“ und „sehr sicher“ ein

negativer Zusammenhang. Außerdem fanden sich nur auf den Konfidenzstufen „sicher“ und „sehr sicher“ deutliche Unterschiede zwischen Objekten, zu denen richtige, und solchen, zu denen falsche Objekt-*type*-Wahlen getroffen wurden. Nur hier waren Objekte, zu denen richtige Wahlen getroffen wurden, im Aufmerksamkeitstest deutlich häufiger angeklickt worden als Objekte, zu denen falsche Wahlen getroffen wurden. Auf den beiden anderen Konfidenzstufen „sehr unsicher“ und „unsicher“ fand sich eine nahezu gleiche Anzahl Klicks auf Objekte, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit richtig, und solchen, deren konzeptuelle Klassenzugehörigkeit falsch ausgewählt wurde.

Als dritte Auswertung wurden Korrelationen über Objektitems berechnet. Für jedes Objekt wurde aufsummiert, wie oft es von allen Probanden bei der Szenenpräsentation angeklickt worden war und wie häufig es in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe von allen Probanden wieder erkannt wurde. Es ergab sich eine Korrelation nahe Null ($r = -.043$; $p = 0,693$). In eine zweite Korrelationsrechnung wurden die Konfidenzangaben zu den Antworten in der Objekt-*type*-Aufgabe einbezogen: Pro Objektitem wurde ein Trefferscore berechnet, indem der Wert des zu einer Objektwahl abgegebenen Konfidenzurteils bei einer richtigen Wahl mit dem Faktor +1 und bei einer falschen Wahl mit dem Faktor -1 multipliziert wurde, und die so ermittelten um Konfidenz gewichteten Treffer- und Fehlerwerte für jedes Objektitem zu einem Trefferscore aufsummiert wurden. Auch so ließ sich jedoch keine signifikante Korrelation zwischen der Anzahl Klicks und den Antworten in der Objekt-*type*-Aufgabe erzielen ($r = -.021$; $p = 0,848$).

Anders als bei Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächeninformation zu Farben von Objekten konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten in der Studierphase Aufmerksamkeit zuteil wird, und Langzeitgedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Objekten lediglich in einer Auswertung ermittelt werden. In den Ergebnissen war dabei allerdings kein so klares Muster zu erkennen wie bei dem wiederholt nachgewiesenen Zusammenhang zwischen visueller Aufmerksamkeit und dem Erinnern von Objektfarben. Im Gegensatz zu Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten wirkt sich der Umfang, in dem einem Objekt bei der Szenenwahrnehmung Aufmerksamkeit zugewandt wird, offenbar nicht so linear auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information und die Höhe der Konfidenz aus, mit der Antworten in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe abgegeben werden.

6.5.2.3 Diskussion Experiment 3B

Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben und Objekt-type-Information

Um zu veranschaulichen, wie genau natürliche Szenen erinnert werden, wurde in Experiment 3B abschließend verglichen, inwieweit von Objekten in Szenen langfristig visuelle Oberflächeninformation zu Farben und konzeptuelle Objekt-*type*-Information abrufbar bleibt. Beide Arten von Objektinformation wurden dazu mit 2AFC-Rekognitionsaufgaben erhoben. In Rekognitionsaufgaben beeinflusst die Wahl der Distraktortems die Schwierigkeit der Aufgabe entscheidend. Werden Distraktoren gewählt, die den Targets wenig ähneln, ist die Aufgabe für Versuchsteilnehmer leicht zu lösen. Ein Vergleich der Höhe der Rekognitionsleistungen in der Objektfarben- und der Objekt-*type*-Aufgabe von Experiment 3B könnte irreführend sein, wenn sich zeigen sollte, dass sich Targets und Distraktoren in einer Aufgabe stärker ähneln als in der anderen Aufgabe, und eine Aufgabe somit leichter zu lösen wäre als die andere. Da keine Möglichkeit gesehen wurde, den Grad der Ähnlichkeit zwischen Distraktoren und Targets in den beiden Aufgaben zu kontrollieren, muss der hier angestellte Vergleich der Höhe der Rekognitionsleistungen in den beiden Aufgaben mit Vorbehalt betrachtet werden. Dennoch soll er als Anhaltspunkt dafür dienen zu verdeutlichen, inwieweit unterschiedliche Arten von Information zu Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden.

In Experiment 3B konnten für die meisten Versuchsteilnehmer signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben und für Objekt-*type*-Information nachgewiesen werden. Zumeist erinnerten sich Probanden in signifikantem Umfang sowohl an visuelle Oberflächenmerkmale als auch an konzeptuelle Merkmale von Objekten, die sie in der Studierphase gesehen hatten. Semantische Information zu Objekten wurde dabei zwar nicht von allen, aber doch von einem Großteil der Probanden langfristig besser erinnert als visuelle Oberflächeninformation zu Objektfarben. Während sich Gedächtnisleistungen für Farben von Objekten ähnlich wie in den vorangegangenen Experimenten als mäßig erwiesen, zeigten sich in Experiment 3B gute Gedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information. In 2AFC-Aufgaben ergaben sich durchschnittliche Trefferraten von 66,4% in der Objektfarben- und von 79,8% in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe. Die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit von Objekten wurde also durchschnittlich um 13,4 Prozentpunkte besser erinnert als Objektfarben. Unter den gewählten experimentellen Bedingungen konnten jedoch weder Farben noch konzeptuelle Klassenzugehörigkeit von allen gezeigten Objekten erinnert werden. Wenn man annimmt, dass die hier eingesetzten Rezeptionsbedingungen für das Wahrnehmen natürlicher Szenen

nicht untypisch sind, kann aus diesen Ergebnissen geschlossen werden, dass von den Objekten innerhalb einer Szenen langfristig sowohl Objekt-*type*-Information als auch visuelle Oberflächeninformation lediglich ausschnitthaft gespeichert wird. Es wird weder umfassend erinnert, welche Arten von Objekten in den Szenen vorgekommen waren, noch wie einzelne Objekte genau ausgesehen haben. Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen können daher sowohl als wenig detailliert als auch als unvollständig bezeichnet werden.

Ausgangspunkt der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen zum Langzeitgedächtnis für Objektfarben waren gegensätzliche Annahmen bezüglich der Speicherung visueller Oberflächeninformation von Objekten innerhalb natürlicher Szenen in *visual transience*-Theorien und der *visual memory theory*. Während *visual transience*-Ansätze postulieren, dass visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten beim Wahrnehmen von Szenen nur in sehr begrenztem Umfang gespeichert werden und langfristig gar nicht mehr abrufbar sind, nimmt die *visual memory theory* eine umfangreiche und langfristige Speicherung visueller Objektinformation an. Mit den Experimenten 1 bis 3 konnte klar belegt werden, dass das visuelle Oberflächenmerkmal Farbe von Objekten beim Betrachten von Szenen in signifikantem Umfang inzidentell gelernt wird und langfristig abrufbar bleibt. Eine starke Version der *visual transience*-Annahme, dass von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig *keinerlei* visuelle Oberflächeninformation abrufbar bleibt, konnte somit widerlegt werden. Die Ergebnisse der hier durchgeführten Experimente zu Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben können jedoch treffend mit einer schwachen Version der *visual transience*-Annahme beschrieben werden: Von Objekten in natürlichen Szenen wird langfristig nur *wenig* visuelle Oberflächeninformation gespeichert; Objektrepräsentationen, die visuelle Objektmerkmale enthalten, sind weitgehend kurzlebig.

Um die vorliegenden Ergebnisse vollständig zu erfassen, muss jedoch hinzugefügt werden, dass nicht nur visuelle Oberflächeninformation von einer solchen unvollständigen Speicherung betroffen ist. Auch wenn im Allgemeinen mehr konzeptuelle als visuelle Information von Objekten in natürlichen Szenen erhalten bleibt, wird auch das Objekt-Inventar einer Szene langfristig lediglich ausschnitthaft erinnert: Nur von einigen Objekten in natürlichen Szenen wird konzeptuelle Objekt-*type*-Information im Langzeitgedächtnis gespeichert.

Betrachtet man mögliche Zusammenhänge zwischen den Rekognitionsleistungen in den beiden Aufgaben zu Objektfarben und Objekt-*type*-Information, zeigten sich bei den

Teilnehmern von Experiment 3B recht unterschiedliche Ergebnisse: Nur ein Drittel der Probanden konnte zu Objekten, die sie in der Objekt-*type*-Rekognitionsaufgabe richtig wieder erkannt hatten, in der folgenden Objektfarben-Aufgabe auch signifikant häufiger die richtigen Farben wählen. Insgesamt waren diese Zusammenhänge zwischen Gedächtnisleistungen für Objektfarben und konzeptuelle Objektinformation von eher geringer Höhe. Inwieweit visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden, hängt also offensichtlich nicht unbedingt damit zusammen, inwieweit die konzeptuelle Klassenzugehörigkeit der Objekte erinnert wird. Als ein Einflussfaktor auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben hat sich jedoch das Ausmaß erwiesen, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wird.

Aufmerksamkeit und Gedächtnis für Objektfarben und Objekt-type-Information

In Experiment 3B fand sich, wie in allen vorausgegangenen Untersuchungen auch, ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Umfang, in dem Objekten beim Betrachten der Szenen spontan Aufmerksamkeit zugewandt wurde, gemessen über die Anzahl Klicks auf Objekte im Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode, und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in der Testphase: Zu Objekten, die zuvor mehr Aufmerksamkeit erhalten hatten, konnten in der Objektfarben-Aufgabe häufiger richtige Farben gewählt werden. In Experiment 3B trat dieser Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeits- und Farbgedächtnisdaten von allen Experimenten am stärksten zutage, insgesamt kann er jedoch nicht als sonderlich eng bezeichnet werden. Darüber hinaus zeigte sich in Experiment 3B wie schon in Experiment 3A ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten und der Höhe der Konfidenzurteile zu richtigen Farbwahlen: Zu Objekten, die zuvor mehr Aufmerksamkeit erhalten hatten, wurden richtige Farben später mit größerer Sicherheit ausgewählt. Wurden zu Objekten falsche Farben gewählt, konnte erneut kein solcher Zusammenhang nachgewiesen werden. In Experiment 3B ähnelten die Aufmerksamkeitswerte von Objekten, zu denen falsche Farbwahlen getroffen wurden, denen von Objekten, zu denen richtige Farbwahlen getroffen wurden, auf den einzelnen Konfidenzstufen jedoch stärker als in Experiment 3A.

Mit den in Experiment 3B ebenfalls untersuchten Gedächtnisleistungen für konzeptuelle Information zu Objekten verhielt es sich dagegen anders: Ein linearer Zusammenhang zwischen Langzeitgedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information und dem Umfang, in dem Objekten in der Studierphase spontan Aufmerksamkeit zugewandt worden war, konnte

nicht nachgewiesen werden. Obwohl eine von fünf Auswertungen zu einem signifikanten Ergebnis führte, ließ sich der dort vorliegende Interaktionseffekt zwischen der Richtigkeit der Objekt-*type*-Wahl und der Höhe des Konfidenzurteils zu den Wahlen nur schwer interpretieren. Auch wenn der Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und dem Erinnern von Objekt-*type*-Information zunächst noch weiter untersucht werden müsste, um eine abschließende Bewertung vornehmen zu können, legen die Ergebnisse von Experiment 3B nahe, dass der Umfang, in dem Objekten beim Betrachten von Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wird, stärker das Erinnern visueller Oberflächeninformation als das Erinnern konzeptueller Objektinformation beeinflusst. Vermutlich laufen beim Erinnern der konzeptuellen Klassenzugehörigkeit von Objekten in natürlichen Szenen andere Prozesse ab als beim Erinnern visueller Oberflächeninformation.

Der Zusammenhang zwischen Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Oberflächeninformation zu Objektfarben und dem Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten hat sich in den hier durchgeführten Experimenten insgesamt als ein konsistenter Effekt erwiesen. Da der beobachtete Zusammenhang stets eher schwach ausgeprägt war, wird vermutet, dass sich neben der Höhe der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten in der Studierphase noch weitere Faktoren darauf auswirken, wie gut Farben von Objekten erinnert werden können. Welche Einflussfaktoren dies sein könnten, wird im Rahmen der nun folgenden Gesamtdiskussion behandelt.

7 Gesamtdiskussion

In unserem alltäglichen Leben bewegen wir uns die ganze Zeit innerhalb natürlicher Szenen. Wir halten uns in Wohnzimmern, Büros, Supermärkten und Restaurants und auf Straßen und Bahnhöfen auf. Insofern sind wir, wohin wir auch sehen, dauernd mit der Wahrnehmung natürlicher Szenen beschäftigt. Natürliche Szenen sind komplex und bestehen aus einer Vielzahl von Objekten und Hintergrundelementen. Richten wir unsere Aufmerksamkeit und unseren Blick auf einzelne Bestandteile einer Szene, können wir eine Fülle von Information wahrnehmen. Neben der Verwendung dieser Information für unser aktuelles Handeln kann es sinnvoll sein, Information über das Umfeld, in dem wir uns befinden, für spätere Zwecke abzuspeichern. Alle wahrgenommene Information unterschiedslos in das Gedächtnis aufzunehmen, wäre bei der zur Verfügung stehenden Menge jedoch sehr ineffektiv, da wir meist nur einen Teil der Information aus einer Szene nutzen. Wie geht unser Gedächtnissystem also mit der Komplexität natürlicher Szenen um? Was wird erinnert von dem, was wahrgenommen wurde?

In der vorliegenden Arbeit wurden Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen betrachtet. Dabei wurde der Frage nachgegangen, wie genau einzelne Objekte in Szenen langfristig erinnert werden. Ergebnisse mehrerer Forschungsrichtungen wie Studien zum transsakkadischen Gedächtnis, zum *change blindness*-Phänomen und zur visuellen Suche haben nahe gelegt, dass Objekte innerhalb natürlicher Szenen langfristig eher in abstrakter Form repräsentiert werden. Wenn ein Objekt betrachtet wird, so wird von ihm zwar zunächst eine detaillierte Objekt-*token*-Repräsentation aufgebaut, die visuelle Oberflächenmerkmale des Objekts umfasst. Während eine Szene wahrgenommen wird, werden Objektrepräsentationen dieser Art im visuellen Arbeitsgedächtnis gespeichert. Dort bleiben sie aufgrund von Kapazitätsbegrenzungen aber nicht dauerhaft bestehen, sondern werden wieder überschrieben, sobald das Fassungsvermögen des Arbeitsgedächtnisses durch die Aufnahme neuer Information erschöpft ist. *Visual transience*-Ansätzen zufolge wie Irwins *object file theory of transsaccadic memory* (Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996; Irwin & Zelinsky, 2002) und Rensinks *coherence theory* (Rensink, 2000a, 2000b, 2000c, 2002) bleibt von Objekten in Szenen langfristig nur konzeptuelle Information erhalten und keine visuelle Oberflächeninformation. In Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen wird daher nur gespeichert, welche Art von Objekten Teil einer Szene waren und nicht wie diese Objekte genau ausgesehen haben. Diese Annahme erscheint plausibel, da es oftmals nicht

handlungsrelevant ist, visuelle Objektmerkmale zu erinnern. Im Gegensatz dazu nimmt Hollingworth und Hendersons *visual memory theory of scene representation* (Henderson & Hollingworth, 2003a, 2003b; Hollingworth, 2003, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001) an, dass von Objekten in natürlichen Szenen langfristig doch visuelle Oberflächeninformation erinnert wird.

Um der Frage nachzugehen, ob und inwieweit ein Langzeitgedächtnis für visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten in natürlichen Szenen besteht, wurden in der vorliegenden Arbeit Langzeitgedächtnisleistungen für Farben von Objekten untersucht. In mehreren Experimenten konnte mit *cued recall*- und 2AFC-Rekognitionsmethoden nachgewiesen werden, dass Objektfarben langfristig in signifikantem Umfang erinnert werden, auch dann wenn beim Betrachten der Szenen nicht gezielt versucht wurde, sich Farben von Szenenbestandteilen einzuprägen. Visuelle Oberflächeninformation zu Farben von Objekten innerhalb natürlicher Szenen kann also inzidentell gelernt und langfristig erinnert werden. Diese Ergebnisse sprechen für Hollingworths und Hendersons *visual memory theory*; *visual transience*-Ansätze können Langzeitgedächtnisleistungen für diese Art von Objektinformation nicht erklären. Im Gegensatz zu den Studien, die bislang zur Unterstützung der *visual memory theory* angeführt wurden, lassen sich die hier nachgewiesenen Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nur dadurch erklären, dass Farbinformation erinnert wurde und nicht semantische Objektmerkmale oder die räumliche Szenenkonfiguration. Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit stellen daher einen eindeutigen Beleg für die *visual memory theory* dar.

Alle hier durchgeführten Experimente ergaben allerdings auch, dass Farben stets nur sehr ausschnitthaft von einigen wenigen Objekten innerhalb der Szenen erinnert werden. Obwohl eine starke Form der *visual transience*-Annahme, dass von Objekten in Szenen langfristig *keinerlei* visuelle Oberflächeninformation abrufbar bleibt, mit den vorliegenden Ergebnissen eindeutig unvereinbar ist, kann dieser Ergebnisaspekt mit einer schwachen Form der *visual transience*-Annahme treffend beschrieben werden: Von Objekten in natürlichen Szenen bleibt langfristig nur *wenig* visuelle Oberflächeninformation erhalten. Dieser Befund ist mit der *visual memory theory* vereinbar, stellt jedoch einen anderen Aspekt in den Vordergrund: Obgleich Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen durchaus visuelle Oberflächenmerkmale einzelner Objekte umfassen, verdeutlichen die ermittelten Ergebnisse zu Objektfarben, dass sie doch überwiegend abstrakt sind.

Zusätzlich war in zwei Experimenten der vorliegenden Arbeit zu beobachten, dass neben visuellen Oberflächenmerkmalen auch Information zur konzeptuellen Klassenzugehörigkeit von Objekten langfristig unvollständig erinnert wird. Konzeptuelle Objekt-*type*-Information wurde zumeist besser erinnert als visuelle Oberflächeninformation zu Objektfarben. Dennoch zeigte sich, dass Probanden weder in der Lage waren, die Farben aller Objekte einer Szene zu erinnern, noch konnten sie alle Objekte nennen, die sich in einer Szene befunden hatten. In Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen werden somit auch andere Arten von Objektinformation lediglich ausschnitthaft gespeichert, visuelle Oberflächeninformation nimmt in dieser Hinsicht keine Sonderstellung ein. Ausgehend von den hier ermittelten Ergebnissen, lässt sich daher insgesamt feststellen, dass unser Gedächtnissystem der Komplexität natürlicher Szenen offensichtlich dadurch begegnet, dass Information zu einzelnen Objekten innerhalb von Szenen im Langzeitgedächtnis weitgehend reduziert abgebildet wird. Sowohl Information zum Objekt-Inventar einer Szene, als auch Information zu Farben von Objekten bleibt langfristig nur unvollständig erhalten.

Verglichen mit den hier ermittelten Ergebnissen zum Langzeitgedächtnis für Objektfarben konnten Hollingworth und Henderson in ihren Untersuchungen vergleichsweise hohe Langzeitgedächtnisleistungen für visuelle Objektmerkmale nachweisen (Hollingworth, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002). Die von den Autoren ermittelten Rekognitionsleistungen in Aufgaben, die Objekt-*token*-Unterscheidungen und Unterscheidungen zwischen unterschiedlich rotierten Objekten verlangten, waren in etwa so hoch wie die Objekt-*type*-Rekognitionsleistungen in der letzten hier durchgeführten Studie. Es ist also offensichtlich leichter, einen bestimmten Objekt-*token* oder die räumliche Orientierung eines Objekts wieder zu erkennen, als die Farbe, in der ein Objekt gezeigt wurde. Unterschiedliche Arten visueller Oberflächeninformation von Objekten werden in Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen vermutlich in unterschiedlichem Umfang erinnert.

Wenn Information von Objekten in natürlichen Szenen langfristig nur ausschnitthaft gespeichert wird, stellt sich die Frage, welche Faktoren das Ausmaß bestimmen, in dem Information zu Objekten gespeichert wird.

Was das Erinnern visueller Oberflächeninformation zu Objektfarben betrifft, ließ sich ein Einfluss der Lernintention beim Wahrnehmen der Szenen erkennen. Probanden, die gezielt versuchten, sich Farben von Objekten einzuprägen, während sie die Szenen betrachteten, konnten höhere Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben erzielen. Allerdings konnten Farben unter den gewählten Versuchsbedingungen auch nach intentionalem Lernen nicht von

allen gezeigten Objekten erinnert werden. Bemerkenswert war, dass Objektfarben nur geringfügig besser erinnert wurden, wenn sich die Versuchsteilnehmer gezielt darum bemühten, als wenn sie Farben lediglich inzidentell lernten. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass visuelle Oberflächeninformation von Objekten, die bei der Wahrnehmung der Szenen nicht weiter von Bedeutung war und auch nicht weiter beachtet wurde, in vergleichsweise hohem Umfang beiläufig gespeichert wurde und langfristig abrufbar blieb.

Der Umstand, dass Versuchsteilnehmer Farben selbst nach intentionalem Lernen nicht von allen Objekten korrekt angeben konnten, wurde dahingehend gewertet, dass die experimentellen Bedingungen, unter denen die Szenen wahrgenommen wurden, kein vollständiges Lernen von Objektfarben erlauben. Die Rezeptionsbedingungen, die in enger Anlehnung an die der Untersuchungen von Hollingworth und Henderson (2002) gewählt worden waren, scheinen also ebenfalls zu beeinflussen, inwieweit visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten langfristig erinnert werden. Einige Aspekte der verwendeten Rezeptionsbedingungen wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben gesondert betrachtet. Es zeigte sich, dass sich die Länge der Retentionszeit bis zum Objektfarbentest darauf auswirkt, in welchem Umfang Farben von Objekten korrekt angegeben werden können. Anders als erwartet, konnte für den während der Präsentation der Szenen durchgeführten Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode kein Einfluss auf das Erinnern von Objektfarben nachgewiesen werden. Dass ein solcher Einfluss dennoch besteht, ist nicht auszuschließen, offensichtlich ist er aber weniger stark ausgeprägt als der der Retentionszeit.

Weitere mögliche Einflussfaktoren auf den Umfang, in dem Farben von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden, könnten die Länge der Zeit sein, in der eine Szene betrachtet wird und wie viel kognitive Ressourcen zu ihrer Verarbeitung zur Verfügung stehen. Inwieweit diese oder ähnliche Bedingungen beim Wahrnehmen von Szenen das Erinnern von Objektfarben bestimmen, wurde jedoch nicht erschöpfend untersucht. Außerdem ist es denkbar, dass Eigenschaften einer Szene selbst wie das Ausmaß ihrer Komplexität einen Einfluss darauf haben, inwieweit Farben von darin enthaltenen Objekten langfristig erinnert werden. Gedächtnisleistungen könnten geringer ausfallen, wenn eine Szene viele Objekte und Hintergrundelemente umfasst, die ihrerseits visuell komplex sind, dadurch dass sie viele unterschiedliche Farben oder eine detailreiche Oberflächenstruktur aufweisen. In den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experimenten wurden stets dieselben Strichzeichnungen natürlicher Szenen verwendet, die von mittlerer Komplexität sind. Im Vergleich zu Szenen, die uns im Alltag begegnen, sind die hier verwendeten Stimuli

relativ abstrakt und schematisch und enthalten eher wenige Objekte; verglichen mit den Szenen aus einigen klassischen Bildgedächtnisstudien (z.B. Loftus & Mackworth, 1978; Mandler & Johnson, 1976; Mandler & Parker, 1976; Mandler & Ritchey, 1977) sind die hier eingesetzten Szenen jedoch recht komplex.

Da sich die Bedingungen, unter denen die Szenen wahrgenommen wurden, offensichtlich auf die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben ausgewirkt haben, muss gefragt werden, inwieweit die Rezeptionsbedingungen in den hier durchgeführten Experimenten typisch für das Wahrnehmen natürlicher Szenen sind. So kann beurteilt werden, ob die ermittelten Ergebnisse, dass Farben von Objekten in Szenen langfristig lediglich ausschnitthaft erinnert werden, kennzeichnend für das Wahrnehmen natürlicher Szenen im Allgemeinen sind.

Im Alltag werden natürliche Szenen in unterschiedlichsten Situationen wahrgenommen. Daher ist es nicht offensichtlich, welche Rezeptionsbedingungen als repräsentativ für das Wahrnehmen von Szenen anzusehen sind. Zum einen ist es möglich, dass sich ein Betrachter für längere Zeit intensiv mit einer Szene beschäftigt und ihr seine volle Aufmerksamkeit widmet; zum anderen können Szenen auch eher kurz und beiläufig wahrgenommen werden. Folgende Alltagsbeispiele sollen verdeutlichen, wie groß die Spannbreite von Situationen ist, in denen natürliche Szenen wahrgenommen werden:

Eine Freundin hat ihre Küche renoviert und führt sie stolz in allen Einzelheiten vor. Da man selbst auch demnächst vorhat, die eigene Küche zu modernisieren, folgt man den Ausführungen interessiert.

In diesem Beispiel befindet sich die wahrnehmende Person selbst in der Szene, der Küche, die sie betrachtet. Eine Szene kann aber auch eine zweidimensionale Abbildung sein:

In einer Ausstellung betrachtet man mehrere Minuten lang kritisch ein naturalistisches Bild, auf dem eine Straßenszenerie abgebildet ist.

In diesen beiden Beispielen befassen sich die wahrnehmenden Personen eingehend mit den Szenen. Beispiele für Situationen, in denen Szenen eher *en passant* wahrgenommen werden, sind folgende Situationen:

Man holt einen Freund von zu Hause ab. Während dieser sich seinen Mantel anzieht, wirft man einen kurzen Blick in sein Wohnzimmer.

Ein weiteres Beispiel, in dem eine Abbildung einer Szene wahrgenommen wird, ist folgende Situation:

In einem Wartezimmer blättert man in einer Zeitschrift und betrachtet dabei flüchtig die Anzeige eines Küchenstudios, die eine Einbauküche zeigt.

An diesen kurzen Alltagsszenarien wird deutlich, dass natürliche Szenen unter sehr verschiedenen Bedingungen wahrgenommen werden können. Es scheint also keine Standardsituation für das Wahrnehmen natürlicher Szenen zu geben. Die Rezeptionsbedingungen in den Experimenten der vorliegenden Arbeit können somit zwar als repräsentativ für einige, aber nicht für alle Situationen angesehen werden, in denen natürliche Szenen wahrgenommen werden. Vermutlich werden Farben von Objekten in Szenen in verschiedenen Situationen, abhängig von der jeweils vorliegenden Bedingungskombination, in höherem oder niedrigerem Umfang erinnert. Die absolute Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben, wie sie in den Experimenten der vorliegenden Arbeit ermittelt wurde, kann daher lediglich als Anhaltspunkt dafür dienen, inwieweit Farben von Objekten in Situationen erinnert werden, in denen ähnliche Rezeptionsbedingungen vorliegen. Da in den hier durchgeführten Experimenten einzelne Szenenabbildungen jeweils nur wenige Sekunden gezeigt wurden, unterschiedliche Szenen schnell aufeinander folgten und zusätzlich während der Szenenpräsentation durch den Aufmerksamkeitstest mit der Mausclick-Methode eine Art visuo-motorische Zusatzaufgabe durchgeführt wurde, liegen Wahrnehmungsbedingungen vor, in denen der Betrachter eine Szene nur kurz vor Augen hat und ihr nicht seine volle Aufmerksamkeit widmet. Beispiele für Alltagssituationen, in denen Abbildungen unterschiedlicher natürlicher Szenen in schneller Folge und jeweils nur für kurze Zeit betrachtet werden, sind das Blättern in einem Fotoalbum oder einem Katalog, das Betrachten eines Diavortrags oder die Rezeption von Printanzeigen.

Mit den im Rahmen dieser Arbeit erzielten Untersuchungsergebnissen können jedoch auch allgemeinere Aussagen zum langfristigen Erinnern natürlicher Szenen getroffen werden. Kennzeichnend für natürliche Szenen im Allgemeinen ist, dass es sich immer um sehr komplexe Stimuli handelt, die nicht auf einen Blick erfasst werden können. Aufgrund dieser

Komplexität liegt bei der Wahrnehmung von Szenen stets ein Überangebot von Information vor (vgl. Chun, 2003). Um diesem Umstand zu begegnen, kommen beim Wahrnehmen und auch beim Erinnern natürlicher Szenen Selektionsmechanismen zum Zuge.

Bereits durch den Aufbau der Augen bedingt kommt es während einer Fixation zu einer Form von Selektion: Detaillierte visuelle Information kann nur aus dem kleinen zentralen Bereich der Fovea aufgenommen werden. Darüber hinaus ist bei der Wahrnehmung natürlicher Szenen eine selektive Informationsaufnahme von den in einer Szene enthaltenen Objekten zu beobachten: Während Information zur Szene als Ganzes aus einem größeren Bereich des Blickfelds gewonnen wird, wird Information zu einzelnen Objekten innerhalb einer Szene lediglich aus einer eng umgrenzten Region um den Fixationspunkt herum extrahiert. Da in einer Fixation somit nur eine sehr begrenzte Menge von Objektinformation aufgenommen wird, muss Information von mehreren Objekten einer Szene nach und nach in einer Folge von Fixationen extrahiert werden. Diese schrittweise Informationsaufnahme wird über visuelle Aufmerksamkeitsprozesse gesteuert. Im Laufe des Betrachtens einer Szene wird jedoch nicht jede Szenenregion in gleichem Maße fixiert, vielmehr konzentrieren sich Fixationen auf für den Betrachter informative Bereiche. Es findet also eine weitere Selektion statt, da eine Szene nicht vollständig erfasst wird, sondern nur bestimmte Bereiche. Zusammenfassend wird der Komplexität einer natürlichen Szene beim Betrachten also dadurch begegnet, dass Information zu einzelnen Objekten nur nach und nach aufgenommen wird und dass Wahrnehmungsschwerpunkte gemäß den Zielen des Betrachters auf relevante Szenenbereiche gesetzt werden.

Zusätzlich zur selektiven Informationsaufnahme beim Wahrnehmen von Szenen, findet eine Informationsreduktion bei der Repräsentation natürlicher Szenen statt, die wiederum insbesondere die in einer Szene enthaltenen Objekte betrifft. Während ein Objekt fixiert wird, steht von ihm zunächst eine vergleichsweise detaillierte sensorische Repräsentation zur Verfügung, diese kann jedoch nicht über Sakkaden hinweg aufrechterhalten bleiben. Nach einer Sakkade bleibt von einem zuvor fixierten Objekt lediglich eine abstraktere Repräsentation im visuellen Arbeitsgedächtnis erhalten. Beim Aufbau von Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen findet eine weitere Informationsreduktion statt, indem Information von einzelnen Objekten innerhalb einer Szene nur ausschnitthaft gespeichert wird. Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden konnte, betrifft dies sowohl visuelle als auch konzeptuelle Objektmerkmale. Die in einer Szene enthaltene Information wird somit nicht so genau repräsentiert, wie sie zunächst wahrgenommen wurde, sondern in mehreren Stufen reduziert. Dem Überangebot von Information aus einer Szene wird dadurch

begegnet, dass Information zu Objekten innerhalb einer Szene unvollständig und in abstrakter Form gespeichert wird. Insgesamt gesehen kann die Komplexität natürlicher Szenen durch eine Selektion bei der Wahrnehmung und eine Informationsreduktion auf der Ebene von Gedächtnisrepräsentationen bewältigt werden. Beide Prozesse setzen vor allem an den in einer Szene enthaltenen Objekten an.

Einige Einflussfaktoren auf den Umfang, in dem Information von Objekten in Szenen insgesamt erinnert wird, wurden bereits angeführt. Eine weitere Frage ist, welche Faktoren bestimmen, von welchen Objekten langfristig visuelle Oberflächeninformation gespeichert wird und von welchen nicht. In allen durchgeführten Experimenten ließen sich hierzu Hinweise auf eine Beteiligung der visuellen Aufmerksamkeit erkennen. Sowohl beim inzidentellen als auch beim intentionalen Lernen zeigte sich, dass der Umfang, in dem einzelnen Objekten beim Betrachten der Szenen spontan Aufmerksamkeit zugewandt worden war, die Höhe der Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben beeinflusst. Von stärker beachteten Objekten konnten Farben besser erinnert werden als von weniger stark beachteten Objekten. Wenn Farben richtig angegeben wurden, so konnten sie von stärker beachteten Objekten außerdem mit höherer Sicherheit angegeben werden. Das Ausmaß, in dem einem Objekt Aufmerksamkeit zuteil wird, wurde dabei über die Anzahl Klicks gemessen, die ein Objekt in den Aufmerksamkeits-tests mit der Mausclick-Methode während der Szenenpräsentation erhält. Aufmerksamkeitsprozessen scheint also nicht nur bei der Wahrnehmung, sondern auch beim Erinnern von Szenen Bedeutung zuzukommen.

Wie viel Aufmerksamkeit Objekte während der Szenenpräsentation erhalten, wurde in den durchgeführten Experimenten vermutlich sowohl durch Prozesse der *bottom up*- als auch der *top down*-Verarbeitung beeinflusst. Einerseits kann einem Objekt aufgrund seiner Größe oder seiner Auffälligkeit innerhalb des Szenenkontexts durch Farbe oder Form, also aufgrund seiner visuellen Salienz, Aufmerksamkeit zugewandt werden. Zum anderen kann ein Objekt beachtet werden, weil es von einem Probanden in semantischer Hinsicht als interessant oder ungewöhnlich angesehen wird. Für den Umstand, dass besonders die visuelle Salienz von Objekten in den vorliegenden Untersuchungen entscheidend dazu beigetragen hat, wie viel Aufmerksamkeit einzelnen Objekten beim Betrachten der Szenen zugewandt wird, spricht die große Ähnlichkeit der Aufmerksamkeitsdaten in den Experimenten. Die Anzahl Klicks, die einzelne Objekte in Aufmerksamkeits-tests mit der Mausclick-Methode von allen Probanden eines Experiments erhielten, korrelierte zwischen den Experimenten in erheblicher Höhe (s.

Anhang 10.3.3). In allen Experimenten verteilte sich die visuelle Aufmerksamkeit der Versuchsteilnehmer somit relativ ähnlich auf die innerhalb der Szenen gezeigten Objekte.

Obwohl sich der beschriebene Zusammenhang zwischen der Höhe der Zuwendung visueller Aufmerksamkeit und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben in allen hier durchgeführten Untersuchungen nachweisen ließ, war der Effekt doch stets gering. Dies ähnelt den Ergebnissen von Hollingworth und Henderson (2002): Auch hier zeigte sich nur ein geringer Zusammenhang zwischen der Zeit, die Objekte in Szenen zuvor fixiert worden waren - ein anderes Maß für den Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten, und der Höhe der Entdeckungsleistungen für Veränderungen von visuellen Oberflächenmerkmalen an den jeweiligen Objekten - ein weiteres Maß für den Umfang des Speicherns visueller Objektmerkmale. Vermutlich stellt der Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung nur einen Einflussfaktor unter vielen dar, der sich darauf auswirkt, inwieweit visuelle Oberflächenmerkmale einzelner Objekte innerhalb von Szenen langfristig erinnert werden. Andere Faktoren wie die Tiefe, mit der Information zu einem Objekt verarbeitet wird, die Summe der Assoziationen, Bewertungen und emotionalen Reaktionen, die ein bestimmtes Objekt bei einem Probanden auslöst, oder die Relevanz, die ein Objekt in der Wahrnehmungssituation für das Handeln eines Probanden hat, könnten darüber hinaus eine Rolle spielen. Vermutlich wird visuelle Oberflächeninformation langfristig von solchen Objekten besser erinnert, mit denen sich ein Proband intensiver beschäftigt oder die bei ihm mehr bzw. stärkere Reaktionen auslösen.

Zudem scheint das Erinnern visueller Oberflächenmerkmale von Objekten stärker mit dem Umfang zusammenzuhängen, in dem einzelnen Objekten innerhalb natürlicher Szenen Aufmerksamkeit zugewandt wird, als das Erinnern konzeptueller Objektinformation. Anders als bei Objektfarben konnte in den Experimenten der vorliegenden Arbeit kein linearer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung zu Objekten und Langzeitgedächtnisleistungen für konzeptuelle Objekt-*type*-Information ermittelt werden. Dies lässt vermuten, dass beim langfristigen Erinnern semantischer Objektinformation andere Prozesse ablaufen als beim Erinnern visueller Oberflächeninformation von Objekten in natürlichen Szenen. Obwohl es notwendig ist, den Zusammenhang zwischen der Höhe der Aufmerksamkeitszuwendung und Langzeitgedächtnisleistungen für Objekt-*type*-Information noch in weiteren Experimenten zu untersuchen, bevor eine abschließende Bewertung vorgenommen werden kann, legen die bislang vorliegenden Ergebnisse nahe, dass der Umfang, in dem einzelnen Objekten visuelle Aufmerksamkeit zugewandt wird, sich vorrangig

darauf auswirkt, inwieweit von den jeweiligen Objekten langfristig visuelle Oberflächeninformation erinnert wird.

Eine Möglichkeit, wie es zu dem hier beobachteten Zusammenhang zwischen der Höhe der Aufmerksamkeitszuwendung und Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben kommen kann, ist, dass das längere oder wiederholte Zuwenden visueller Aufmerksamkeit zu Objekten beim Betrachten der Szenen zu einer Konsolidierung von Arbeitsgedächtnis- zu Langzeitgedächtnisrepräsentationen führt. Wenn ein Objekt länger oder auch wiederholt beachtet wird, befindet sich seine Objektrepräsentation als Folge daraus für längere Zeit im visuellen Arbeitsgedächtnis. Möglicherweise ist diese längere Aufenthaltsdauer im visuellen Arbeitsgedächtnis dafür verantwortlich, dass die Objektrepräsentation mit größerer Wahrscheinlichkeit in eine langfristig abrufbare visuelle Langzeitgedächtnisrepräsentationen überführt wird. Das Ausmaß der Aufmerksamkeitszuwendung würde sich somit indirekt auf Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben auswirken, dadurch dass so die Länge der Verweildauer einer Objektrepräsentation im visuellen Arbeitsgedächtnis bestimmt wird; die Länge der Aufenthaltsdauer beeinflusst dann ihrerseits wiederum die Stärke der visuellen Langzeitgedächtnisrepräsentationen eines Objekts.

In Hinblick auf den von Hollingworth und Henderson (2002) nachgewiesenen Zusammenhang zwischen der Fixationsdauer auf Objekte innerhalb von Szenen und der Höhe der Entdeckungsleistungen für Veränderungen visueller Objektmerkmale schlägt Hollingworth (2003) eine Erklärung vor, die nicht bei der Speicherung, sondern bei dem Aufbau von Objektrepräsentationen ansetzt: Ihm zufolge bestimmt die Dauer, die ein Objekt vor Einführung einer Veränderung fixiert wird, zunächst das Ausmaß, in dem Objektinformation enkodiert wird. Je länger ein Objekt fixiert wird, desto mehr Information kann von ihm aufgenommen und repräsentiert werden. Wenn ein Objekt länger fixiert wird, ist somit die Wahrscheinlichkeit höher, dass ein bestimmtes Objektmerkmal wie beispielsweise Objektfarbe überhaupt enkodiert wird.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich grundsätzlich mit beiden beschriebenen Ansätzen erklären. Für dem Umstand, dass der in den hier durchgeführten Untersuchungen beobachtete Zusammenhang zwischen dem Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung und dem Erinnern von Objektfarben eher durch Konsolidierungsprozesse als durch Prozesse bei der Enkodierung von Farbinformation zustande gekommen ist, spricht jedoch, dass ein solcher Zusammenhang auch dann nachgewiesen werden konnte, wenn Farben von Objekten intentional gelernt wurden. Wenn Versuchsteilnehmer ausdrücklich zum Ziel haben, sich

Farben von Objekten einzuprägen, erscheint es eher unwahrscheinlich, dass sie das relevante Objektmerkmal Farbe nicht unmittelbar enkodieren. Möglicherweise führen beim inzidentellen Lernen von Objektfarben jedoch sowohl Prozesse der Enkodierung von Objektinformation als auch solche der Konsolidierung von Objektrepräsentationen zu dem beobachteten Zusammenhang zwischen dem Umfang der Aufmerksamkeitszuwendung und visuellen Langzeitgedächtnisleistungen.

Insgesamt gesehen verdeutlichen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass visuelle Aufmerksamkeitsprozesse nicht nur das Wahrnehmen natürlicher Szenen steuern, sondern auch beeinflussen, wie genau diese erinnert werden. Durch das selektive und schrittweise Zuwenden von Aufmerksamkeit zu einzelnen Szenenbestandteilen wird die Informationsaufnahme beim Wahrnehmen von Szenen reguliert, sodass die hohe Komplexität natürlicher Szenen bewältigt werden kann. Da natürliche Szenen zu viel Information enthalten, um sie langfristig vollständig und in allen Details zu speichern, werden Szenen insgesamt weitgehend abstrakt und unvollständig erinnert. Auch hier ist ein selektiver Einfluss der visuellen Aufmerksamkeit zu beobachten: Das Ausmaß, in dem einzelnen Objekten innerhalb einer Szene visuelle Aufmerksamkeit zugewandt wird, wirkt sich darauf aus, inwieweit visuelle Oberflächenmerkmale von Objekten langfristig erinnert werden. Von stärker beachteten Objekten bleibt mehr visuelle Oberflächeninformation erhalten, sodass sie in Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen genauer repräsentiert werden. Indem visuelle Aufmerksamkeitsprozesse beeinflussen, wie detailliert einzelne Szenenbestandteile langfristig erinnert werden, können sie regulieren, inwieweit die Komplexität natürlicher Szenen im visuellen Langzeitgedächtnis erhalten bleibt.

Abschließend soll noch ein kurzes Fazit zu den Einsatzmöglichkeiten der vergleichsweise neuen Mausclick-Methode zur Messung der visuellen Aufmerksamkeit gezogen werden. Die Mausclick-Methode wurde als Alternative zur Methode der Blickbewegungsmessung entwickelt, und ermöglicht es, Aufmerksamkeitsdaten auf sehr ökonomische Art und Weise zu erheben. Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode lassen sich im Vergleich zu Blickbewegungsmessungen ohne besonderen apparativen Aufwand durchführen und sind einfacher auszuwerten; darüber hinaus ermöglichen sie das Erheben von Aufmerksamkeitsdaten in Untersuchungen, die über das Internet durchgeführt werden. Grundsätzlich eignet sich die Mausclick-Methode dazu, Verteilungen und Bewegungen der visuellen

Aufmerksamkeit beim Betrachten von Displays zu ermitteln, wenn es nicht erforderlich ist, genaue Zeitcharakteristika der Aufmerksamkeitszuwendung zu erheben.

In der vorliegenden Arbeit wurden Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode während der Studierphasen von Gedächtnisuntersuchungen durchgeführt. Sie dienen dazu festzustellen, ob und in welchem Umfang Versuchsteilnehmer einzelnen Objekten beim Betrachten natürlicher Szenen Aufmerksamkeit zuwandten. Gemäß den Ergebnissen vorliegender Validierungsstudien (Scheier, 2003) war zunächst erwartet worden, dass der Einsatz der Mausclick-Methode das spätere Erinnern der Farben von Objekten schmälert. Es zeigte sich aber, dass sich die Methode nicht störend auf das inzidentelle Lernen von Objektfarben auswirkt. Was zu den unterschiedlichen Ergebnissen in der vorliegenden Arbeit und den Validierungsstudien geführt hat, kann noch nicht abschließend beurteilt werden. Unter welchen Bedingungen die Mausclick-Methode Gedächtnisleistungen herabsetzt, muss noch weiter untersucht werden. Es lässt sich jedoch feststellen, dass die Methode das Erinnern des Testmaterials offensichtlich nicht in jedem Fall beeinträchtigt. Aufmerksamkeitstests mit der Mausclick-Methode können daher durchaus ohne Einbußen im Rahmen von Gedächtnisuntersuchungen eingesetzt werden. Auch wenn diese neue Aufmerksamkeitstestmethode Blickbewegungsmessungen nicht immer ersetzen kann, bietet sie gegenüber der etablierteren Methode durch ihre einfache Handhabbarkeit einen entscheidenden Vorteil, der sich in vielen Untersuchungszusammenhängen entfalten kann.

8 Zusammenfassung

Im Alltag sind wir ständig von einer Vielzahl von Objekten umgeben, die zudem zahlreiche visuell unterscheidbare Merkmale aufweisen. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwieweit diese Komplexität in visuellen Langzeitgedächtnisrepräsentationen natürlicher Szenen erhalten bleibt.

In der gegenwärtigen Literatur zum visuellen Gedächtnis wird die Frage, ob von Objekten in natürlichen Szenen langfristig nur semantische Information zu ihrer konzeptuellen Klassenzugehörigkeit oder auch visuelle Oberflächeninformation erinnert wird, sehr unterschiedlich beantwortet. Während *visual transience*-Ansätze (Irwin, 1992a; Irwin & Andrews, 1996; Irwin & Zelinsky, 2002; Rensink, 2000a, 2000b, 2000c, 2002) postulieren, dass von Objekten in Szenen langfristig keinerlei visuelle Oberflächeninformation gespeichert wird, nimmt die *visual memory theory of scene representation* (Henderson & Hollingworth, 2003a, 2003b; Hollingworth, 2003, 2004, 2005; Hollingworth & Henderson, 2002; Hollingworth, Williams & Henderson, 2001) den Aufbau visueller Langzeitgedächtnisrepräsentationen von Objekten an, in denen Information zu visuellen Oberflächenmerkmalen erhalten bleibt. Um zur Klärung dieser Frage beizutragen, wurde am Beispiel des Oberflächenmerkmals Farbe ermittelt, ob und inwieweit visuelle Details von Objekten innerhalb natürlicher Szenen langfristig erinnert werden.

In mehreren Experimenten wurden den Versuchsteilnehmern am Computerbildschirm farbige Strichzeichnungen natürlicher Szenen präsentiert. Gleichzeitig wurde mit einem auf Mausclicks basierendem Aufmerksamkeitsstest (*MediaAnalyzer AttentionTracking™*) erhoben, welche Objekte innerhalb der Szenen Aufmerksamkeit erhielten. Nach einer Distraktorphase wurden Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben mit Recall- und Rekognitionsaufgaben erhoben. Obwohl keine Instruktion zum Einprägen von Farben gegeben wurde, konnten signifikante Langzeitgedächtnisleistungen für Objektfarben nachgewiesen werden. Dies stellt einen Beleg für die *visual memory theory* dar, *visual transience*-Ansätze können ein solches langfristiges Erinnern visueller Oberflächeninformation nicht erklären.

Farben wurden langfristig jedoch stets nur ausschnitthaft von einigen wenigen Objekten erinnert. Einflussfaktoren auf die Höhe der Gedächtnisleistungen für Objektfarben wurden untersucht und es wurde verglichen, inwieweit visuelle Oberflächeninformation, d.h. Farbe, und konzeptuelle Information zu Objekten erinnert wird. Dabei zeigte sich, dass von Objekten in natürlichen Szenen langfristig nicht nur visuelle Oberflächenmerkmale, sondern auch

Objekt-*type*-Information zumeist nur unvollständig erinnert wird. Die Komplexität natürlicher Szenen wird in Langzeitgedächtnisrepräsentationen somit insgesamt reduziert abgebildet, weder Information zum Objekt-Inventar einer Szene noch visuelle Oberflächeninformation zu einzelnen Objekten bleibt umfassend erhalten.

Es war zu beobachten, dass der Umfang, in dem Farben von Objekten langfristig erinnert wurden, damit zusammenhing, in welchem Ausmaß Objekten beim Betrachten der Szenen spontan Aufmerksamkeit zugewandt worden war: Je mehr Aufmerksamkeit ein Objekt erhalten hatte, desto besser wurde seine Farbe langfristig erinnert. Der Umfang, in dem einem Objekt Aufmerksamkeit zuteil wird, wirkt sich möglicherweise dadurch auf das Erinnern von Objektfarben aus, dass durch ihn die Verweildauer einer Objektrepräsentation im visuellen Arbeitsgedächtnis und so der Grad der Konsolidierung zu visuellen Langzeitgedächtnisrepräsentationen bestimmt wird. Visuelle Aufmerksamkeitsprozesse wirken somit in zweierlei Hinsicht selektiv: Beim Wahrnehmen natürlicher Szenen beeinflussen sie einerseits, von welchen Szenenbestandteilen jeweils Information aufgenommen wird, beim Aufbau von Langzeitgedächtnisrepräsentationen beeinflussen sie andererseits, wie detailliert einzelne Objekte im Rahmen einer Szene repräsentiert werden.

9 Literatur

- Aginski, V. & Tarr, M.J. (2000). How are different properties of a scene encoded in visual memory? *Visual Cognition*, 7, 147-162.
- Allport, A. (1993). Attention and control: Have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In D.E. Meyer & S. Kornblum (eds.), *Attention and Performance XIV: Synergies in Experimental Psychology, Artificial Intelligence, and Cognitive Neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Alvarez, G.A. & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science*, 15, 106-111.
- Amano, K., Uchikawa, K. & Kuriki, I. (2002). Characteristics of color memory for natural scenes. *Journal of the Optical Society of America A*, 19, 1501-1514.
- Angelone, B.L., Levin, D.T. & Simons, D.J. (2003). The roles of representation and comparison failures in change blindness. *Perception*. 32, 947-962.
- Antes, J.R., Penland, J.G. & Metzger, R.L. (1981). Processing global information in briefly presented pictures. *Psychological Research*, 43, 277-292.
- Batinic, B., Reips, U.-D. & Bosnjak, M. (eds.) (2002). *Online social sciences*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Biederman, I., Mezzanotte, R.J. & Rabinowitz, J.C. (1982). Scene perception: Detecting and judging objects undergoing relational violations. *Cognitive Psychology*, 14, 143-177.
- Birnbaum, M.H. (2000). Decision making in the lab and on the web. In M.H. Birnbaum (ed.), *Psychological experiments on the internet*. San Diego: Academic Press.
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Boyce, S.J. & Pollatsek, A. (1992). An exploration of the effects of scene context on object identification. In K. Rayner (ed.), *Eye Movements and Visual Cognition: Scene Perception and Reading*. New York: Springer.
- Bredenkamp, J. & Erdfelder, E. (1996). Methoden der Gedächtnispsychologie. In D. Albert & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Gedächtnis* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Serie II: Kognition, Bd. 4). Göttingen: Hogrefe.
- Bridgeman, B., van der Heijden, A.H.C. & Velichkovsky, B.M. (1994). A theory of visual stability across saccadic eye movements. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 247-292.
- Bridgeman, B. & Stark, L. (1979). Omnidirectional increase in threshold for image shifts during saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 25, 241-243.

- Carlson-Radvansky, L.A. (1999). Memory for relational information across eye movements. *Perception & Psychophysics*, *61*, 919-934.
- Carlson-Radvansky, L.A. & Irwin, D.E. (1995). Memory for structural information across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *21*, 1441-1458.
- Castiello, U. (1996). Grasping a fruit: Selection for action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *22*, 582-603.
- Cave, C.B., Bost, P.R. & Cobb, R.E. (1996). Effects of color and pattern on implicit and explicit picture memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *22*, 639-653.
- Chun, M.M. (2003). Scene perception and memory. In D.E. Irwin & B.H. Ross (eds.), *Cognitive Vision*. New York: Academic Press.
- Chun, M.M. & Jiang, Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, *36*, 28-71.
- Chun, M.M. & Nakayama, K. (2000). On the functional role of implicit visual memory for the adaptive deployment of attention across views. *Visual Cognition*, *7*, 65-81.
- Cowan, N. (2001) The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*, 87-114.
- Currie, C., McConkie, G., Carlson-Radvansky, L.A. & Irwin, D.E. (2000). The role of the saccade target object in the perception of a visually stable world. *Perception & Psychophysics*, *62*, 673-683.
- Dallet, K., Wilcox, S. & D'Andrea, L. (1968). Picture memory experiments. *Journal of Experimental Psychology*, *76*, 312-320.
- De Graef, P. (1992). Scene-context effects and models of real-world perception. In K. Rayner (ed.), *Eye Movements and Visual Cognition: Scene Perception and Reading*. New York: Springer.
- De Graef, P., Christiaens, D. & d'Ydewalle, G. (1990). Perceptual effects of scene context on object identification. *Psychological Research*, *52*, 317-329.
- Deubel, H. & Schneider, W.X. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, *36*, 1827-1837.
- Deubel, H. & Schneider, W.X. (2003). Delayed saccades, but not delayed manual aiming movements, require visual attention shifts. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1004*, 289-296.

- Deubel, H. & Schneider, W.X. (2004). Attentional selection in sequential manual movements, movements around an obstacle and in grasping. In G.W. Humphreys & M.J. Riddoch (eds.), *Attention in action*. Hove: Psychology Press.
- Deubel, H., Schneider, W.X. & Paprotta, I. (1998). Selective dorsal and ventral processing: Evidence for a common attention mechanism in reaching and perception. *Visual Cognition*, 5, 81-107.
- van Diepen, P.M.J. & De Graef, P. (1994). Line-drawing library and software toolbox (Psych. Rep. No. 165). Laboratory of Experimental Psychology, University of Leuven, Belgium.
- van Diepen, P.M.J., De Graef, P. & d'Ydewalle, G. (1995). Chronometry of foveal information extraction during scene perception. In J.M. Findlay, R. Walker & R.W. Kentridge (eds.), *Eye Movement Research: Mechanisms, Processes and Applications*. Amsterdam: Elsevier.
- van Diepen, P.M.J., Ruelens, L. & d'Ydewalle, G. (1999). Brief foveal masking during scene perception. *Acta Psychologica*, 101, 91-103.
- Di Lollo, V. (1980). Temporal integration in visual memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 75-97.
- Duchowski, A.T. (2003). *Eye tracking methodology : Theory and practice*. London: Springer.
- Egner, S., Itti, L. & Scheier, C. (2000). Comparing attention models with different types of behavior data. *Investigative Ophthalmology and Visual Science (Proc. ARVO 2000)*, 41 (4), 39.
- Egner, S. & Scheier, C. (2002). MediaAnalyzer - Erfassen der Kundenwirkung von Bildmaterial. *Künstliche Intelligenz*, 1, 84-86.
- Eriksen, B.A. & Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16, 143-149.
- Eriksen, C.W. & Hoffman, J.E. (1973). The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. *Perception and Psychophysics*, 14, 155-160.
- Feldman, J.A. (1985). Four frames suffice: A provisional model of vision and space. *Behavioral and Brain Sciences*, 8, 265-289.
- Fernandez-Duque, D. & Thornton, I.M. (2000). Change detection without awareness: Do explicit reports underestimate the representation of change in the visual system? *Visual Cognition*, 7, 324-344.
- Findlay, J.M. & Gilchrist, I.D. (2001). Visual attention: The active vision perspective. In M. Jenkin & L.R. Harris (eds.), *Vision and Attention*. New York: Springer.

- Friedman, A. (1979). Framing pictures: The role of knowledge in automatized encoding and memory for gist. *Journal of Experimental Psychology: General*, *108*, 316-355.
- Germeys, F. & d'Ydewalle, G. (2001). Revisiting scene primes for object locations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *54*, 683-693.
- Goffeau, V., Jacques, C., Mouraux, A., Oliva, A., Schyns, P.G. & Rossion, B. (in press). Diagnostic colors contribute to the early stages of scene categorization: Behavioral and neurophysiological evidence. *Visual Cognition*
- Goldstein, E.B. (1997). *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Goldstein, A.G. & Chance, J.E. (1970). Visual recognition memory for complex configurations. *Perception and Psychophysics*, *9*, 237-241.
- Goodman, G.S. (1980). Picture memory: How the action schema affects retention. *Cognitive Psychology*, *12*, 473-495.
- Hamann, D. (in Vorbereitung). *Vergleich des AttentionTracking mit einer klassischen Blickmess-Apparatur*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Fachbereich Wirtschaftspsychologie der Universität Lüneburg.
- Hanna, A. & Remington, R. (1996). The representation of color and form in long-term memory. *Memory & Cognition*, *24*, 322-330.
- Hayhoe, M.M., Bensinger, D. & Ballard, D.H. (1998). Task constraints in visual working memory. *Vision Research*, *38*, 125-137.
- van der Heijden, A.H.C. (1996). Visuelle Aufmerksamkeit. In O. Neumann & A.F. Sanders (Hrsg.), *Aufmerksamkeit* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Serie II: Kognition, Bd. 2). Göttingen: Hogrefe.
- Henderson, J.M. (1992). Visual attention and eye movement control during reading and picture viewing. In K. Rayner (ed.), *Eye Movements and Visual Cognition: Scene Perception and Reading*. New York: Springer.
- Henderson, J.M. (1994). Two representational systems in dynamic visual identification. *Journal of Experimental Psychology: General*, *123*, 410-426.
- Henderson, J.M. (1997). Transsaccadic memory and integration during real-world object perception. *Psychological Science*, *8*, 51-55.
- Henderson, J.M. & Anes, M.D. (1994). Effects of object-file review and type priming on visual identification within and across eye fixations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 826-839.

- Henderson, J.M. & Ferreira, F. (2004). Scene perception for psycholinguists. In J.M. Henderson & F. Ferreira (eds.), *The interface of language, vision, and action: Eye movements and the visual world*. New York: Psychology Press.
- Henderson, J.M. & Hollingworth, A. (1999a). High-level scene perception. *Annual Review of Psychology*, *50*, 243-271.
- Henderson, J.M. & Hollingworth, A. (1999b). The role of fixation position in detecting scene changes across saccades. *Psychological Science*, *5*, 438-443.
- Henderson, J.M. & Hollingworth, A. (2003a). Eye movements, visual memory, and scene representation. In M.A. Peterson & G. Rhodes (eds.), *Analytic and Holistic Processes in the Perception of Faces, Objects, and Scenes*. New York: Oxford University Press.
- Henderson, J.M. & Hollingworth, A. (2003b). Eye movements and visual memory: Detecting changes to saccade targets in scenes. *Perception and Psychophysics*, *65*, 58-71.
- Henderson, J.M. & Hollingworth, A. (2003c). Global transsaccadic change blindness during scene perception. *Psychological Science*, *14*, 493-497.
- Henderson, J.M., McClure, K.K., Pierce, S. & Schrock, G. (1997). Object identification without foveal vision: Evidence from an artificial scotoma paradigm. *Perception & Psychophysics*, *59*, 323-346.
- Henderson, J.M. & Siefert, A.B.C. (1999). The influence of enantiomorphic transformation on transsaccadic object integration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*, 243-255.
- Henderson, J.M. & Siefert, A.B.C. (2001). Types and tokens in transsaccadic object identification: Effects of spatial position and left-right orientation. *Psychonomic Bulletin & Review*, *8*, 753-760.
- Henderson, J.M., Weeks, P.A. & Hollingworth, A. (1999). Effects of semantic consistency on eye movements during scene viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*, 210-228.
- Hoffman, J.E. (1998). Visual attention and eye movements. In H. Pashler (ed.), *Attention*. Hove: Psychology Press.
- Hoffman, J.E. & Subramaniam, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception and Psychophysics*, *57*, 787-795.
- Hollingworth, A. (2003). Failures of retrieval and comparison constrain change detection in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*, 388-403.

- Hollingworth, A. (2004). Constructing visual representations of natural scenes: The roles of short- and long-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30, 519-537.
- Hollingworth, A. (2005). The relationship between online visual representation of a scene and long-term scene memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 31, 396-411.
- Hollingworth, A. & Henderson, J.M. (2000). Semantic informativeness mediates the detection of changes in natural scenes. *Visual Cognition*, 7, 213-235.
- Hollingworth, A. & Henderson, J.M. (2002). Accurate visual memory for previously attended object in natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 113-136.
- Hollingworth, A. & Henderson, J.M. (2003). Testing a conceptual locus for the inconsistent object change detection advantage in real-world scenes. *Memory & Cognition*, 31, 930-940.
- Hollingworth, A. & Henderson, J.M. (2004). Sustained change blindness to incremental scene rotation: A dissociation between explicit change detection and visual memory. *Perception & Psychophysics*, 66, 800-807.
- Hollingworth, A., Schrock, G. & Henderson, J.M. (2001). Change detection in the flicker paradigm: The role of fixation position within the scene. *Memory & Cognition*, 29, 296-304.
- 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, 761-768.
- Homa, D. & Viera, C. (1988). Long-term memory for pictures under conditions of thematically related foils. *Memory & Cognition*, 16, 411-421.
- Horowitz, T.S. & Wolfe, J.M. (1998). Visual search has no memory. *Nature*, 394, 575-577.
- Horowitz, T.S. & Wolfe, J.M. (2003). Memory for rejected distractors in visual search? *Visual Cognition*, 10, 257-298.
- Ikeda, M. & Takeuchi, T. (1975). Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception & Psychophysics*, 18, 255-260.
- Inhoff, A.W., Pollatsek, A., Posner, M.I. & Rayner, K. (1989). Covert attention and eye movements during reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 63-89.
- Intraub, H. (1981). Rapid conceptual identification of sequentially presented pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 604-610.

- Irwin, D.E. (1991). Information integration across saccadic eye movements. *Cognitive Psychology*, 23, 420-456.
- Irwin, D.E. (1992a). Memory for position and identity across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 307-317.
- Irwin, D.E. (1992b). Visual memory within and across fixations. In K. Rayner (ed.), *Eye Movements and Visual Cognition: Scene Perception and Reading*. New York: Springer.
- Irwin, D.E. (1992c). Perceiving an integrated visual world. In D.E. Meyer & S. Kornblum (eds.), *Attention and Performance XIV: Synergies in Experimental Psychology, Artificial Intelligence, and Cognitive Neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Irwin, D.E. & Andrews, R.V. (1996). Integration and accumulation of information across saccadic eye movements. In T. Inui & J.L. McClelland (eds.), *Attention and Performance XVI: Information Integration in Perception and Communication*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Irwin, D.E., Brown, J.S. & Sun, J.-S. (1988). Visual masking and visual integration across saccadic eye movements. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 276-287.
- Irwin, D.E., Yantis, S. & Jonides, J. (1983). Evidence against visual integration of information across saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 34, 49-57.
- Irwin, D.E., Zacks, J.L. & Brown, J.S. (1990). Visual memory and the perception of a stable visual environment. *Perception & Psychophysics*, 47, 35-46.
- Irwin, D.E. & Zelinsky, G.J. (2002). Eye movements and scene perception: Memory for things observed. *Perception & Psychophysics*, 64, 882-895.
- Ishihara, S. (1981). *Ishihara's test for color-blindness*. Tokyo: Kanehara.
- Jiang, Y., Olson, I.R. & Chun, M.M. (2000). Organization of visual short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 683-702.
- Jin, E.W. & Shevell, S.K. (1996). Color memory and color constancy. *Journal of the Optical Society of America, A*, 13, 1981-1991.
- Kahneman, D., Treisman, A. & Gibbs, B. (1992). The reviewing of object files: Object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24, 175-219.
- Karsh, R. & Breitenbach, F.W. (1983). Looking at looking: The amorphous fixation measure. In R. Groner, C. Menz, D. Fisher & R.A. Monty (eds.), *Eye movements and psychological functions: International views*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Kowler, E., Anderson, E., Doshier, B. & Blaser, E. (1995). The role of attention in the programming of saccades. *Vision Research*, 35, 1897-1916.

- Kraft, R.N. & Jenkins, J.J. (1977). Memory for lateral orientation of slides in picture stories. *Memory & Cognition*, 5, 397-403.
- Krantz, J.H. & Dalal, R. (2000). Validity of web-based psychological research. In M.H. Birnbaum (ed.), *Psychological experiments on the internet*. San Diego: Academic Press.
- Lee, D. & Chun, M.M. (2001). What are the units of visual short-term memory, objects or spatial locations? *Perception & Psychophysics*, 63, 253-257.
- Levin, D.T. & Simons, D.J. (1997). Failure to detect changes to attended objects in motion pictures. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 501-506.
- 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.
- Loftus, G.R., Nelson, W.W. & Kallman, H.J. (1983). Differential acquisition rates for different types of information from pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 187-198.
- Luck, S.J. & Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Mack, A. (1970). An investigation of the relationship between eye and retinal image movement in the perception of movement. *Perception & Psychophysics*, 8, 291-298.
- Mandler, J.M. & Johnson, N.S. (1976). Some of the thousand words a picture is worth. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 2, 529-540.
- Mandler, J.M. & Parker, R.E. (1976). Memory for descriptive and spatial information in complex pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 2, 38-48.
- Mandler, J.M. & Ritchey, G.H. (1977). Long-term memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 3, 386-396.
- Matin, E. (1974). Saccadic suppression: A review and an analysis. *Psychological Bulletin*, 81, 899-917.
- McConkie, G.W. & Currie, C.B. (1996). Visual stability across saccades while viewing complex pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 563-581.
- McConkie, G.W. & Zola, D. (1979). Is visual information integrated across successive fixations in reading? *Perception and Psychophysics*, 25, 221-224.
- Melzer, A. (2002). *Von roten Autos und blauen Töpfen: Farbinformationen in impliziten und expliziten Gedächtnistests*. Unveröffentlichte Dissertation. Trier: Universitätsbibliothek.

- Metzger, R.L. & Antes, J.R. (1983). The nature of processing early in picture perception. *Psychological Research*, *45*, 267-274.
- Mitroff, S.R., Simons, D.J. & Levin, D.T. (2004). Nothing compares two views: Change blindness can occur despite preserved access to the changed information. *Perception & Psychophysics*, *66*, 1268-1281.
- Morrison, R.E. (1984). Manipulation of stimulus onset delay in reading: Evidence for parallel programming of saccades. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *10*, 667-682.
- Musch, J. & Klauer, K.C. (2002). Psychological experimenting on the world wide web: Investigating content effects in syllogistic reasoning. In B. Batinic, U.-D. Reips & M. Bosnjak (eds.) (2002). *Online social sciences*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. Appleton: Century-Crofts.
- Nelson, W.W. & Loftus, G.R. (1980). The functional visual field during picture viewing. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *6*, 391-399.
- Neumann, O. (1990). Visual attention and action. In O. Neumann & W. Prinz (eds.), *Relationships between perception and action*. Berlin: Springer.
- Nicholson, K.G. & Humphrey, G.K. (2004). The effect of colour congruency on shape discriminations of novel objects. *Perception*, *33*, 339-353.
- Nickerson, R.S. (1968). A note on long-term recognition memory for pictorial material. *Psychonomic Science*, *11*, 58.
- Nilsson, T.H. & Nelson, T.M. (1981). Delayed monochromatic hue matches indicate characteristics of visual memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *7*, 141-150.
- Oliva, A. & Schyns, P.G. (1997). Coarse blobs or fine edges? Evidence that information diagnosticity changes the perception of complex visual stimuli. *Cognitive Psychology*, *34*, 72-107.
- Oliva, A. & Schyns, P.G. (2000). Diagnostic colors mediate scene recognition. *Cognitive Psychology*, *41*, 176-210.
- O'Regan, J.K. (1992). Solving the „real“ mysteries of visual perception: The world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology*, *46*, 461-488.
- O'Regan, J.K. (2001). Thoughts on change blindness. In M. Jenkin & L.R. Harris (eds.), *Vision and Attention*. New York: Springer.
- O'Regan, J.K., Deubel, H., Clark, J.J. & Rensink, R.A. (2000). Picture changes during blinks: Looking without seeing and seeing without looking. *Visual Cognition*, *7*, 191-212.

- O'Regan, J.K. & Lévy-Schoen, A. (1983). Integrating visual information from successive fixations: Does trans-saccadic fusion exist? *Vision Research*, 23, 765-768.
- O'Regan, J.K. & Noë, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 939-1011.
- O'Regan, J.K., Rensink, R.A. & Clark, J.J. (1999). Change blindness as a result of „Mudsplashes“. *Nature*, 398, 34.
- Pagel, Birthe (2003). *Eye-Tracking per Maus*. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Fachbereich Psychologie der Universität Hamburg.
- Palmer, S.E. (1999). *Vision Science*. Cambridge: MIT Press.
- Palmer, J. & Ames, C.T. (1992). Measuring the effect of multiple eye fixations on memory for visual attributes. *Perception & Psychophysics*, 52, 295-306.
- Park, D.C. & Mason, D.A. (1982). Is there evidence for automatic processing of spatial and color attributes present in pictures and words? *Memory & Cognition*, 10, 76-81.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception & Psychophysics*, 44, 369-378.
- Pashler, H. (ed.) (1998). *Attention*. Hove: Psychology Press.
- Petzold, A. & Sharpe, L.T. (1998). Hue memory and discrimination in young children. *Vision Research*, 38, 3759-3772.
- Pezdek, K., Whetstone, T., Reynolds, K., Askari, N. & Dougherty, T. (1989). Memory for real-world scenes: The role of consistency with schema expectation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 587-595.
- Phillips, W.A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception & Psychophysics*, 16, 283-290.
- Pollatsek, A. & Rayner, K. (1992). What is integrated across fixations? In K. Rayner (ed.), *Eye Movements and Visual Cognition: Scene Perception and Reading*. New York: Springer.
- Pollatsek, A., Rayner, K. & Collins, W.E. (1984). Integrating pictorial information across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 426-442.
- Pollatsek, A., Rayner, K. & Henderson, J.M. (1990). Role of spatial location in integration of pictorial information across saccades. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 199-210.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.

- Potter, M. (1976). Short-term conceptual memory for pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 509-522.
- Rayner, K. (1978). Foveal and parafoveal cues in reading. In J. Requin (ed.), *Attention and Performance VII*. Hillsdale: Erlbaum.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372-422.
- Rayner, K. & Pollatsek, A. (1983). Is visual information integrated across saccades? *Perception & Psychophysics*, 34, 39-48.
- Reips, U.-D. (2000). The web experiment method: Advantages, disadvantages, and solutions. In M.H. Birnbaum (ed.), *Psychological experiments on the internet*. San Diego: Academic Press.
- Reips, U.-D. (2002). Theory and techniques of conducting web experiments. In B. Batinic, U.-D. Reips & M. Bosnjak (eds.), *Online social sciences*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Rensink, R.A. (2000a). The dynamic representation of scenes. *Visual Cognition*, 7, 17-42.
- Rensink, R.A. (2000b). Seeing, sensing, and scrutinizing. *Vision Research*, 40, 1469-1487.
- Rensink, R.A. (2000c). Visual search for change: A probe into the nature of attentional processing. *Visual Cognition*, 7, 345-376.
- Rensink, R.A. (2002). Change Detection. *Annual Review of Psychology*, 53, 245-277.
- Rensink, R.A. & Enns, J.T. (1995). Preemption effects in visual search: Evidence for low-level grouping. *Psychological Review*, 102, 101-130.
- Rensink, R.A. & Enns, J.T. (1998). Early completion of occluded objects. *Vision Research*, 38, 2489-2505.
- Rensink, R.A., O'Regan, J.K. & Clark, J.J. (1997). To see or not to see: The need for attention to perceive changes in scenes. *Psychological Science*, 8, 368-373.
- Rensink, R.A., O'Regan, J.K. & Clark, J.J. (2000). On the failure to detect changes in scenes across brief interruptions. *Visual Cognition*, 7, 127-145.
- Rizzolati, G., Riggio, L. & Sheliga, B.M. (1994). Space and selective attention. In C. Umiltá & M. Moscovitch (eds.), *Attention and performance XV: Conscious and unconscious information processing*. Cambridge: MIT Press.
- Sachtler, W.L. & Zaidi, Q. (1992). Chromatic and luminance signals in visual memory. *Journal of the Optical Society of America A*, 9, 877-894.
- Saida, S. & Ikeda, M. (1979). Useful field size for pattern perception. *Perception & Psychophysics*, 25, 119-125.

- Salmaso, P., Baroni, M.R., Job, R. & Peron, E.M. (1983). Schematic information, attention and memory for places. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 263-268.
- Salvucci, D.D. & Goldberg, J.H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. *Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium 2000*, 71-78. New York: ACM Press.
- Sanocki, T. (2003). Representation and perception of spatial layout. *Cognitive Psychology*, 47, 43-86.
- Sanocki, T. & Epstein, W. (1997). Priming spatial layout of scenes. *Psychological Science*, 8, 374-378.
- Scheier, C. (2003). *Validating AttentionTracking*. White paper, MediaAnalyzer Software & Research GmbH.
- Scheier, C. (2004). Ein Blick, ein Klick. *marketingjournal*, 6, 2-4.
- Scheier, C. & Egner, S. (2005). Beobachten statt Fragen! *Planung & Analyse*, 1, 34-45.
- Scheier, C. & Heinsen, S. (2003). Aufmerksamkeitsanalyse. In S. Heinsen & P. Vogt (Hrsg.), *Usability praktisch umsetzen*. München: Hanser.
- Scheier, C. & Koschel, K. (2002). Your Customer's Eyes. *Planung & Analyse*, 5, 42-47.
- Scheier, C. & Lessmöllmann, A. (2004). Besser ohne Sex. *Gehirn & Geist*, 7, 12-17.
- Scheier, C., Reigber, D. & Egner, S. (2003). Messen der Aufmerksamkeit von Internet-Nutzern. In A. Theobald, M. Dreyer & T. Starsetzki (Hrsg.), *Online Marktforschung*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Schiegg, A., Deubel, H. & Schneider, W.X. (2003). Attentional selection during preparation of prehension movements. *Visual Cognition*, 10, 409-431.
- Schiessl, M., Duda, S., Thölke, A. & Fischer, R. (2003). Eye tracking and its application in usability and media research. *MMI-Interaktiv*, 6, 41-50.
- Schneider, W. X. (1999). Visual-spatial working memory, attention, and scene representation: A neuro-cognitive theory. *Psychological Research*, 62, 220-236.
- Schneider, W.X. & Deubel, H. (1995). Visual attention and saccadic eye movements: Evidence for obligatory and selective spatial coupling. In J.M. Findlay, R. Walker & R.W. Kentridge (eds.), *Eye Movement Research: Mechanisms, Processes and Applications*. Amsterdam: Elsevier.
- Schneider, W.X. & Deubel, H. (2002). Selection-for-perception and selection-for-spatial-motor-action are coupled by visual attention: A review of recent findings and new evidence from stimulus-driven saccade control. In W. Prinz & B. Hommel (eds.), *Attention*

- and Performance XIX: Common Mechanisms in Perception and Action*. Oxford: Oxford University Press.
- Scholl, B.J. (2000). Attenuated change blindness for exogenously attended items in a flicker paradigm. *Visual Cognition*, 7, 377-396.
- Schyns, P.G. & Oliva, A. (1994). From blobs to boundary edges: Evidence for time and spatial scale dependant scene recognition. *Psychological Science*, 5, 195-200.
- Shepard, R.N. (1967). Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 156-163.
- Sheperd, M., Findlay, J.M. & Hockey, R.J. (1986). The relationship between eye movements and spatial attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 38A, 475-491.
- Simons, D.J. (1996). In sight, out of mind: When object representations fail. *Psychological Science*, 7, 301-305.
- Simons, D.J. (2000). Current approaches to change blindness. *Visual Cognition*, 7, 1-16.
- Simons, D.J. & Ambinder, M.S. (2005). Change blindness: Theory and consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 44-48.
- Simons, D.J., Chabris, C.F., Schnur, T.T. & Levin, D.T. (2002). Evidence for preserved representations in change blindness. *Consciousness and Cognition*, 11, 78-97.
- Simons, D.J. & Levin, D.T. (1997). Change blindness. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 261-267.
- Simons, D.J. & Levin, D.T. (1998). Failure to detect changes to people during a real-world interaction. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 644-649.
- Simons, D.J. & Rensink, R.A. (2005). Change blindness: Past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 16-20.
- Standing, L. (1973). Learning 10.000 pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 207-222.
- Standing, L., Conezio, J. & Haber, R.N. (1970). Perception and memory for pictures: Single-trial learning of 2500 visual stimuli. *Psychonomic Science*, 19, 73-74.
- Stefurak, D.L. & Boynton, R.M. (1986). Independence of memory for categorically different color and shapes. *Perception & Psychophysics*, 39, 164-174.
- Tipper, S.P., Lortie, C. & Baylis, G.C. (1992). Selective reaching: Evidence for action-centered attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 891-905.
- Todd, J.J. & Marois, R. (2004). Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature* 428, 751-754.

- Trehub, A. (1991). *The Cognitive Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: The Fourteenth Bartlett Memorial Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 201-237.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- VanRullen, R. & Thorpe, S.J. (2001). Is it a bird? Is it a plane? Ultra-rapid visual categorisation of natural and artificial objects. *Perception*, 30, 655-668.
- Verfaillie, K., De Troy, A. & Van Rensbergen, J. (1994). Transsaccadic integration of biological motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20, 649-670.
- Vogel, E.K. Woodman, G.F. & Luck, S.J. (2001). Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 27, 92-114.
- Wichmann, F.A., Sharpe, L.T. & Gegenfurtner, K.R. (2002). The contributions of color to recognition memory for natural scenes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 28, 509-520.
- Williams, P. & Simons, D.J. (2000). Detecting changes in novel 3D objects: Effects of change magnitude, spatiotemporal continuity, and stimulus familiarity. *Visual Cognition*, 7, 297-322.
- Wilton, R.N. (1989). The structure of memory: Evidence concerning the recall of surface and background colour shapes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 579-598.
- Wippich, W. & Mecklenbräuker, S. (1998). Effects of color on perceptual and conceptual tests of implicit memory. *Psychological Research*, 61, 285-294.
- Wippich, W., Mecklenbräuker, S. & Baumann, R. (1994). Farbwirkungen bei impliziten und expliziten Gedächtnisprüfungen. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 41, 315-347.
- Wolfe, J.M. (1998). Visual Memory: What do you know about what you saw? *Current Biology*, 8, R303-R304.
- Wolfe, J.M. (1999). Inattentional amnesia. In V. Coltheart (ed.), *Fleeting Memories*. Cambridge: MIT Press.
- Wolfe, J.M., Klempen, N. & Dahlen, K. (2000). Postattentive vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 693-716.

- Wyss, B., Scheier, C. & Egner, S. (2001). Advanced Digital User Behavior Analysis (ADUBA). In A. Sloane & D. Lawrence (eds.), *Multimedia Internet Broadcasting. Quality, Technology, and Interface*. London: Springer.
- Yantis, S. (1998). Control of visual attention. In H. Pashler (ed.), *Attention*. Hove: Psychology Press.
- Zimmer, H.D. (1993). Sensorische Bildmerkmale in explizitem und implizitem Gedächtnis. In L. Montada (Hrsg.), *Bericht über den 38. Kongreß der deutschen Gesellschaft für Psychologie in Trier*. Göttingen: Hogrefe.
- Zimmer, H.D., Steiner, A. & Ecker, U.K.H. (2002). How „implicit“ are implicit color effects in memory? *Experimental Psychology*, 49, 120-131.

10 Anhang

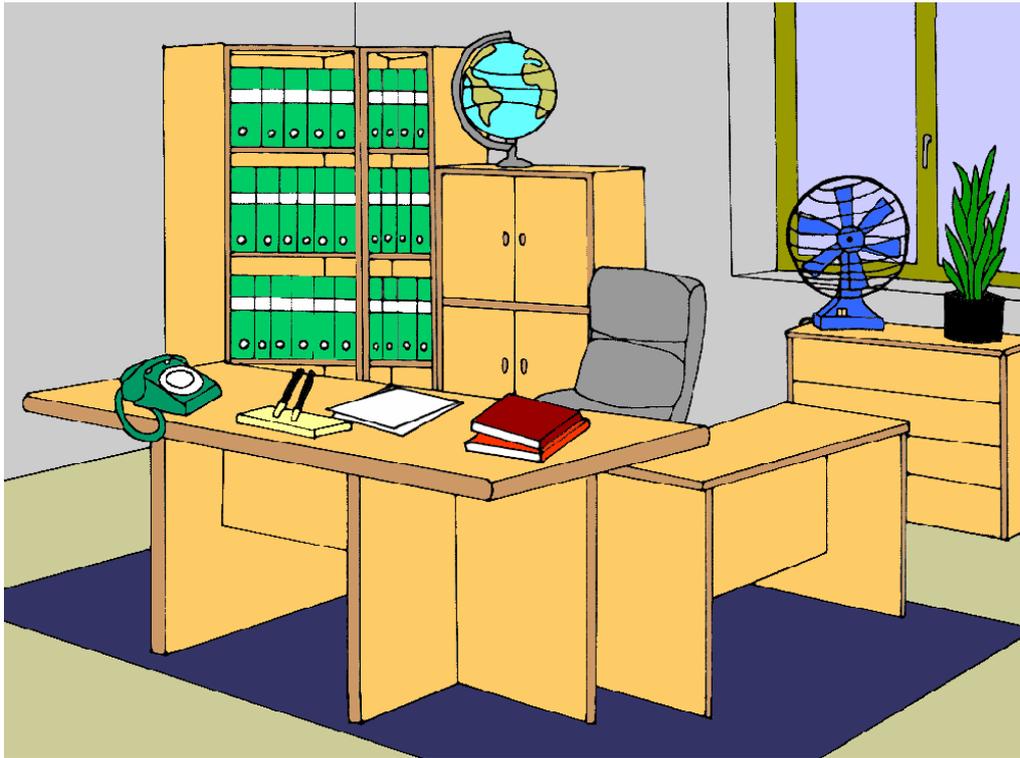
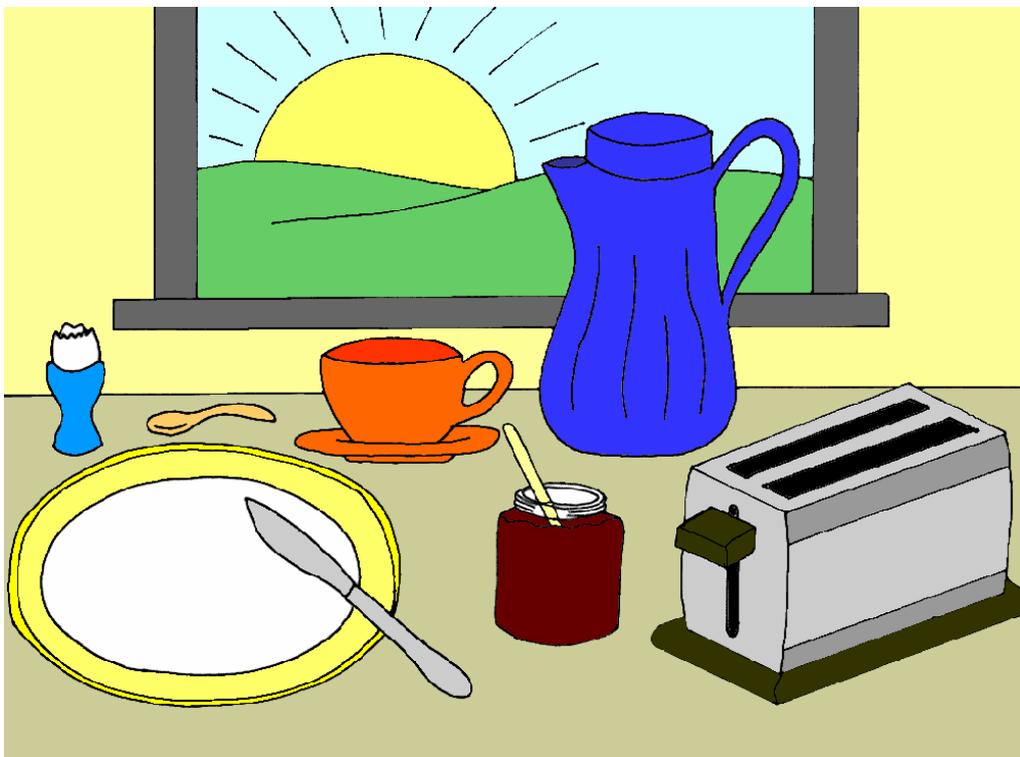
10.1 Szenenabbildungen

Balkon

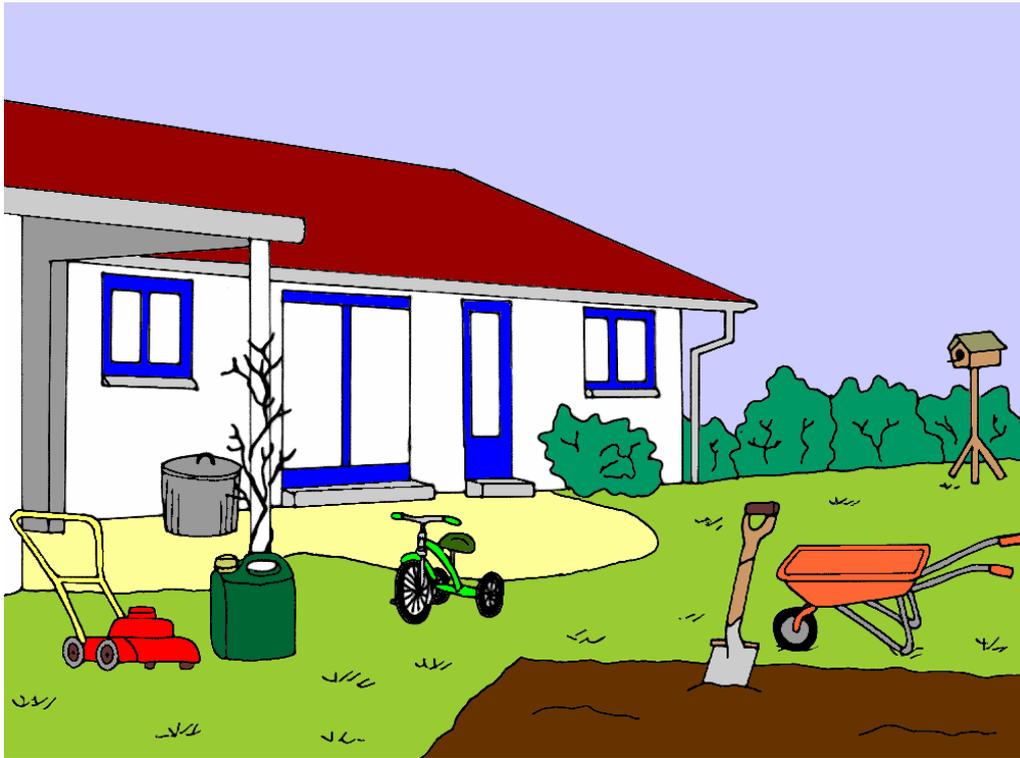


Bibliothek

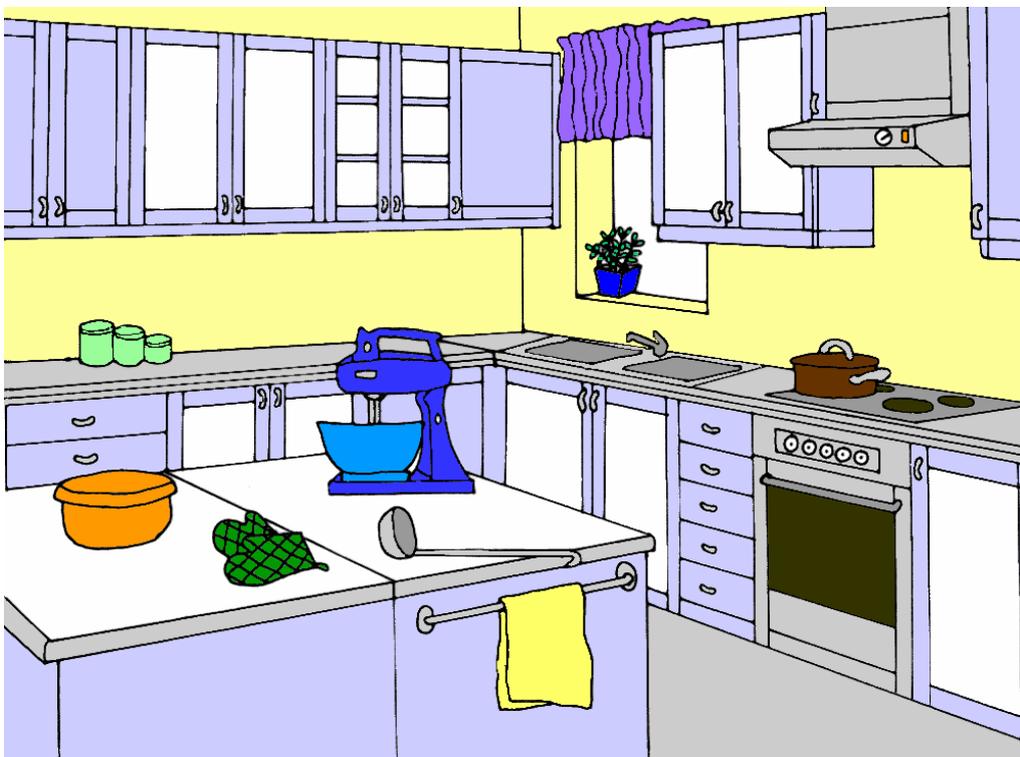


Büro**Frühstückstisch**

Garten



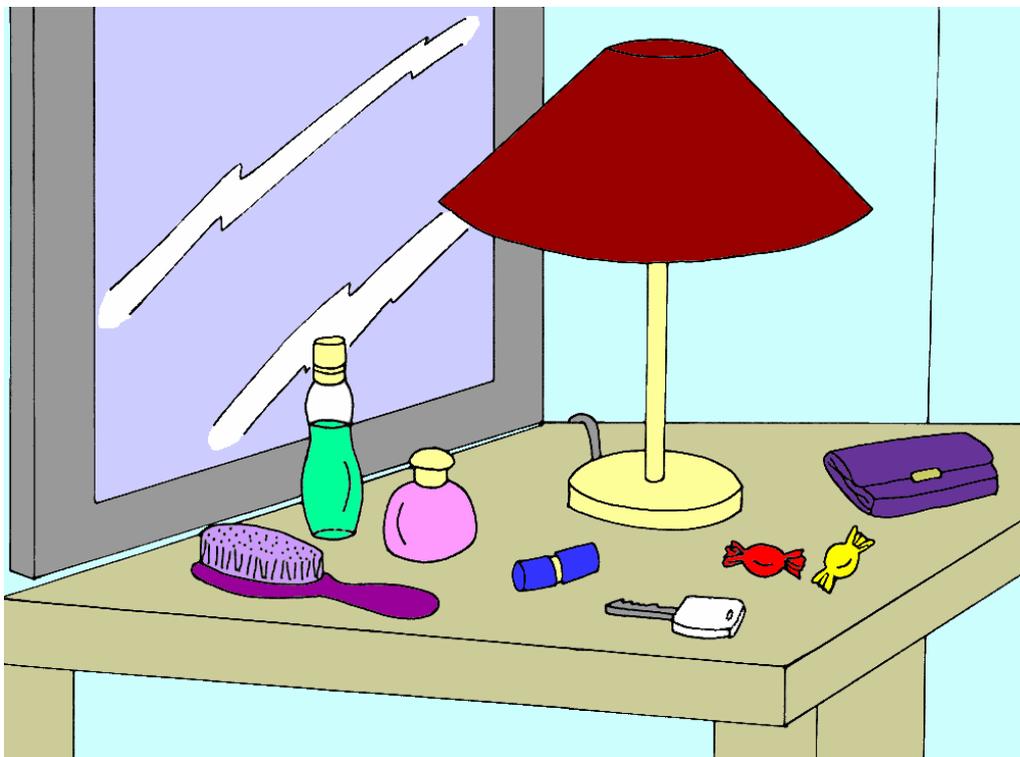
Küche



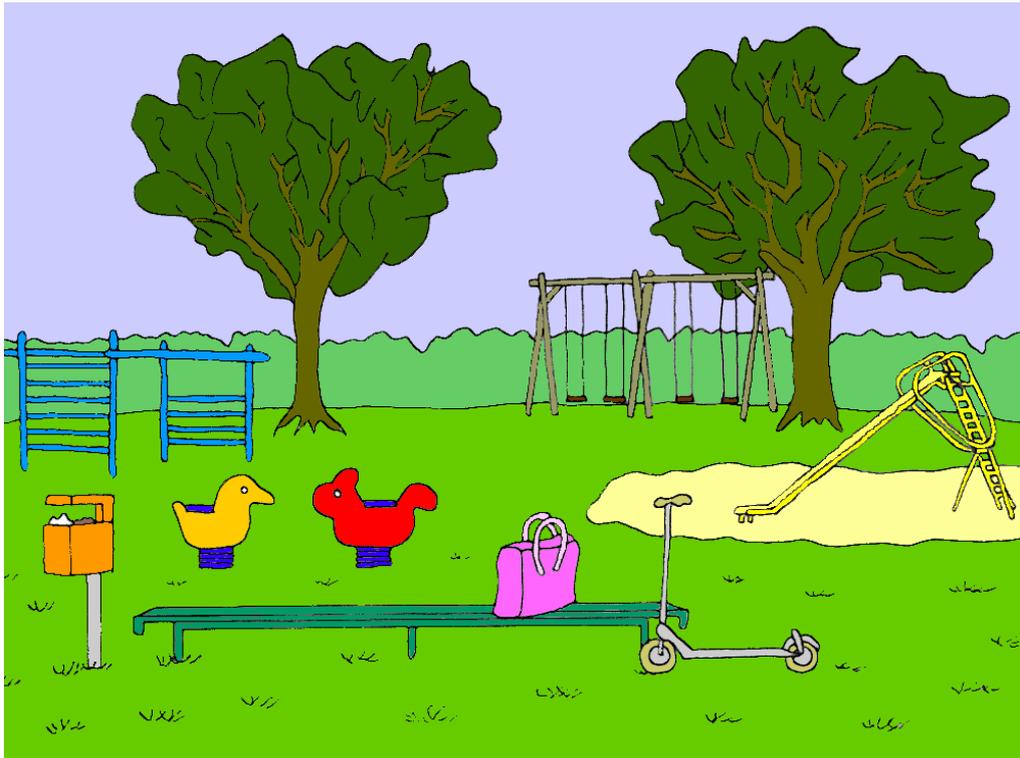
Schlafzimmer



Schminktischchen



Spielplatz



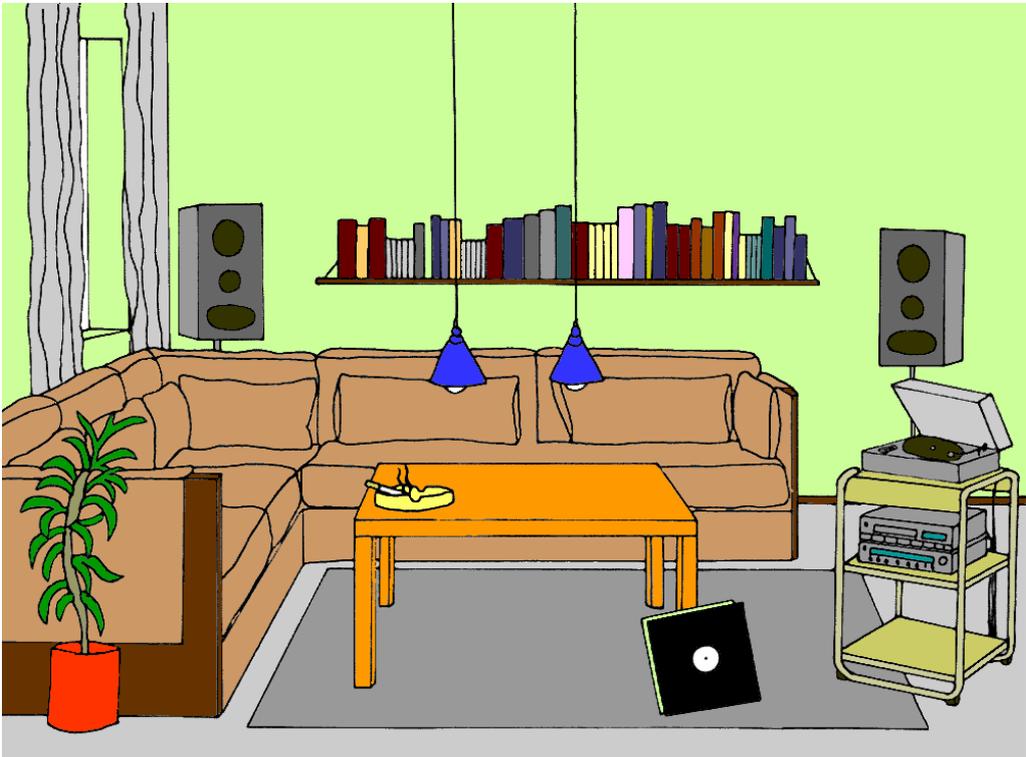
Spüle



Strand



Wohnzimmer



10.2 Gedächtnistestitems

10.2.1 Szenen-Rekognitionsaufgabe (Experiment 1)

Targets	Distraktoren	
Balkon	Badezimmer	Kinderzimmer
Bibliothek	Bahnhof	Klassenzimmer
Büro	Bar	Konferenzraum
Frühstückstisch	Baustelle	Labor
Garten	Bühne	Restaurant
Küche	Esszimmer	Salatbuffet
Schlafzimmer	Garderobe	Schwimmbad
Schminktischchen	Geburtstagstisch	Sporthalle
Spielplatz	Hafen	Supermarkt
Spüle	Hobbykeller	Tisch mit Mittagessen
Strand	Jahrmarkt	Treppenhaus
Wohnzimmer	Kaminzimmer	Waschsalon

10.2.2 Objekt-Rekognitionsaufgabe (Experiment 1)

Balkon		
Targets	Distraktoren	
Blumenkästen	Becher	Sonnenbrille
Blumen	Besen	Sonnenhut
Buch	Eimer	Thermoskanne
Fenster	Fahne	Tischdecke
Gießkanne	Grill	Tür
Glas	Hängematte	Vogelhäuschen
Sack Blumenerde	Hocker	Windrad
Saftkanne	Kissen	Zeitschrift
Sonnenschirm	kleine Schaufel	Zeitung
Stuhl	leere Blumentöpfe	Zuckerstreuer
Tisch	Rankpflanze	
Topfpflanze	Sack Grillkohle	

Bibliothek

Targets	Distraktoren	
Aktentasche	Bücherstapel	Lampen
Computer	Disketten	Locher
Federtasche	Fenster	Mouse
Ordner	Getränkeflasche	Papierkorb
Ringbuch	Handy	Portemonnaie
Säule	Jacke	Radiergummi
Stühle	Kalender	Rucksack
Textmarker	Karteikarten	Steckdose
Tisch	Kopierer	Topfpflanze
Uhr	Kugelschreiber	Tür

Büro

Targets	Distraktoren	
Aktenschrank	Aktentasche	Papierkorb
Bücherstapel	Aschenbecher	Schreibtischlampe
Bürostuhl	Bücherregal	Taschenrechner
Fenster ohne Gardinen	Computer	Terminkalender
Globus	Drucker	Textmarker
Papiere	Fenster mit Gardinen	Tür
Schränke	Garderobe	Weltkarte
Schreibtisch	Glas	Zigaretten
Stifthalter	Heizkörper	
Telefon	Kaffeekanne	
Topfpflanze	Kaffeetasse	
Ventilator	Locher	

Frühstückstisch

Targets	Distraktoren	
Eierbecher	Bäume	Müslischale
Fenster	Blumentopf	Rollo
Kaffeekanne	Büsche	Saftkanne
Kaffeetasse	Butter	Salzstreuer
Löffel	Gabel	Serviette
Marmelade	Gardine	Teebeutel
Messer	Glas	Toastbrot
Sonne	Honig	Wolken
Teller	Kaffeebecher	Zeitung
Toaster	Milchkännchen	Zuckerstreuer

Garten

Targets	Distraktoren	
Beet	Bank	Müllsack
Benzinkanister	Baum	Roller
Büsche	Besen	Rutsche
Dreirad	Blumen	Sack Grillkohle
Haus	Eimer	Schaukel
Mülltonne	Grill	Schuppen
Rankpflanze	Harke	Sonne
Rasenmäher	Haufen Erde	Teich
Schaufel	Holzboxe	Vogeltränke
Schubkarre	Kinderwagen	Wolken
Vogelhäuschen	Liegestuhl	Zaun

Küche

Targets	Distraktoren	
Dosen	Auflaufform	Pfanne
Dunstabzug	Eier	Quirl
Einbauschränke	Einkaufstasche	Sieb
Fenster mit Gardine	Fenster ohne Gardine	Teller
Handtuch	Geschirrspüler	Mehltüte
Kelle	Gläser	Messbecher
Kochtopf	Kaffeekanne	Messer
Küchenmaschine	Kaffeemaschine	Toaster
Schüssel	Kochbuch	Wasserkocher
Topflappen	Löffel	
Topfpflanze	Mikrowelle	

Schlafzimmer

Targets	Distraktoren	
Bett	Anzug	Radio
Bügelbrett	Buch	Spiegel
Bügeleisen	Bücherregal	Sporttasche
Fenster mit Gardinen	Fenster mit Rollo	Stuhl
Hemd	Hängelampe	Topfpflanze
Hose	Hauschuhe	Tür
Kissen	Jacke	Wäschespray
Kommode	Kleid	Wäscheständer
Schrank	Kleiderstange	
Teddy	Nachttischlampe	
Wäschekorb	Plüschhase	
Wecker	Puppe	

Schminktischchen

Targets	Distraktoren	
Bonbons	Blumenvase	Kugelschreiber
Haarbürste	Buch	Münzen
Lampe	Fenster	Puderdose
Lippenstift	Fotorahmen	Schlüsselanhänger
Parfumfläschchen	Haarband	Sonnenbrille
Portemonnaie	Handy	Taschentücher
Schlüssel	Kamm	Uhr
Spiegel	Kaugummi	Zigaretten

Spielplatz

Targets	Distraktoren	
Bank	Ball	Korb
Bäume	Blumen	Rucksack
Einkaufstasche	Drachen	Schaufel
Klettergerüst	Dreirad	Schild
Mülleimer	Eimer	Seilbahn
Roller	Fahnen	Spielhäuschen
Rutsche	Fahrrad	Springseil
Schaukeln	Fußballtor	Wippe
Spieltiere	Karussell	Zaun

Spüle

Targets	Distraktoren	
Becher	Auflaufform	Löffel
Kochtopf	Fenster	Messer
Messbecher	Gabel	Milchkännchen
Pfanne	Geschirrständer	Saftkanne
Schalen	Glas	Salatschüssel
Spülbürste	Handtuch	Schwamm
Spülhandschuhe	Kaffeetasse	Stöpsel
Spülmittel	Kelle	Teller

Strand

Targets	Distraktoren	
Drachen	Badelatschen	Luftmatratze
Fahnen	Bank	Mülleimer
Handtuch	Baseballcap	Portemonnaie
Haus	Beachtennis	Schlauchboot
Kühlbox	Buch	Sonne
Liegestuhl	Dampfer	Sonnenschirm
Mauer	Eiswagen	Steg
Schwimmflossen	Flugzeug	Strandball
Sonnenbrille	Frisbee	Tasche
Sonnencreme	Limonadendose	Taucherbrille
Vögel	Limonadenflasche	Zeitung

Wohnzimmer

Targets	Distraktoren	
Aschenbecher	Bild	Kommode
Bücherregal	CDs	Schrank
Fenster mit Gardinen	Fenster ohne Gardinen	Sessel
Hängelampen	Fernbedienung	Stehlampe
Lautsprecherboxen	Fernseher	Stuhl
Schallplatten	Feuerzeug	Telefon
Sofa	Glas	Tür
Stereoanlage	Globus	Uhr
Tisch	Hocker	Zeitschriften
Topfpflanze	Kerze	Zigaretenschachtel

10.2.3 Cued recall-Aufgabe zu Objektfarben (Experiment 1 und 2)

Balkon

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Blume auf Sack	Blume auf Sack	
Blumen	Blumen	Blumen
Blumenkästen	Blumenkästen	Blumenkästen
Buch	Buch	Buch
Gießkanne	Gießkanne	Gießkanne
Glas	Glas	
Pflanzentopf	Pflanzentopf	
Sack Blumenerde	Sack Blumenerde	
Saftkanne	Saftkanne	Saftkanne
Sonnenschirm	Sonnenschirm	Sonnenschirm
Stuhl	Stuhl	Stuhl
Tisch	Tisch	Tisch

Bibliothek

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Aktentasche	Aktentasche	Aktentasche
Computer	Computer	Computer
Federtasche	Federtasche	Federtasche
Ordner	Ordner	Ordner
Ringbuch	Ringbuch	
Säule	Säule	
Stühle	Stühle	Stühle
Textmarker	Textmarker	Textmarker
Tisch	Tisch	Tisch
Uhr	Uhr	Uhr

Büro

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
	Aktenordner	Aktenordner
Bücher	Bücher	Bücher
Bürostuhl	Bürostuhl	Bürostuhl
Pflanzentopf	Pflanzentopf	Pflanzentopf
Schränke	Schränke	
Schreibtisch	Schreibtisch	Schreibtisch
Stifthalter	Stifthalter	Stifthalter
Telefon	Telefon	Telefon
Ventilator	Ventilator	Ventilator

Frühstückstisch

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Eierbecher	Eierbecher	Eierbecher
Kaffeekanne	Kaffeekanne	Kaffeekanne
Kaffeetasse	Kaffeetasse	Kaffeetasse
Löffel	Löffel	Löffel
Marmeladenglas	Marmeladenglas	Marmeladenglas
Messer	Messer	Messer
Teller	Teller	Teller
Toaster	Toaster	Toaster

Garten

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Benzinkanister	Benzinkanister	Benzinkanister
Dach	Dach	
Dreirad	Dreirad	Dreirad
Fenster- / Türrahmen	Fenster- / Türrahmen	Fenster- / Türrahmen
Hauswand	Hauswand	
Mülltonne	Mülltonne	Mülltonne
Rasenmäher	Rasenmäher	Rasenmäher
Schaufel	Schaufel	Schaufel
Schubkarre	Schubkarre	Schubkarre
Vogelhäuschen	Vogelhäuschen	Vogelhäuschen

Küche

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Blumentopf	Blumentopf	Blumentopf
Dosen	Dosen	Dosen
	Einbauschränke	Einbauschränke
Gardine	Gardine	Gardine
Handtuch	Handtuch	Handtuch
Kelle	Kelle	
Kochtopf	Kochtopf	Kochtopf
Küchenmaschine	Küchenmaschine	Küchenmaschine
Schüssel	Schüssel	Schüssel
Topflappen	Topflappen	Topflappen

Schlafzimmer

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Bettgestell	Bettgestell	
Bettwäsche	Bettwäsche	Bettwäsche
Bügelbrett	Bügelbrett	Bügelbrett
Bügeleisen	Bügeleisen	
Gardine	Gardine	
Hemd	Hemd	Hemd
Hose	Hose	Hose
Kissen	Kissen	Kissen
Kommode	Kommode	
Schrank	Schrank	Schrank
Teddy	Teddy	Teddy
Wäschekorb	Wäschekorb	Wäschekorb
Wecker	Wecker	Wecker

Schminktischchen

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Bonbon links	Bonbon links	Bonbon links
Bonbon rechts	Bonbon rechts	Bonbon rechts
Fläschchen links	Fläschchen links	Fläschchen links
Fläschchen rechts	Fläschchen rechts	Fläschchen rechts
Haarbürste	Haarbürste	Haarbürste
Lampenschirm	Lampenschirm	Lampenschirm
Lippenstift	Lippenstift	
Portemonnaie	Portemonnaie	Portemonnaie
	Schlüssel	Schlüssel
Spiegelrahmen	Spiegelrahmen	

Spielplatz

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Bank	Bank	Bank
Einkaufstasche	Einkaufstasche	Einkaufstasche
Klettergerüst	Klettergerüst	Klettergerüst
Mülleimer	Mülleimer	Mülleimer
Roller	Roller	Roller
Rutsche	Rutsche	Rutsche
Schaukeln	Schaukeln	Schaukeln
Spieltier links	Spieltier links	Spieltier links
Spieltier rechts	Spieltier rechts	Spieltier rechts

Spüle

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Becher	Becher	Becher
Kochtopf	Kochtopf	Kochtopf
Messbecher	Messbecher	Messbecher
Pfanne	Pfanne	Pfanne
Schale oben	Schale oben	Schale oben
Schale unten	Schale unten	Schale unten
Spülbürste	Spülbürste	Spülbürste
Spülhandschuhe	Spülhandschuhe	Spülhandschuhe
Spülmittel	Spülmittel	Spülmittel

Strand

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Drachen	Drachen	Drachen
	Fahnen	Fahnen
Handtuch	Handtuch	Handtuch
Haus	Haus	
Kühlbox	Kühlbox	Kühlbox
Liegestühle	Liegestühle	Liegestühle
Schwimmflossen	Schwimmflossen	Schwimmflossen
Sonnenbrille	Sonnenbrille	Sonnenbrille
Sonnencreme	Sonnencreme	Sonnencreme

Wohnzimmer

Experiment 1	Experiment 2A, 2C, 2D	Experiment 2B
Aschenbecher	Aschenbecher	Aschenbecher
Gardine	Gardine	Gardine
Geräte Stereoanlage	Geräte Stereoanlage	
Hängelampen	Hängelampen	Hängelampen
Lautsprecherboxen	Lautsprecherboxen	Lautsprecherboxen
Pflanzentopf	Pflanzentopf	Pflanzentopf
Regal Stereoanlage	Regal Stereoanlage	
Schallplatten	Schallplatten	Schallplatten
Sofa	Sofa	Sofa
Tisch	Tisch	Tisch

10.2.4 Objektfarben-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3)

Balkon	Bibliothek
Blumen	Aktentasche
Buch	Computer
Gießkanne	Federtasche
Sack Blumenerde	Ordner
Saftkanne	Ringbuch
Sonnenschirm	Stühle
Stuhl	Textmarker
Tisch	Uhr

Büro	Frühstückstisch
Aktenordner	Eierbecher
Bücher	Kaffeekanne
Bürostuhl	Kaffeetasse
Pflanzentopf	Löffel
Stifthalter	Marmeladenglas
Telefon	Messer
Ventilator	Teller
	Toaster

Garten	Küche
Benzinkanister	Blumentopf
Dreirad	Dosen
Fensterrahmen	Gardine
Mülltonne	Handtuch
Rasenmäher	Kochtopf
Schaufel	Küchenmaschine
Schubkarre	Schüssel
Vogelhäuschen	Topflappen

Schlafzimmer**Schminktischchen**

Bügelbrett	Bonbon links
Bügeleisen	Bonbon rechts
Gardine	Fläschchen links
Hemd	Fläschchen rechts
Hose	Haarbürste
Kissen	Lampenschirm
Teddy	Lippenstift
Wäschekorb	Portemonnaie
Wecker	Schlüssel

Spielplatz**Spüle**

Bank	Becher
Einkaufstasche	Kochtopf
Klettergerüst	Messbecher
Mülleimer	Pfanne
Roller	Schale oben
Rutsche	Schale unten
Schaukeln	Spülbürste
Spieltier links	Spülhandschuhe
Spieltier rechts	Spülmittel

Strand**Wohnzimmer**

Drachen	Aschenbecher
Fahnen	Gardine
Handtuch	Hängelampen
Haus	Lautsprecherboxen
Kühlbox	Pflanzentopf
Liegestühle	Regal Stereoanlage
Schwimmflossen	Schallplatten
Sonnenbrille	Tisch
Sonnencreme	

10.2.5 Objekt-type-Rekognitionsaufgabe (Experiment 3B)

Balkon	
Targets	Distraktoren
Blumen	Grünpflanzen
Buch	Zeitschrift
Gießkanne	Eimer
Sack Blumenerde	Besen
Glaskanne	Thermoskanne
Sonnenschirm	Windrad
Stuhl	Hocker

Bibliothek	
Targets	Distraktoren
Aktentasche	Rucksack
Computer	Bücherstapel
Federtasche	Handy
Ordner	Getränkeflasche
Ringbuch	Zettel
Textmarker	Kugelschreiber
Uhr	Kalender

Büro	
Targets	Distraktoren
Bücherstapel	Aktentasche
Ordner	Bücher
Stifthalter	Terminkalender
Telefon	Schreibtischlampe
Grünpflanze	Kaffeekanne
Ventilator	Faxgerät

Frühstückstisch	
Targets	Distraktoren
Eierbecher	Glas
Kaffeekanne	Saftkanne
Tasse	Becher
Löffel	Müslischale
Marmeladenglas	Zuckerstreuer
Messer	Serviette
Teller	Frühstücksbrett
Toaster	Brot

Garten

Targets	Distraktoren
Kanister	Sack Grillkohle
Dreirad	Kinderwagen
Mülltonne	Müllsack
Rasenmäher	Grill
Schaufel	Harke
Schubkarre	Holzboxe
Vogelhäuschen	Vogeltränke

Küche

Targets	Distraktoren
Dosen	Flaschen
Gardine	Jalousie
Handtuch	Schürze
Kochtopf	Pfanne
Küchenmaschine	Kaffeemaschine
Schüssel	Schachtel
Topflappen	Kochbuch
Topfpflanze	Radio

Schlafzimmer

Targets	Distraktoren
Bügelbrett	Wäscheständer
Hemd	Jacke
Hose	Kleid
Kissen	Plüschhase
Teddy	Hausschuhe
Wäschekorb	Sporttasche
Wecker	Radio

Schminktischchen

Targets	Distraktoren
Bonbons	Münzen
Haarbürste	Taschentücher
Lampe	Blumenvase
Lippenstift	Kugelschreiber
Parfumfläschchen	Fotorahmen
Portemonnaie	Brillenetui
Schlüssel	Armbanduhr

Spielplatz

Targets	Distraktoren
Bank	Zaun
Tasche	Korb
Klettergerüst	Häuschen
Mülleimer	Schild
Roller	Fahrrad
Rutsche	Wippe
Schaukeln	Fußballtor
Spieltiere	Karussell

Spüle

Targets	Distraktoren
Becher	Glas
Kochtopf	Tellerstapel
Messbecher	Milchkännchen
Pfanne	Auflaufform
Schalen	Tassen
Spülbürste	Schwamm
Spülhandschuhe	Handtuch
Spülmittel	Besteckkorb

Strand

Targets	Distraktoren
Drachen	Straßenlaterne
Fahnen	Palmen
Handtuch	Zeitung
Kühlbox	Tragetasche
Liegestuhl	Luftmatratze
Schwimmflossen	Beachtennis
Sonnenbrille	Baseballcap
Sonnencreme	Getränkeflasche

Wohnzimmer

Targets	Distraktoren
Aschenbecher	Fernbedienung
Hängelampe	Kerzenleuchter
Lautsprecher	Stehlampe
Schallplatten	Tasche
Stereoanlage	Fernseher
Topfpflanze	Zeitschriftenstapel

10.3 Tabellen

10.3.1 Experiment 1

10.3.1.1 Cued recall-Aufgabe

Unterschiede im Verhältnis von richtigen zu falschen Farbangaben bei als „sicher“ und „unsicher“ bewerteten Antworten

χ^2 -Test	
$\chi^2 = 21,756$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 7,291$; df = 1; p < 0,01
$\chi^2 = 21,029$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,882$; df = 1; p < 0,05
$\chi^2 = 16,285$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 3,008$; df = 1; p = 0,083
$\chi^2 = 12,108$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 1,225$; df = 1; p = 0,268
$\chi^2 = 11,518$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 0,183$; df = 1; p = 0,669
$\chi^2 = 10,296$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 0,135$; df = 1; p = 0,713
Fishers exakter Test	
$\chi^2 = 9,120$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 1,507$; df = 1; p = 0,405
$\chi^2 = 6,332$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,352$; df = 1; p = 0,304
$\chi^2 = 4,968$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,740$; df = 1; p = 0,433
$\chi^2 = 4,646$; df = 1; p = 0,080	$\chi^2 = 0,056$; df = 1; p = 1,000

10.3.1.2 Szenen-Rekognitionsaufgabe

Signifikanztest für konzeptuelle Szenen-Rekognitionsleistungen

Fishers exakter Test	
$\chi^2 = 36,000$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 20,571$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 31,680$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 20,250$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 31,680$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 17,398$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 31,680$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 17,379$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 31,680$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 16,667$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 27,692$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 14,063$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 27,692$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 13,580$; df = 1; p < 0,01
$\chi^2 = 27,563$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 10,729$; df = 1; p < 0,01
$\chi^2 = 24,000$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 10,667$; df = 1; p < 0,01
$\chi^2 = 24,000$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 8,036$; df = 1; p < 0,01
$\chi^2 = 23,629$; df = 1; p < 0,001	

10.3.1.3 Objekt-Rekognitionsaufgabe

Signifikanztest für konzeptuelle Objekt-Rekognitionsleistungen, insgesamt

Fishers exakter Test

$\chi^2 = 190,241$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 47,673$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 169,370$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 42,265$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 158,491$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 40,975$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 100,755$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 40,426$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 99,927$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 36,218$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 81,790$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 34,775$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 80,337$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 30,422$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 72,452$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 29,680$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 65,772$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 19,485$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 61,570$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 18,038$; df = 1; p < 0,001
$\chi^2 = 56,989$; df = 1; p < 0,001	

10.3.1.4 Objekt-Rekognitionsaufgabe

Signifikanztest für konzeptuelle Objekt-Rekognitionsleistungen, pro Szene

Fishers exakter Test

Balkon

$\chi^2 = 25,972$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 7,362$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,896$; df = 1; p = 0,118
$\chi^2 = 25,806$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 7,362$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,896$; df = 1; p = 0,118
$\chi^2 = 22,440$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 6,032$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,140$; df = 1; p = 0,099
$\chi^2 = 10,747$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 6,032$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,889$; df = 1; p = 0,353
$\chi^2 = 10,747$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 5,275$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,843$; df = 1; p = 0,180
$\chi^2 = 9,812$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 5,130$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,174$; df = 1; p = 0,521
$\chi^2 = 7,362$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 5,040$; df = 1; p < 0,05	

Bibliothek

$\chi^2 = 21,818$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 8,438$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 3,750$; df = 1; p = 0,076
$\chi^2 = 18,261$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 6,429$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 2,329$; df = 1; p = 0,143
$\chi^2 = 18,261$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,880$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 2,069$; df = 1; p = 0,333
$\chi^2 = 18,261$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,880$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,364$; df = 1; p = 0,230
$\chi^2 = 14,403$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,880$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,268$; df = 1; p = 0,563
$\chi^2 = 14,403$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 4,176$; df = 1; p = 0,056	$\chi^2 = 0,268$; df = 1; p = 0,563
$\chi^2 = 9,231$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 4,176$; df = 1; p = 0,056	$\chi^2 = 0,093$; df = 1; p = 0,571

Büro

$\chi^2 = 20,737$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 8,667$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 1,280$; df = 1; p = 0,261
$\chi^2 = 12,308$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 7,619$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,429$; df = 1; p = 0,399
$\chi^2 = 11,210$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 4,401$; df = 1; p = 0,050	$\chi^2 = 0,110$; df = 1; p = 0,535
$\chi^2 = 11,210$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 2,743$; df = 1; p = 0,136	$\chi^2 = 0,093$; df = 1; p = 0,546
$\chi^2 = 8,887$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 2,680$; df = 1; p = 0,122	$\chi^2 = 0,093$; df = 1; p = 0,546
$\chi^2 = 8,875$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 2,496$; df = 1; p = 0,114	$\chi^2 = 0,075$; df = 1; p = 0,536
$\chi^2 = 8,667$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 1,280$; df = 1; p = 0,261	$\chi^2 = 0,000$; df = 1; p = 0,656

Frühstückstisch

$\chi^2 = 18,261$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,963$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,938$; df = 1; p = 0,306
$\chi^2 = 18,261$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,880$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,938$; df = 1; p = 0,306
$\chi^2 = 14,700$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 2,857$; df = 1; p = 0,104	$\chi^2 = 0,714$; df = 1; p = 0,331
$\chi^2 = 9,231$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 2,857$; df = 1; p = 0,104	$\chi^2 = 0,625$; df = 1; p = 0,344
$\chi^2 = 9,231$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 2,857$; df = 1; p = 0,104	$\chi^2 = 0,373$; df = 1; p = 0,429
$\chi^2 = 6,667$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 2,329$; df = 1; p = 0,143	$\chi^2 = 0,144$; df = 1; p = 0,593
$\chi^2 = 5,963$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,875$; df = 1; p = 0,169	$\chi^2 = 0,000$; df = 1; p = 0,719

Garten

$\chi^2 = 17,188$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,802$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,688$; df = 1; p = 0,347
$\chi^2 = 14,667$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 5,775$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,569$; df = 1; p = 0,407
$\chi^2 = 14,061$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 4,591$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,569$; df = 1; p = 0,407
$\chi^2 = 8,250$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 3,667$; df = 1; p = 0,078	$\chi^2 = 0,330$; df = 1; p = 0,454
$\chi^2 = 6,600$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 2,063$; df = 1; p = 0,333	$\chi^2 = 0,142$; df = 1; p = 0,593
$\chi^2 = 6,188$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,793$; df = 1; p = 0,174	$\chi^2 = 0,118$; df = 1; p = 0,550
$\chi^2 = 6,188$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,091$; df = 1; p = 0,255	$\chi^2 = 0,000$; df = 1; p = 0,718

Küche

$\chi^2 = 13,527$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 5,103$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,411$; df = 1; p = 0,281
$\chi^2 = 8,350$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,887$; df = 1; p = 0,118	$\chi^2 = 0,220$; df = 1; p = 0,553
$\chi^2 = 7,441$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,438$; df = 1; p = 0,079	$\chi^2 = 0,007$; df = 1; p = 0,719
$\chi^2 = 7,441$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,133$; df = 1; p = 0,115	
$\chi^2 = 7,355$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 2,488$; df = 1; p = 0,124	
$\chi^2 = 7,355$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 2,232$; df = 1; p = 0,140	
$\chi^2 = 5,387$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 1,565$; df = 1; p = 0,226	

Schlafzimmer

$\chi^2 = 20,401$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 12,308$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 6,400$; df = 1; p < 0,05
$\chi^2 = 17,209$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 12,308$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 4,567$; df = 1; p = 0,053
$\chi^2 = 17,105$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 11,453$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 4,401$; df = 1; p = 0,050
$\chi^2 = 17,105$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 11,378$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 2,734$; df = 1; p = 0,136
$\chi^2 = 14,519$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 8,887$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 2,078$; df = 1; p = 0,145
$\chi^2 = 14,519$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 8,667$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 1,742$; df = 1; p = 0,180
$\chi^2 = 14,519$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 6,555$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,492$; df = 1; p = 0,399

Schminktischchen

$\chi^2 = 19,765$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 9,600$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 6,189$; df = 1; p < 0,05
$\chi^2 = 15,844$; df = 1; p < 0,001	$\chi^2 = 9,600$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 6,189$; df = 1; p < 0,05
$\chi^2 = 12,800$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 9,000$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 4,364$; df = 1; p = 0,101
$\chi^2 = 12,632$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 9,000$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 4,000$; df = 1; p = 0,069
$\chi^2 = 12,632$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 6,454$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,750$; df = 1; p = 0,091
$\chi^2 = 12,632$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 6,454$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 3,750$; df = 1; p = 0,091
$\chi^2 = 12,202$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 6,454$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,800$; df = 1; p = 0,325

Spielplatz

$\chi^2 = 22,737; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 12,000; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 11,668; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 11,668; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 9,391; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,882; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,882; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,679; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,679; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,679; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 6,750; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 6,171; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 6,171; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 3,857; df = 1; p = 0,073$

$\chi^2 = 3,668; df = 1; p = 0,093$

$\chi^2 = 3,668; df = 1; p = 0,093$

$\chi^2 = 2,700; df = 1; p = 0,109$

$\chi^2 = 2,411; df = 1; p = 0,139$

$\chi^2 = 1,688; df = 1; p = 0,250$

$\chi^2 = 0,587; df = 1; p = 0,407$

$\chi^2 = 0,123; df = 1; p = 0,553$

Spüle

$\chi^2 = 9,000; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 7,200; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 5,486; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 4,594; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 4,000; df = 1; p = 0,069$

$\chi^2 = 3,200; df = 1; p = 0,091$

$\chi^2 = 2,521; df = 1; p = 0,134$

$\chi^2 = 2,021; df = 1; p = 0,186$

$\chi^2 = 1,714; df = 1; p = 0,249$

$\chi^2 = 1,500; df = 1; p = 0,221$

$\chi^2 = 1,000; df = 1; p = 0,302$

$\chi^2 = 0,800; df = 1; p = 0,325$

$\chi^2 = 0,800; df = 1; p = 0,325$

$\chi^2 = 0,600; df = 1; p = 0,407$

$\chi^2 = 0,600; df = 1; p = 0,407$

$\chi^2 = 0,375; df = 1; p = 0,447$

$\chi^2 = 0,150; df = 1; p = 0,593$

$\chi^2 = 0,126; df = 1; p = 0,555$

$\chi^2 = 0,101; df = 1; p = 0,572$

$\chi^2 = 0,000; df = 1; p = 0,723$

Strand

$\chi^2 = 21,120; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 21,120; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 17,769; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 14,667; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 14,667; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 14,667; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 13,943; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 13,943; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 11,000; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 9,103; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 9,103; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,250; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,250; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 8,250; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 5,775; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 5,775; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 4,591; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 4,042; df = 1; p = 0,059$

$\chi^2 = 3,667; df = 1; p = 0,078$

$\chi^2 = 0,688; df = 1; p = 0,333$

$\chi^2 = 0,082; df = 1; p = 0,546$

Wohnzimmer

$\chi^2 = 25,714; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 25,714; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 25,714; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 18,373; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 18,261; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 18,261; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 17,857; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 15,000; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 14,700; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 14,403; df = 1; p < 0,001$

$\chi^2 = 12,000; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 11,273; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 10,000; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 9,075; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 8,523; df = 1; p < 0,01$

$\chi^2 = 5,963; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 5,400; df = 1; p < 0,05$

$\chi^2 = 3,750; df = 1; p = 0,076$

$\chi^2 = 2,857; df = 1; p = 0,104$

$\chi^2 = 0,625; df = 1; p = 0,344$

$\chi^2 = 0,000; df = 1; p = 0,656$

10.3.2 Experiment 3B

Zusammenhang zwischen Trefferraten in Objektfarben- und Objekt-type-Rekognitionsaufgabe: Unterschiede im Verhältnis von Objekt-type-Treffern zu Objekt-type-Fehlern bei Objektfarben-Treffern und Objektfarben-Fehlern

χ^2 -Test	
$\chi^2 = 5,740$; df = 1; p < 0,05	$\chi^2 = 0,373$; df = 1; p = 0,541
$\chi^2 = 2,571$; df = 1; p = 0,109	$\chi^2 = 0,360$; df = 1; p = 0,549
$\chi^2 = 2,483$; df = 1; p = 0,115	$\chi^2 = 0,252$; df = 1; p = 0,615
$\chi^2 = 0,958$; df = 1; p = 0,328	$\chi^2 = 0,152$; df = 1; p = 0,697
$\chi^2 = 0,866$; df = 1; p = 0,352	$\chi^2 = 0,146$; df = 1; p = 0,702
$\chi^2 = 0,679$; df = 1; p = 0,410	$\chi^2 = 0,047$; df = 1; p = 0,828

Fishers exakter Test	
$\chi^2 = 9,098$; df = 1; p < 0,01	$\chi^2 = 0,302$; df = 1; p = 0,736
$\chi^2 = 4,503$; df = 1; p = 0,093	$\chi^2 = 0,088$; df = 1; p = 0,671
$\chi^2 = 4,206$; df = 1; p = 0,063	$\chi^2 = 0,019$; df = 1; p = 1,000
$\chi^2 = 1,230$; df = 1; p = 0,345	$\chi^2 = 0,006$; df = 1; p = 1,000
$\chi^2 = 1,093$; df = 1; p = 0,496	

Korrelationen der um Konfidenz gewichteten Trefferscores in Objektfarben- und Objekt-type-Rekognitionsaufgabe

r = .389; p < 0,001	r = .204; p = 0,058	r = .063; p = 0,561
r = .362; p < 0,01	r = .115; p = 0,290	r = .029; p = 0,792
r = .322; p < 0,01	r = .128; p = 0,239	r = .027; p = 0,806
r = .301; p < 0,01	r = .098; p = 0,368	r = -.005; p = 0,961
r = .297; p < 0,01	r = .091; p = 0,403	r = -.078; p = 0,473
r = .256; p < 0,05	r = .082; p = 0,449	r = -.098; p = 0,364
r = .230; p < 0,05	r = .063; p = 0,564	r = -.145; p = 0,180

10.3.3 Experimente 1, 2 und 3

Korrelationen der Anzahl Klicks, die Objekte von allen Probanden eines Experiments erhalten

	Exp.1	Exp.2A	Exp.2B (Online)	Exp. 2D (intentional)	Exp.3A	Exp.3B
Exp.1		r = .769	r = .829	r = .683	r = .798	r = .861
Exp.2A	r = .769		r = .817	r = .802	r = .783	r = .789
Exp.2B	r = .829	r = .817		r = .744	r = .867	r = .864
Exp.2D	r = .683	r = .802	r = .744		r = .658	r = .663
Exp.3A	r = .798	r = .783	r = .867	r = .658		r = .869
Exp.3B	r = .861	r = .789	r = .864	r = .663	r = .869	