



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Color up your Search:
Die Rolle von Farbe bei der visuellen Suche

Verfasserin

Miriam Bruckner

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl: A 298
Studienrichtung: Psychologie
Betreuer: V.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich sehr herzlich bei allen bedanken, die das Zustandekommen dieser Arbeit gefördert und mich während des Schaffensprozesses tatkräftig unterstützt haben. In erster Linie gilt dieser Dank meinem Diplomarbeitsbetreuer Prof. Dr. Ulrich Ansorge und MSc Nils Heise, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre, sowie Mag. Christian Valuch für die Bereitstellung von Equipment und den technischen Support. Für arbeitstechnische und die dringend benötigte emotionale Unterstützung bedanke ich mich bei meinem lieben Lebensgefährten Andreas Mittelmeier, Gudrun Bauer und Stefanie Unter die mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Abschließend gilt mein Dank natürlich auch vor allem meinen Eltern Walter und Elfriede Bruckner für die emotionale wie finanzielle Unterstützung während des gesamten Studiums sowie meiner lieben Großmutter Martha Bruckner in ebendiesem Sinne.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	5
1.1. Wissen um Farbe – Top-down	6
1.1.1. Natürliche vs. Künstliche Szenen.....	7
1.1.2. Farbdagnostizität	9
1.1.3. Generierung von Top-down innerhalb der visuellen Suche	10
1.2. Bedeutung der Salienz – Bottom-up	12
1.3. Gegenüberstellung Bottom-up & Top-down und Hypothesenbildung	15
1.3.1. Farbliche Unterscheidung künstlicher und natürlicher Objekte.....	18
 2. Experiment 1	 21
2.1. Methode.....	21
• Versuchspersonen	21
• Stimulusmaterial.....	21
• Technische Daten, Apparaturen, Materialien.....	23
• Ablauf.....	23
• Design	27
2.2. Resultate und Diskussion.....	27
• Deskriptive Statistik	27
• Interferenzstatistik	28
 3. Experiment 2	 31
3.1. Methode.....	32
• Versuchspersonen	32
• Stimulusmaterial, Technische Daten, Apparaturen, Materialien und Ablauf.....	32
• Design.....	32
3.2. Resultate und Diskussion.....	34
• Deskriptive Statistik	34
• Interferenzstatistik	34
 4. Generelle Diskussion	 37
• Kritische Betrachtung des Versuchsdesigns.....	42
• Weiterführende Überlegungen.....	43
 5. Literaturverzeichnis.....	 48

6. Abbildungsverzeichnis.....	52
7. Tabellenverzeichnis.....	52
8. Anhang	53
8.1. Abstract deutsch	53
8.2. Abstract english	55
8.3. Lebenslauf (mit Schwerpunkt auf den wissenschaftlichen Werdegang)	56

1. Einleitung

Farbe spielt grundsätzlich eine bedeutsame Rolle, wenn es um die Wahrnehmung der Umwelt geht und in Folge auch für das Betrachten von Objekten. Manche Objekte unserer Umwelt weisen zudem eine charakteristische Farbgebung auf, welche sie als solche erkennbar macht und somit wesentlich zur Identifikation beiträgt. Das Wissen um diese Farbeigenschaften betrifft vor allem natürliche Objekte und wird von uns im Laufe des Lebens angeeignet und mit zunehmender Erfahrung verstärkt. So wissen wir beispielsweise, dass Bananen gelb, Himbeeren rot, Schwäne weiß und Raben schwarz sind. Wobei hier der Vollständigkeit halber zu sagen ist, dass es in der Natur auch schwarze Schwäne und weiße Raben gibt. Allerdings vermuten wir eher, dass es sich um einen Raben handelt, wenn wir einen Vogel erblicken der ein schwarzes Gefieder besitzt und wir in der Vergangenheit oft die Erfahrung gemacht haben, dass Raben ein schwarzes Federkleid tragen und sich nicht in anders gefärbten Federn präsentieren. Dabei ist zu beachten, dass natürliche Objekte in natürlicher Umwelt oft keine *reine* Farbgebung besitzen, sondern neben der *Basisfarbe* (der Farbton mit dem höchsten farblichen Anteil an der Objektoberfläche, z.B. bei Raben schwarz), aufgrund ihrer natürlichen Farbbeschaffenheit und verschiedener Umweltereignissen ein breites Spektrum an Farben aufweisen (farbliche Einschlüsse auf der Objektoberfläche die von der *Basisfarbe* abweichen sowie veränderte Farbwahrnehmung durch Schattierungen und Helligkeitsunterschiede – auch bedingt durch die Oberflächenstruktur des Objektes). Die Farbe wird mit zunehmender Erfahrung zu einem Kennzeichen und ist dadurch auch der Identifikation des Objektes zuträglich. Allerdings kann Farbe nicht nur helfen Objekte zu erkennen, sondern auch diese zu finden. So haben beispielsweise Blüten meist eine kräftige Farbe, die sie von der grünen Wiese auf der sie sich befinden abhebt, was den umherschwirrenden Insekten die Suche erleichtern soll. Auch in der von Menschenhand geschaffenen Umwelt werden Farben mit der Absicht eingesetzt, unsere Aufmerksamkeit zu erlangen und in Folge auf unser Verhalten einzuwirken, wie dies zum Beispiel bei Verkehrsampeln der Fall ist. Die Einwirkungen von Farbe auf die Wahrnehmung, sind jedoch bei näherer Betrachtung noch deutlich feiner und komplexer. So hat beispielsweise bereits Walls (1942) belegt, dass Farbe bzw. Farbdifferenzen die Wahrnehmung von Konturen fördern und dadurch der Szenenerkennung und der Objektidentifikation dienen. Weiter wird Farbe dazu herangezogen, bei der Betrachtung eines Bildes, dieses in Regionen zu unterteilen, welche wiederum Informationen über bestimmte Objekte enthalten (De Valois & Switkes, 1983). Dies zeigt, dass Farbe auch bei der Segmentierung von Szenen eine Rolle spielt, die vor allem dann von Bedeutung ist, je geringer die Informationen sind, die durch die Form geliefert werden können, wie dies zum Beispiel bei getrübbten Bildern der Fall ist, da hier die Konturen weniger deutlich erkennbar

sind (Biederman & Ju, 1988). Aus den geschilderten Untersuchungsergebnissen folgt die Annahme, dass Farbe und Form bei der Objekterkennung interagieren und somit gemeinsam die Wahrnehmungsleistung beeinflussen, die demnach von Form wie auch von Farbe abhängig ist, was unter anderem von Derrico und Buchsbaum (1991), Kelly (1983) und Mullen (1985) belegt werden konnte. Gegenfurtner und Rieger (2000), Price und Humphreys (1989), Spence, Wong, Rusan und Rastegar (2006) sowie Tanaka, Weiskopf und Williams (2001) haben weiter herausgefunden, dass der Einfluss von Farbe auf die Szenenerkennung durch direkte semantische Assoziationen geleitet wird, indem Farbe und Inhalt miteinander in Verbindung gebracht werden (z.B. Gebirge – grau). Die genannten Ergebnisse stellen nur einen kleinen Auszug an Untersuchungen dar, machen aber den bedeutenden Einfluss von Farbe auf die Wahrnehmung der Umwelt bereits deutlich. In der aktuellen Untersuchung geht es allerdings nicht nur darum, einen weiteren Beleg für die Bedeutsamkeit der Farbe auf die visuelle Wahrnehmung zu liefern, sondern es stellt sich vor allem die Frage, auf welche Art und Weise Farbe ihre Wirksamkeit entfaltet, wenn es um die Suche nach natürlichen Objekten mit spezifischer Farbbeschaffenheit geht und welche Mechanismen der Farbwahrnehmung diesbezüglich zugrunde liegen und diese anleiten. Denn der Einfluss, den Farbe auf die Betrachtung oder das Erkennen von Szenen oder Objekten ausübt, ist nicht immer konstant, sondern hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, wie viele weitere Untersuchungsergebnisse zum Thema Farbwahrnehmung zeigen, auf die hier im weiteren Verlauf noch eingegangen wird. Was sich bei der Betrachtung der folgenden Forschungen vor allem zeigt ist, dass die Beobachtung von Szenen, wie auch die visuelle Suche, von zwei sich unterscheidenden Mechanismen gesteuert werden, in welchen der Einfluss von Farbe auf die Wahrnehmung respektive Aufmerksamkeit und das sich daraus ableitende Verhalten, in unterschiedlicher Weise zu tragen kommt. Bei diesen Mechanismen handelt es sich zum einen um die Ausrichtung der Aufmerksamkeit durch wissensbasierte und auf Vorerfahrungen beruhende Top-down-Information (absichtsgesteuert, von oben nach unten) und zum anderen um die Aufmerksamkeitsanziehung durch die (farbliche) Beschaffenheit der Szene/des Objektes per se – ein Prozess der als Bottom-up gesteuert (reizgesteuert, von unten nach oben) bezeichnet wird. Nach Wolfe, Butcher, Lee und Hyle (2003) beinhaltet die Suche nach Objekten sowohl Top-down- als auch Bottom-up-Steuerung. In diesem Zusammenhang ist es von Interesse, in wieweit die Suche nach natürlichen Objekten, den jeweiligen Mechanismen zugeschrieben werden kann.

1.1. Wissen um Farbe – Top-down

Dass erfahrungsbasiertes Wissen um Farbe eine bedeutende Rolle für die visuelle Wahrnehmung natürlicher Objekte spielt respektive Einfluss auf diese ausübt, konnten

Hansen, Olkkonen, Walter und Gegenfurtner (2006) in ihrer Untersuchung zeigen, indem sie die Versuchspersonen in ihrem Experiment baten, die Farbe von verschiedenen Obst- und Gemüsesorten (z.B. Banane), welche in ihrer natürlichen Färbung gezeigt wurden (z.B. Banane – gelb), farblich anzupassen, bis diese mit dem Hellgrau des Hintergrundes übereinstimmten. Im Rahmen dieser Aufgabenstellung konnte beobachtet werden, dass den ProbandInnen die Früchte, wenn diese objektiv betrachtet bereits grau waren, immer noch leicht in ihrer natürlichen Farbe erschienen. Dementsprechend passten jene den Farbton der jeweiligen Frucht weiter an. Dieses Phänomen konnte dagegen bei einem farbigen Spot, ohne semantischen Bezug und ohne typische Farbgebung (wie sie die hier verwendeten natürlichen Objekte aufweisen), nicht beobachtet werden. Die Autoren gehen aufgrund der Ergebnisse davon aus, dass unser Gedächtnis einen direkten Top-down-Effekt beinhaltet, welcher die eintreffende sensorische Information kontinuierlich moduliert und die Farbempfindung ändert, was aufgrund der Versuchsanordnung allerdings nur für Objekte mit typischer Färbung angenommen werden kann, wie sie die hier verwendeten natürlichen Objekte aufweisen.

1.1.1. Natürliche vs. künstliche Szenen

Oliva und Schyns (2000) konnten in ihrer Untersuchung feststellen, dass Farbe auf die Verarbeitung von Szenen nur unter bestimmten Bedingungen einen Einfluss hat. Die Kategorisierung von Szenen durch Versuchspersonen war ihnen zufolge langsamer und auch weniger effizient, wenn die Farbe aus den Szenen entfernt wurde – diese also achromatisch vorgelegt wurden. Allerdings konnte jenes Phänomen nur für natürliche Szenen beobachtet werden die, gegeben den natürlichen Umweltbedingungen, eine typische Farbgebung aufweisen. Künstlich erschaffene Szenen, die von Menschen erstellte Inhalte (ohne typische Färbung) repräsentierten (wie z.B. ein Wohnzimmer), ließen keine Unterschiede in der Erkennungsleistung der ProbandInnen, zwischen farbig und achromatisch beobachten. Dies führte die Autoren zu dem Schluss, dass in der frühen menschlichen Szenenverarbeitung Farbe zwar mit einbezogen wird, die Auswirkungen auf die Erkennungsleistung sind allerdings abhängig vom Szenentyp. Ein Beispiel für eine natürliche Szene aus dem Experiment von Oliva und Schyns (2000) hierzu, ist die Abbildung einer Dünenlandschaft. Die in dem gezeigten Bild abgebildeten Sandberge, weisen den für Wüstenlandschaften typischen gelben Farbton auf. Dadurch wird die Identifikation des Gezeigten erleichtert und die ProbandInnen können die Wüstenlandschaft in Folge auch als solche benennen. Dass Farbe hier tatsächlich einen Beitrag zur Szenenerkennung leistet und nicht einfach nur eine Hilfe bei der Szenensegmentierung bietet, indem sie zu einer besseren Wahrnehmung der Konturen beiträgt, so wie dies Walls (1942) postulierte, belegen die längeren Reaktionszeiten, die in Bezug auf die Benennung eben jener Szene resultieren,

wenn diese zwar in Farbe gezeigt wird, aber eine untypische Farbgebung aufweist. Die angeführte Wüstenlandschaft wurde in diesem Kontrollversuch in umgekehrter Färbung vorgelegt, so dass in diesem Fall die Sanddünen blau und der Himmel gelb erschienen. Es zeigte sich, dass bei solchen unnatürlich gefärbten Szenen noch längere Reaktionszeiten zu beobachten waren, als wenn diese achromatisch vorgegeben wurden. Dies lässt darauf schließen, dass die unnatürliche Färbung von Szenen, die unter normalen Umständen eine spezifische Farbgebung aufweisen, bei deren Betrachtung zu Irritationen führt. Im Gegensatz zu künstlichen Objekten ist die Farbe für natürliche Objekte oft diagnostisch, da diese erfahrungsgemäß für die jeweiligen Objekte, in einer beschränkten Anzahl immer gleicher Variationen auftreten (so können Äpfel beispielsweise in Anbetracht ihrer *Basisfarbe* rot, grün oder gelb sein aber nicht blau oder pink). Dabei ist die Diagnostizität umso höher, je typischer eine bestimmte Farbe für ein Objekt ist und je seltener diese einen Hinweis für Objekte oder Szenen derselben Kategorie (z.B. Landschaften, Obst) liefert (Wurm, Legge, Insberg und Luebker, 1993). Dies ist vor allem dann von Relevanz, wenn Objekte/Szenen derselben Kategorie vielleicht zusätzlich auch noch eine ähnliche Form aufweisen, was sich wiederum auf die Erkennungsleistung auswirkt. Am Beispiel der Dünenlandschaft kann hier gemutmaßt werden, dass die gelbe Färbung sehr typisch für die präsentierte Szene ist, sofern keine, oder zumindest keine natürlichen, formähnlichen Gebilde mit gleicher oder ähnlicher Farbgebung bekannt sind. Somit können Szenen, die beispielsweise eine Ähnlichkeit aufgrund der Form aufweisen (z.B. Hügellandschaften) schneller zurückgewiesen werden, da das Erkennen durch Vorhandensein einer diagnostischen Farbgebung beschleunigt wird. Allerdings hat sich gezeigt, dass Farbdagnostizität im Sinne von Seltenheit weit weniger bedeutsam für die Objektidentifikation ist, als die farbliche Assoziation mit dem Objekt/der Szene, was im weiteren Verlauf noch dargelegt wird (Wurm et al., 1993). Diese Erklärung für eine schnellere Reaktion bei natürlich gefärbten Szenen, bildet gleichzeitig auch eine Begründung dafür, warum dieser Effekt nicht ebenfalls für Szenen beobachtet werden konnte, in welchen künstlich geschaffene Objekte zu sehen sind. Denn häufig haben Objekte, welche von Menschenhand erstellt wurden, keine bestimmte Färbung, die als typisch angesehen werden kann, sondern weisen meist eine breite Palette an Farbvariationen auf (z.B. Einrichtungsgegenstände oder Kleidung), weswegen die Farbe hier kein diagnostisches Merkmal darstellt. Das Wissen darüber, ob ein Objekt eine spezifische typische Färbung aufweist oder nicht und um welche Farbe es sich in einem solchen Fall handelt, beruht auf der Erfahrung, die wir uns im Laufe unseres Lebens aneignen und im Langzeitgedächtnis abspeichern. Weist ein Objekt eine typische Farbgebung auf, so wird diese mit dem Objekte assoziiert und umgekehrt, wobei diese Assoziation umso stärker ist, je öfter die Erfahrung gemacht wurde, dass jenes Objekt in einer bestimmten Farbe resultiert. Je öfter wir einen Baum mit grünen Blättern und einem

braunen Stamm sehen, umso eher liefern uns die Merkmale *grüne Blätter* und *brauner Stamm* einen Hinweis dafür, dass es sich hierbei um einen Baum handelt. Würden wir dagegen beim Spaziergang im Wald plötzlich einen Baum entdecken, der einen roten Stamm und blaue Blätter aufzeigt, so hätten wir entweder eine neue Spezies entdeckt oder wir würden die Annahme zurückweisen, dass es sich hierbei um einen natürlich gewachsenen Baum handelt. Da bei künstlichen Gegenständen oft keine typische Färbung existiert, kann Farbe als definierendes Merkmal, in Zusammenhang mit diesen Objekten auch nicht gelernt und im Gedächtnis abgespeichert werden. Es erscheint daher auch wenig sinnvoll, zur Identifikation künstlicher Objekte, die Farbe als Kriterium heranzuziehen. Wobei hier allerdings darauf hingewiesen werden muss, dass durchaus Ausnahmen im Bereich der künstlichen Objekte existieren, für die ebenfalls erfahrungsbasiertes Wissen vorhanden ist – in Anbetracht der Abhängigkeit des jeweiligen Kulturbereichs. So weist beispielsweise in unserer Kultur ein Feuerwehrauto typischerweise die Farbe *Rot* auf, die somit für jenes Fahrzeug als diagnostisch angesehen werden kann. Die Identifikation von gewissen natürlichen Szenen beruht also, wie durch die Untersuchung von Oliva und Schyns (2000) gezeigt werden konnte, unter anderem auf unserem Wissen über die typische Farbgebung. Was die Autoren hier für einzelne Bildausschnitte demonstrierten – welche ja immer auch einen Kontext darstellen, von dem vermutet werden kann, dass er für die Identifikation von Szenen oder Objekten die in Szenen gezeigt werden, ebenso seinen Beitrag leistet, gilt auch für das Identifizieren einzelner Objekte. So postulierten bereits Biederman und Ju (1988), dass zwar für das Erkennen von einzelnen Objekten primär die Form ausschlaggebend ist, was sie durch einen Versuch belegten, in welchem sie Linienzeichnungen mit Farbfotografien verglichen, die jeweils von den ProbandInnen erkannt und benannt werden sollten, Farbe jedoch ebenfalls eine wichtige Rolle spielt. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Form nur unzureichend Informationen liefert. Hierbei leistet das Wissen um Farbe einen besonderen Beitrag. Allerdings wird auch betont, dass dies nur angenommen werden kann, wenn die Farbe typisch ist und individuelle Informationen, betreffend die Farbgebung eines Objektes vorliegen – das heißt, dass das Objekt samt seiner Färbung dem Betrachter hinreichend bekannt ist.

1.1.2. Farbdagnostizität

Aus den oben angeführten Untersuchungen geht hervor, dass vor allem natürliche Objekte, (und einige künstliche Objekte) Diagnostizität, die Farbe betreffend, aufweisen. Die Farbdagnostizität eines Objektes ist dabei umso höher, je seltener die Farbe dieses Objektes bei anderen Objekten derselben Kategorie in Erscheinung tritt (z.B. Kategorie Obst: je mehr rote Obstsorten es gibt umso geringer ist die Farbdagnostizität für die jeweiligen Sorten, da bei Identifikation der Obstsorte auf Basis der Farbe die Wahrscheinlichkeit steigt,

dass es sich auch um eine andere Obstsorte handeln könnte) und je typischer sie für ein bestimmtes Objekt ist (z.B. Rot für Tomate) (Wurm et al., 1993). Wurm et al. (1993) unternahmen dazu einen Versuch, in welchem sie die Diagnostizität von natürlichen Lebensmittel durch Wertungen von Versuchspersonen ermittelten. Diese wurden gebeten, für jedes vorhandene Produkt zu bewerten, ob dieses einer bestimmten Färbung entspricht oder nicht. Dabei standen den ProbandInnen für jede Farbe 100 Prozentpunkte zur Verfügung, welche auf die jeweiligen Lebensmittel aufzuteilen waren. Auf Basis dieser Angaben wurde anschließend die farbliche Diagnostizität der einzelnen Lebensmittel berechnet. Demnach weisen grüne Produkte eine geringe Diagnostizität auf, da diese Farbe sehr oft vorkommt und orange Produkte eine hohe Diagnostizität, weil diese Färbung relativ selten ist (z.B. Karotten). Allerdings konnte in weiterer Folge keine Verbesserung der Erkennungsleistung für Lebensmittel, für die eine hohe Farbdagnostizität in Bezug auf die Seltenheit der Farbe berechnet wurde, festgestellt werden. Ausschlaggebend war dagegen, ob die Farbe als typisch für die jeweiligen Objekte angesehen wurde (z.B. Tomate – Rot) (Wurm et al., 1993). Somit dürfte es für die Erkennungsleistung auch keine Rolle spielen, wenn bestimmte Objekte eine begrenzte Anzahl von mehreren natürlichen Färbungen aufweisen, sofern diese im Gedächtnis repräsentiert sind und als typisch angesehen werden (z.B. Apfel – Basisfarbe Rot, Grün oder Gelb möglich).

1.1.3. Generierung von Top-down innerhalb der visuellen Suche

In vielen Untersuchungen zum Thema Farbe wird (zusätzlich) Top-down-Wissen erst im Rahmen des Versuchsdesigns generiert, wie im Fall der visuellen Suche. Dies ist zu einem bestimmten Anteil notwendig, da für das erfolgreiche Suchen und Finden des Targets, bestimmte Informationen die das Target betreffen, vor der Suche zur Verfügung gestellt und abgespeichert werden müssen. Das Wissen, welches innerhalb des Experiments generiert wird, ist dabei nicht zu vergleichen mit dem Wissen, das auf Erfahrungen in der realen Umwelt zurückzuführen ist und auch die im Rahmen der Untersuchung gefundenen Erfahrungs- und Lerneffekte können nur im jeweiligen Untersuchungskontext als gegeben angesehen werden. Diese Unterscheidung kann verdeutlicht werden durch Forschungen, die es sich zum Ziel gesetzt hatten, den Einfluss von Farbe auf die visuelle Suche und die zugrunde liegenden Mechanismen, anhand artifizieller Objekte zu ergründen. Ein Beispiel für den Einfluss von künstlich generiertem farbbezogenem Wissen auf die visuelle Suche liefert die Untersuchung von Soto und Humphreys (2009). Die Autoren untersuchten den Einfluss von Top-down-Information auf das Suchverhalten, indem sie den ProbandInnen zu Beginn des Experiments farbige Objekte ohne semantischen Bezug (geometrische Formen) vorlegten, welche sich diese merken sollten. Anschließend wurde den Versuchspersonen ein Suchdisplay präsentiert, das vier farbige Formen zeigte. Die UntersuchungsteilnehmerInnen

wurden gebeten ein Target (Zielobjekt) zu finden, welches durch eine leicht schräge Linie repräsentiert wurde, die in eine der vier Formen eingebettet war. In den restlichen drei Formen befanden sich drei gerade horizontale Distraktorlinien (Distraktoren stellen Objekte dar, die für das Erreichen des Ziels irrelevant sind). Sofern das Target anwesend war, stimmte das Objekt, welches das Target beinhaltete, niemals in Farbe und Form mit dem zuvor gelernten Objekt überein. Dennoch konnte gezeigt werden, dass die Sakkaden der ProbandInnen zu Beginn der Suchaufgabe überdurchschnittlich oft in Richtung des zuvor gemerkten Objektes gingen. Dieser Effekt zeigte sich besonders deutlich, wenn ein im Suchdisplay gezeigtes Objekt, in Form und Farbe mit dem zu merkenden übereinstimmte, konnte aber auch beobachtet werden, wenn nur die Farbe in der Merk- und Suchbedingung identisch war. Überraschenderweise blieb dieses Phänomen auch dann bestehen, wenn die Versuchspersonen zu Beginn die Anweisung erhielten, die Farbe des zu merkenden Objektes zu ignorieren. Dies kann als Hinweis darauf betrachtet werden, dass Farbe schwierig zu ignorieren und auch zu inhibieren ist (Soto & Humphreys, 2009). Allerdings ist davon auszugehen, dass der hier beobachtete farbbezogene Effekt sowie die Assoziation zwischen Form und Farbe, auf eine kurzweilige Abspeicherung des zu lernenden farbigen Objekts im Arbeitsgedächtnis zurückzuführen sind. Diese künstlich im Rahmen des Experiments erstellte *Erfahrung* kann daher also weder mit Wissen um die Farbgebung bestimmter natürlicher Objekte verglichen, noch über den Untersuchungskontext hinweg generalisiert werden. Auch Maljkovic und Nakayama (1994, 1996) zeigten in ihren Publikationen anhand künstlicher Stimuli einen Effekt für Erfahrung in Bezug auf farbbedingtes Top-down-Wissen, indem sie darlegten, dass beispielsweise eher auf ein rotes Objekt geachtet wird, wenn in vorhergegangenen Durchgängen das Target ein rotes Objekt war. Bei den durch diese Untersuchungen veranschaulichten Erfahrungs- oder Lerneffekten, handelt es sich um *Produkte*, die in Abhängigkeit des jeweiligen Untersuchungsdesigns generiert wurden und daher auch auf den Untersuchungskontext beschränkt sind. Dies bedeutet nicht, dass die Ergebnisse keine generelle Gültigkeit besitzen und nicht in einer anderen Untersuchung repliziert werden könnten, sondern die Einschränkung bezieht sich auf die Bedeutung der Objekte, die innerhalb des Versuchsdesigns generiert wurden (so kann beispielsweise in einer Replikation des Versuchs von Maljkovic und Nakayama (1994, 1996) auch ein blaues Objekt als Target fungieren). Im Gegensatz dazu führen Erfahrungen in der realen Welt zu semantischen assoziativen Verknüpfungen und generieren Wissen, das im Langzeitgedächtnis abgespeichert wird (Spence et al., 2006, Tanaka et al., 2001). Somit sind erfahrungsgeneriertes Wissen in Bezug auf reale Objekte und Wissen oder Erfahrungen, die auf den Untersuchungskontext zurückgehen, zu unterscheiden, wobei beide Arten von Top-down-Wissen, abhängig vom Untersuchungsdesign, Einfluss auf die Suche ausüben können. Nach Wolfe et al. (2003) impliziert die Suche nach Objekten

allerdings nicht nur Top-down-Information aus Gedächtnisinhalten, sondern ist, wie oben schon erwähnt, ebenfalls zu einem Teil durch Bottom-up gesteuert, wobei Bottom-up-Suche als rein stimulusbasiert und unabhängig vom Wissen des Suchenden angesehen werden kann (Wolfe, et al., 2003).

1.2. Bedeutung der Salienz – Bottom-up

Bei einer Bottom-up-Aktivierung durch einen Stimulus respektive durch dessen spezifische Merkmale, wird die Aufmerksamkeit automatisiert und ohne das Zugreifen auf Top-down basierte, auf Gedächtnisinhalten beruhende Hintergrundinformationen, zu einem gewissen Punkt geleitet, der sich durch seine Beschaffenheit von den visuellen Darstellungen in seiner Umgebung abhebt. Somit gelten die Abhängigkeit vom Kontext und der dadurch bedingte Kontrast eines Stimulus als wesentlich für die Bottom-up gesteuerte Wahrnehmung (Itti & Koch, 2001). Die besten Chancen, die verdeckte Aufmerksamkeit des Betrachters anzuziehen, haben hierbei jene Regionen, die besonders salient sind. Als salient versteht man Bereiche innerhalb eines begrenzten Betrachtungsraumes, welche sich von ihrer Umgebung aufgrund von Farbe, Intensität (Helligkeit), Orientierung und/oder Kontrast abheben und dadurch besonders herausstechen (Itti, Koch & Niebur, 1998). Diese Bereiche haben eine statistisch hohe Wahrscheinlichkeit vom jeweiligen Betrachter fixiert zu werden, wobei dies je eher der Fall ist, umso weniger semantische Information und damit verbundenes Top-down-Wissen, vorhanden sind (Kayser, Nielson & Logothetis, 2006). Eines der bekanntesten Modelle zur Vorhersage von Bottom-up geleiteter Aufmerksamkeit ist das Salienzmodell von Itti et al. (1998). Nach Niebur und Koch (1998) erfolgt die Betrachtung einer Szene durch Bottom-up basierte Aufmerksamkeit kurz, unabhängig von der jeweiligen Aufgabenstellung, unkontrolliert und salienzgeleitet. Gegeben dieser Annahmen kann es als schwierig bis unmöglich angenommen werden, die Bottom-up basierte Aufmerksamkeitsverteilung bewusst zu leiten oder zu inhibieren. Im Vergleich dazu wird die Top-down geleitete Suche als langsam, kontrolliert und aufgabenabhängig beschrieben (Niebur & Koch, 1998). Das Salienzmodell von Itti et al. (1998) gestaltet sich in Anlehnung an die *feature integration theory* (Merkmals-Integrations-Theorie) von Treisman und Gelade (1980), welche sich mit den menschlichen Suchstrategien beschäftigt und jene zu erklären versucht. Der Theorie folgend, können nicht alle in einer Szene gezeigten Objekte gleichzeitig inspiziert werden. Die Observation einer Szene oder eines Displays erfolgt zunächst Bottom-up gesteuert und danach schließt eine genauere und kontrollierte Betrachtung an. Ein bedeutender Unterpunkt dieser Theorie ist die visuelle Suche, innerhalb eines begrenzten Suchdisplays, welche laut Treisman und Gelade (1980) seriell und für jeden Stimulus einzeln abläuft, sofern mehr als ein separables Merkmal benötigt werden, um

ein mögliches Objekt zu identifizieren. Die Suche nach Objekten bzw. die Identifikation der anwesenden Stimuli in einem Suchdisplay kann allerdings auch parallel ablaufen, wenn der Zielreiz (Target) sich in seinen Merkmalen von den übrigen Reizen abhebt. Durch die hierbei erlangte Einzigartigkeit gewinnt der Stimulus gegenüber den anderen Objekten bedeutend an Salienz und zieht somit die Aufmerksamkeit an. In diesem Fall ist auch die Größe des Suchdisplays für die Effizienz und die Geschwindigkeit der Suche irrelevant. Dies ist allerdings nicht der Fall, wenn mehrere Merkmale vorhanden sind, die von mehreren Objekten (Target und Distraktoren) geteilt werden. Als wichtige Dimensionen welche zur Objekterkennung entsprechend beitragen und die relevanten Merkmale beinhalten, nennen die Autoren Form und Farbe (Treisman & Gelade, 1980). Basierend auf diesen Annahmen von Treisman und Gelade (1980) erstellten Itti et al. (1998) ihr Salienzmodell, welches sich als Modell reiner Bottom-up-Steuerung versteht und jeglichen Top-down-Einfluss unberücksichtigt lässt. Das Modell geht von einer vorausgehenden Bottom-up geleiteten Suche respektive Observation aus, in welcher die Aufmerksamkeit bei der parallelen Betrachtung der gesamten Szene nur auf gewisse Regionen gerichtet wird, die sich durch herausstechende Merkmale von ihrem Umfeld abheben. Dieser Phase folgt ein zeitintensiverer Betrachtungsprozess, in welchem die einzelnen Orte höherer Salienz genauer inspiziert werden. Dieser Phasenunterteilung liegt auch die Annahme zugrunde, dass zwar in unserem Umfeld alles wahrgenommen werden kann, jedoch nur wenig davon tiefer verarbeitet wird und somit auch unser Verhalten steuert, was unter anderem von Levin und Simons (1997) demonstriert wurde, indem diese zeigten, dass Änderungsprozesse in einem Bild während der Betrachtung durch ProbandInnen, von diesen nahezu unbemerkt bleiben. Zumindest so lange, bis jene darauf hingewiesen werden – ein Phänomen das als *change blindness* (wechselnde Blindheit) bekannt ist. Die genaue Gestaltung der Salienzkarte wird bei Itti et al. (1998) durch einen komplexen Prozess berechnet, welcher Farbe, Intensität (Helligkeit) Orientierung und Kontrast mit einbezieht. Auf Basis der angestellten Berechnungen wird zunächst jener Ort mit Aufmerksamkeit bedacht, der die höchste Salienz aufweist. Anschließend wird der Ort mit der zweithöchsten berechneten Salienz in den Blick genommen und so fort, bis keine Regionen mehr vorhanden sind, die sich in der Höhe der Salienz bedeutend von den übrigen unterscheiden (Itti et al., 1998). Dass die Aufmerksamkeit nicht nach der Betrachtung des zweitsalientesten Punktes wieder an die höchstsaliente Stelle zurückkehrt, wird durch *inhibition of return* (IOR, Inhibition der Rückkehr) verhindert (Itti & Koch, 2001). Die Bedeutsamkeit der Farbe für die Salienz von Bildern, zeigte sich in einer Untersuchung von Vasquez, Gevers, Lucassen, van de Weijer und Baldrich (2010). Dabei wählten die Autoren ein Design, das den Einfluss von Semantik und somit Top-down-Information weitestgehend reduzieren sollte. Die Wissenschaftler arbeiteten mit synthetischen Testbildern bzw. Farbrastern, deren Salienz berechnet und die

anschließend den ProbandInnen zur Inspektion vorgelegt wurden. Die Versuchspersonen sollten für Paare von Bildern entscheiden, in welchem der beiden Bilder sich die Farbausprägung des Bildzentrums stärker vom Umfeld abhebt. Welcher Bildmittelpunkt also im direkten Vergleich der beiden Bilder salienter erscheint. Die berechnete Salienz konnte das Farbempfinden der ProbandInnen überdurchschnittlich gut vorhersagen, und es wurde beobachtet, dass Personen auf Farbänderungen bedeutend empfindlicher reagieren als auf Helligkeitsänderungen. In Anlehnung an Wolfe (1994) gehen die Autoren im Weiteren davon aus, dass die Signalwirkung eines Targets verloren geht, je geringer die Differenz (auch die farbliche) zu den umgebenden Distraktoren ist. Daraus folgt, dass bei zunehmender Distraktorsimilarität gegenüber dem Target, auch die visuelle Suche erschwert wird. In Anlehnung an Treisman und Gelade (1980) wird allerdings postuliert, dass die Heterogenität der Distraktoren untereinander, keine Beeinträchtigung auf die Suche zeigt, solange das Target noch ein eigenes Merkmal bzw. eine Merkmalskonstellation besitzt, welches dieses gegenüber den Distraktoren einzigartig und deutlich unterscheidbar macht. Je weniger Überlappungen zwischen Distraktor und Target also bestehen, umso eher läuft laut Angaben auch die Suche parallel – da die Distraktoren auf einen Blick schnell zurückgewiesen werden können – und umso weniger seriell. Humphreys und Duncan (1989, nach Wolfe et al., 2003) gehen von der Annahme aus, dass die Salienz von Distraktoren erhöht werden kann, wenn die Ähnlichkeit unter ihnen verringert wird. Hierzu konnte Theeuwes (1992) zeigen, dass wenn ein hochsalientes Item gleichzeitig mit dem Target, an einer anderen Position im selben Display erscheint, Kosten entstehen und die Suche nach dem Target beeinträchtigt wird, was sich in längeren Reaktionszeiten ausdrückt. Das betreffende Item hat die Aufmerksamkeit allein aufgrund seiner Merkmale *eingefangen*, weswegen hier auch vom *attentional capture effect* (Aufmerksamkeits-Erfassungs-Effekt) die Rede ist. In der entsprechenden Untersuchung hatten die ProbandInnen die Aufgabe, einen grünen Kreis inmitten von grünen Diamanten innerhalb eines Suchdisplays auszumachen. In einigen der Suchdurchgänge erschien zusätzlich auch ein roter Diamant im Suchfeld – ein Stimulus also, der sowohl in Form als auch in Farbe vom Target abwich. Was die Farbgebung betrifft, so war der rote Diamant ein Singleton (Einzelstück), da die rote Farbe weder mit dem Target, noch mit einem der anderen Distraktoren geteilt wurde, welche alle dieselbe Farbe (grün) aufwiesen. Das Target dagegen stellte ein Singleton im Hinblick auf die Form dar. Es konnte beobachtet werden, dass die Reaktionszeiten bei Durchgängen, in denen der rote Diamant anwesend war, länger waren als ohne dessen Anwesenheit. Dies war auch der Fall, wenn das Target über alle Durchgänge hinweg in Form und Farbe dasselbe blieb und somit genügend Top-down-Information gegeben war, um aufgrund dessen den Distraktor zu ignorieren und die Aufmerksamkeit zielgerichtet auf das Target zu lenken (Theeuwes, 1992). Dieser Versuch zeigt, dass es schwer bis unmöglich zu sein scheint, trotz ausreichend

vorhandener Informationen den Einfluss von Bottom-up gesteuerter Aufmerksamkeit respektive *attentional capture* völlig zu eliminieren.

1.3. Gegenüberstellung Bottom-up & Top-down und Hypothesenbildung

Top-down basierte Aufmerksamkeitsausrichtung durch Hintergrundinformation und Bottom-up-Steuerung durch Salienz müssen aber nicht immer in Konkurrenz miteinander stehen, sondern können auch gemeinsam die Suche nach dem Zielreiz fördern. Dies kann angenommen werden, wenn das Target auch gleichzeitig das Objekt mit der höchsten Salienz ist (Boot, Brockmole & Simons, 2005). Boot et al. (2005) zeigten dies in einem Versuch, in dem aus einer Reihe von Buchstaben ein Target-Buchstabe auszumachen war. Die Reaktionszeiten waren hier am kürzesten, wenn das Target auch gleichzeitig ein farbdefiniertes Singleton darstellte. Gemäß diesem Versuch kann überlegt werden, dass die Reaktionszeiten dann am kürzesten sind, wenn das Target ein farblich definiertes Singleton ist (also hohe Salienz betreffend Farbe aufweist, Bottom-up) und gleichzeitig die Farbe auch das einzige relevante Merkmal darstellt, um das Target zu identifizieren (Top-down-Wissen). Was natürliche Objekte betrifft, so weisen diese wie erwähnt oft eine spezifische Farbbeschaffenheit auf, welche als typisch gilt und daher als charakteristisches Merkmal zur Objektkennung herangezogen werden kann (Biederman & Ju, 1988, Oliva & Schyns, 2000, Wurm et al., 1993). Allerdings ist nicht nur die Farbe alleine ausschlaggebend für die Objekterkennung, sondern es wird, wie Biederman und Ju (1988) postulierten, primär die Form zur Identifikation von Objekten herangezogen. Die Bedeutsamkeit der Farbe für die Erkennungsleistung steigt aber nach Ansicht der Autoren, wenn die Information, die durch Form extrahiert werden kann, unzureichend vorhanden ist. Auch Treisman und Gelade (1980) bezeichnen Form und Farbe als die relevanten Dimensionen, welche bei der Objekterkennung eine Rolle spielen. Gemäß dieser Angaben müsste zunächst der Einfluss von Form auf das Erkennen von Objekten eliminiert oder zumindest so weit wie möglich vermindert werden, um den Einfluss der Farbgebung, auf die Suchleistung innerhalb von natürlichen Objekten, besser sichtbar zu machen. Was natürliche Szenen betrifft so konnten Wurm et al. (1993) veranschaulichen, dass getrübbte (Tiefpass gefilterte) Bilder in Farbe kürzere Reaktionszeiten erkennen ließen, wenn es darum ging das Gezeigte zu identifizieren, als getrübbte achromatische Bilder. Auch Derrico und Buchsbaum (1991) geben an, dass Farbe vor allem bei schlechter räumlicher Auflösung die Objekterkennung verbessert und auch dann, wenn die Informationen, die durch die Form extrahiert werden, wenig spezifisch sind. Soto und Humphreys (2009) demonstrierten die Interaktion zwischen Farbe und Form, indem sie veranschaulichten, dass die erste Sakkade der Versuchspersonen am häufigsten zu einem präsentierten Objekt ging, wenn dieses in Form

und Farbe mit dem vorher zu merkenden übereinstimmte. In dieser Untersuchung zeigte sich weiter ein größerer Effekt für Farbe als für Form, indem die erste Sakkade in der Suchbedingung häufiger zu einem gezeigten Objekt ging, wenn dieses nur in der Farbe mit dem zu merkenden übereinstimmte, als wie wenn dies bei Form der Fall war. Die hier verwendeten Objekte stellten geometrische Formen ohne semantischen Bezug dar, die nur in beschränktem Ausmaß voneinander differenzieren. Wenn auch die begrenzte Vergleichbarkeit von der Untersuchung durch Soto und Humphreys (2009), mit der hier angestrebten Forschung bereits diskutiert wurde, so kann doch aus den Ergebnissen abgeleitet werden, dass eine zunehmende Ähnlichkeit der Form den Einfluss der Farbe auf die Erkennungsleistung erhöht, wenn innerhalb der Farben leichter differenziert werden kann, als innerhalb der Formen. Ein weiterer Beleg für die Präferenz von Farbe, bei unzureichend vorhandener Forminformation, kommt von Williams, Pollatsek, Cave und Stroud (2009). Die Autoren belegten, dass bei einer Präsentation von verschiedenen Clustern, die aus simplen geometrischen Formen bestanden, welche eine hohe formbezogene Ähnlichkeit zum, im Cluster eingebetteten Target aufwiesen, diejenigen Verbände auf der Suche nach dem Target zuerst inspiziert wurden, welche mehr Objekte in der Farbe des Targets beinhalteten. Daraus leitet sich ab, dass eine Möglichkeit die Information, welche aus der Form extrahiert werden kann zu minimieren ist, die formbezogene Ähnlichkeit zwischen den Objekten zu erhöhen, um den Einfluss der Objektform auf das Erkennen der Objekte zu vermindern (Wolfe et al., 1992). Nun weisen natürliche Objekte aber, im Gegensatz zu artifiziellen, zusätzlich zu ihrer spezifischen Farbbeschaffenheit auch eine spezifische Formgebung auf, für die ebenfalls ein bestehendes erfahrungsbasiertes Top-down-Wissen angenommen werden muss und die nicht beliebig künstlich variiert werden kann, ohne die Semantik der Objekte zu verändern. Daher empfiehlt es sich, natürliche Objekte mit typischer diagnostischer Farbgebung heranzuziehen, die sich in ihrer natürlichen Formgebung weitestgehend ähnlich sind. Für die Erstellung des hier vorliegenden Untersuchungsdesigns, wurden zu diesem Zweck Obst- und Gemüsesorten herangezogen, die eine rundliche Form aufweisen, da diese Objektkategorie zum einen genügend Auswahl an natürlichen rundlichen Objekten bietet und zum anderen auch die natürliche spezifische Farbbeschaffenheit aufweist. Diese Manipulation der Forminformation innerhalb des Experiments sollte es ermöglichen, den Einfluss der natürlichen Farbgebung auf die visuelle Suche sichtbar zu machen. Nun gilt es zu ergründen, welche Mechanismen der Farbwahrnehmung innerhalb der visuellen Suche zugrunde liegen. Wolfe et al. (2003) geben an, dass es schwer ist festzustellen, ob die Suche durch Top-down, Bottom-up oder durch beide zu gleichen Teilen geleitet wird. Eine Möglichkeit, den Einfluss von reizgesteuerter und absichtsgesteuerter Aufmerksamkeit zu beobachten, bietet die Manipulation eines dieser Mechanismen. So kann die Salienz und

somit die Bottom-up-Steuerung vermindert werden, indem beispielsweise die Differenz zwischen Distraktor und Target reduziert wird. Oder die Salienz der Distraktoren wird erhöht, indem die Ähnlichkeit zwischen ihnen reduziert wird (Duncan & Humphreys, 1989). Durch die allgemeine Erhöhung der Ähnlichkeit (zwischen allen vorhandenen Objekten) wird allerdings laut Wolfe et al. (2003), zwar die Bottom-up-Salienz des Targets vermindert, es wird aber auch die Top-down-Spezifizierung des Targets erschwert, was Wolfe, Friedman-Hill, Stewart und O'Connell (1992) für die Dimension der Orientierung (Target und Distraktoren waren Stäbchen, die sich innerhalb der Neigung unterschieden) belegen konnten. Duncan (1989) konnte in seiner Untersuchung allerdings keinen Effekt für verminderte Target-Salienz beobachten, in welcher er veranschaulichte, dass das Hinzufügen von farblich heterogenen Distraktoren (und somit eine Verminderung der Salienz des Targets) bei einfacher visueller Suche, in welcher nur eine Dimension (hier: Farbe) relevant ist, keine Beeinträchtigung auf die Suchleistung erzeugt. Dies spricht ihm zufolge, für eine Effizienz der Top-down-Strategie bei einfacher farbgebundener visueller Suche und für eine parallele Verarbeitung. Bei kombinierter Suche, in welcher mehrere Dimensionen bedeutend für das Finden des Targets sind, erhöht das Hinzufügen heterogener Distraktoren dagegen die Reaktionszeit signifikant, da hier, im Gegensatz zum einfachen Design, die Suche zunehmend seriell verläuft (Duncan, 1989). Um den Einfluss von Bottom-up innerhalb der visuellen Suche zu prüfen, verringerten nun Wolfe et al. (2003) die Top-down-Information indem sie die Dimensions- und Merkmalsunsicherheit erhöhten, mit dem Ergebnis, dass die Reaktionszeiten umso länger waren, je mehr Information der Suche entzogen wurde. Die Autoren geben hierzu aber an, dass ein gänztliches Filtern von Top-down-Information nicht möglich ist, da gewisse Informationen zur Verfügung gestellt werden müssen, um das Target als solches identifizieren zu können (Wolfe et al., 2003). Es ist zu beachten, dass die hier genannten Untersuchungen zur Erforschung des Einflusses von reizgesteuertem Bottom-up und wissensbasiertem Top-down auf die visuelle Suche nach dem Target, anhand künstlich erstellter Objekte, ohne semantischen Bezug durchgeführt wurden (Boot et al., 2005, Duncan, 1989, Duncan & Humphreys, Soto & Humphreys, 2009, Theeuwes, 1992, Williams et al., 2009, Wolfe et al., 1992, Wolfe et al., 2003). Die Interessierende Frage lautet nun, wie die einfache visuelle Suche nach und innerhalb von natürlichen Objekten, mit spezifischer Farbbeschaffenheit verläuft und ob angesichts der Besonderheit der Farbgebung bei natürlichen Objekten, reizgesteuerte (Bottom-up) oder doch absichtsgesteuerte, auf Wissen beruhende (Top-down) Aufmerksamkeit für den Ausgang der Suche von übergeordneter Bedeutung ist.

1.1.3. Farbliche Unterscheidung künstlicher und natürlicher Objekte

Reale natürliche Objekte weisen, gegenüber künstlich in einer Untersuchung generierten Stimuli, einige Besonderheiten auf die es zu beachten gilt. So sind beispielsweise natürliche Objekte nicht frei von Semantik, wie dies beispielsweise bei künstlich erstellten geometrischen Formen der Fall ist. Dies bedeutet, dass bei der Identifikation von natürlichen Objekten, auch mit diesen in Verbindung stehende Informationen aktiviert werden (z.B. Apfel – ist eine Frucht, kann man essen, schmeckt mir/schmeckt mir nicht etc.). Es liegt also, angesichts natürlicher Objekte ein bestimmtes Wissen vor, sofern diese dem Beobachter hinreichend bekannt sind, welches typische Form- und Farbgebung mit einschließt (Biederman & Ju, 1988, Oliva & Schyns, 2000, Spence et al., 2006, Tanaka et al., 2001, Wurm et al., 1993). Aus diesem Wissen folgt auch, dass Form und Farbgebung des natürlichen Objekts assoziativ miteinander verknüpft sind und daher nicht, wie bei künstlich¹ erstellten Objekten, beliebig verändert werden können, ohne dem semantischen Gehalt des Objektes dadurch nicht mehr gerecht zu werden. Dieses erfahrungsgebundene Top-down-Wissen und die damit in Verbindung stehende Semantik, betreffend ein bestimmtes natürliches Objekt, sind zu trennen von dem Wissen und der Semantik, die innerhalb eines Versuchsdesigns generiert werden (Target- und Distraktor-Identität) um eine erfolgreiche Suche zu ermöglichen. Von besonderer Bedeutsamkeit ist jedoch der Unterschied, den natürlich gefärbte Objekte gegenüber künstlich erstellten und gefärbten, bezüglich ihrer Farbbeschaffenheit aufweisen. Im Gegensatz zu artifiziellen Objekten, wie sie in vielen oben angeführten Untersuchungen Verwendung finden (u.a. Boot et al., 2005, Duncan, 1989, Duncan & Humphreys, Soto & Humphreys, 2009, Theeuwes, 1992, Williams et al., 2009, Wolfe et al., 1992, Wolfe et al., 2003), weisen natürliche Objekte keine reine monochromatische Färbung auf (Abbildung 1). Auch wenn bei den meisten natürlichen Objekten eine bestimmte Farbgebung aufgrund ihres Anteils dominiert, so dass diese grob einer Farbkategorie zugeordnet werden können (z.B. Apfel – Kategorie *Rot*), so beinhalten sie aufgrund ihrer farblichen Beschaffenheit oft auch Einschlüsse von Farben anderer Kategorien und können demnach als polychromatisch beschrieben werden (z.B. verfügen *rote* Äpfel oft über braune Stellen oder gelbliche und grünliche Spektren). Zudem weisen natürliche Objekte, aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit auch Helligkeitsunterschiede respektive Schattierungen auf, die auf das Farbempfinden einwirken und in Kombination mit der spezifisch differenzierten Farbbeschaffenheit dazu führen, dass innerhalb des Objektes Bereiche unterschiedlicher Salienz bestehen. Im Hinblick auf diese farblichen Besonderheiten stellt sich nun die Frage, ob die visuelle Suche nach natürlichen Objekten ebenso effizient ist, wie die Suche nach künstlichen monochromatischen Stimuli, wenn die

¹ *Künstlich* bezieht sich hier auf Objekte die innerhalb eines Versuchsdesigns erstellt werden und keinen erfahrungsbezogenen semantischen Bezug aufweisen (z.B. geometrische Formen) und nicht generell auf von Menschenhand erstellte Objekte (z.B. Möbel).

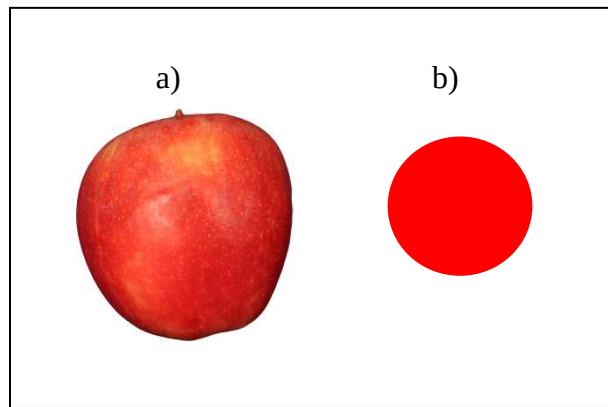


Abbildung 1. Die Abbildung zeigt (a) ein Beispiel für ein in dieser Untersuchung verwendetes natürliches Objekt mit natürlicher Farbgebung (Apfel, Kategorie *Rot* - mit spektralen Einschlüssen). Die Besonderheit bei natürlich gefärbten Objekten besteht in ihrer polychromatischen Beschaffenheit. Neben der *Basisfarbe* (Rot) zeigen sich Einschlüsse anderer Farben innerhalb des Objektes. Zusätzlich zur Farbvariation tragen aufgrund der natürlichen Oberflächenbeschaffenheit auch Schattierungen und Helligkeitsunterschiede zu einem differenzierten Farbschema bei. Diese Faktoren führen dazu, dass innerhalb des Objektes Punkte unterschiedlicher Salienz entstehen. (b) Im Vergleich dazu ist gegenüber ein künstlich erstelltes monochromatisches Objekt (rot) angeführt, das die farbliche Besonderheit natürlicher Objekte verdeutlicht.

Farbgebung das einzige relevante Merkmal ist, um das Target korrekt identifizieren zu können, da aufgrund der polychromatischen Beschaffenheit, auch spektrale Überlappungen zwischen dem Target und den Distraktoren, sowie zwischen den Distraktoren untereinander möglich sind. Es ist zu ergründen, ob diese farbliche Besonderheit, der hier verwendeten natürlichen Objekte die Suche beeinträchtigt oder ob die Objekte, aufgrund ihrer *Basisfarbe* ausreichend voneinander differenzieren und problemlos unterschieden werden zu können. Ebenso ist von Interesse, ob sich die visuelle Suche nach natürlichen Stimuli, in Bezug auf die ihr zugrundeliegenden Mechanismen, von der Suche nach monochromatischen artifiziellen Objekten unterscheidet. Die Frage ist, ob die absichtsgesteuerte Aufmerksamkeit (Top-down) von übergeordneter Bedeutung für die erfolgreiche Suche nach einem natürlichen Target ist, da davon ausgegangen werden kann, dass erfahrungsbasiertes Wissen über die jeweiligen Objekte besteht, welches auch die spezielle polychromatische Beschaffenheit mit einschließt und dieser somit Rechnung getragen wird. Oder ob, auch aufgrund der speziellen Farbbeschaffenheit der Objekte, die zu einem Bild unterschiedlich

salienter Bereiche, sowohl innerhalb als auch zwischen den Objekten führt, eine Beeinflussung der Suche durch reizgesteuerte Aufmerksamkeitserfassung (Bottom-up) angenommen werden kann. Bei Betrachtung der Untersuchungen zum farbbezogenen Einfluss von Top-down und Bottom-up, anhand künstlich erstellter Objekte zeigt sich kein einheitliches Bild, was die Ergebnisse dieser Forschungen betrifft. Gemäß den Resultaten von Theeuwes (1992) müsste Bottom-up auch dann eine Rolle spielen, wenn vollständige Informationen über das Target gegeben sind. Allerdings unterscheiden sich, im Gegensatz zu dem Versuch von Theeuwes (1992), die Objekte in den hier beschriebenen Untersuchungen nur hinsichtlich einer Dimension, nämlich der Farbe. Auch Monnier (2009) konnte in einem Versuch mit farbigen Scheiben innerhalb eines Suchdisplays zeigen, dass die Reaktionszeiten kürzer waren, wenn das Target ein Singleton war und länger, bei farblicher Heterogenität der Distraktoren (Monnier, 2009). Die Befunde widersprechen den Annahmen von Duncan (1989), welcher veranschaulichte, dass die Suchleistung bei Hinzufügen von farblich heterogenen Distraktoren aufrecht erhalten werden kann, sofern es sich um eine einfache Suchaufgabe handelt. Die Begründung dafür ist, dass ihm zufolge, die Suche bei nur einer relevanten Dimension, parallel abläuft, was auch mit der *feature integration theorie* von Treisman und Gelade (1980) übereinstimmt. Dies spricht wiederum für die Effizienz von Top-down-Steuerung innerhalb der einfachen Suche. Sollte Bottom-up dennoch einen Einfluss haben, so müsste sich das auch darin äußern, dass die Suchleistung dann am höchsten ist, wenn das Target gleichzeitig ein Singleton darstellt (Theeuwes, 1992, Boot et al., 2005). Sofern die verwendeten natürlichen Objekte aufgrund ihrer farblichen Beschaffenheit eine ausreichend effiziente visuelle Suche zulassen, so kann für diese Untersuchung, in Anbetracht der gegebenen Forschungsergebnisse aus den vorliegenden Untersuchungen, die anhand artifizieller Objekte gewonnen wurden, angenommen werden, dass:

- *Wenn die vorliegende Top-down-Information betreffend Farbe innerhalb einer einfachen Suche ausreichend effizient ist, kein Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen Suchdurchgängen in denen ein Singleton vorhanden ist und Suchdurchgängen in denen kein Singleton vorhanden ist, gegeben sein sollte. Dies sollte sowohl zwischen Durchgängen in denen das Target anwesend ist sowie zwischen Durchgängen in denen das Target abwesend ist gelten.*
- *Wenn Bottom-up durch Salienz trotz gegebener Top-down-Informationen Einfluss auf die Suche hat, bei Anwesenheit des Targets kürzere Reaktionszeiten zu erwarten sind, wenn das Target auch gleichzeitig ein farbiges Singleton ist und bei*

Abwesenheit des Targets längere Reaktionszeiten in Durchgängen, in denen ein Distraktor-Singleton vorhanden ist.

2. Experiment 1

Im ersten Experiment geht es darum herauszufinden, ob für die visuelle Suche nach einem Zielobjekt mit typischer, spezifischer, polychromatischer Färbung das Wissen um die Farbbeschaffenheit des Targets und somit Top-down-Information von übergeordneter Bedeutung für die schnelle und korrekte Bewältigung der Suche ist. Oder ob trotz des Wissens um die farbliche Beschaffenheit des Targets bzw. zusätzlich zu diesem Wissen auch farbgebundene Salienz eine Rolle spielt und demnach Bottom-up im Sinne eines *attentional-capture-effects* beobachtet werden kann.

2.1. Methode

Versuchspersonen

In der ersten Untersuchung wurden 25 Versuchspersonen getestet, im Alter von 19 bis 29 Jahren ($\bar{x} = 21,64$), von denen 10 männlich und 15 weiblich waren. Die teilnehmenden ProbandInnen waren überwiegend StudentInnen, welche im Rahmen ihres Studiums eine gewisse Anzahl an Stunden durch Experimentalerfahrung zu sammeln hatten. Die Teilnahme an der Studie war jedoch freiwillig und anonym.

Stimulusmaterial

Um die Untersuchung zur interessierenden Forschungsfrage durchführen zu können, wurden Bilder von natürlichen Objekten (Obst und Gemüse) erstellt, welche aufgrund ihrer natürlichen Farbgebung respektive ihrer *Basisfarbe* in die Kategorien *Gelb*, *Grün*, *Rot*, *Blau/Violett* und *Braun* eingeteilt werden konnten. Obst und Gemüsesorten, die bei dieser Untersuchung zum Einsatz kamen waren *Tomate*, *Erdbeere*, *roter Apfel* und *rote Paprika* (Kategorie *Rot*); *Zitrone*, *gelbe Zwetschke*, *gelber Paprika* und *Grapefruit* (Kategorie *Gelb*); *grüner Apfel*, *grüner Paprika* und *Limette* (Kategorie *Grün*); *Kiwi*, *Kartoffel* und *Zwiebel* (Kategorie *Braun*) und *blaue Zwetschke/Pflaume* und *Feige* (Kategorie *Blau/Violett*). Es ist zu beachten, dass aufgrund der natürlichen Farbgebung der verwendeten Objekte, nicht für jede Farbkategorie gleich viele verschiedene Obst- bzw. Gemüsesorten ausgewählt werden konnten. Vor allem, da um den Einfluss der Form auf die Wiedererkennungseistung zu minimieren, nur rundliche Objekte herangezogen wurden (Biederman & Ju, 1988, Williams et

al., 2009). Auch sind die Farben der verschiedenen Vertreter innerhalb einer Farbkategorie, aufgrund deren Natürlichkeit nicht exakt identisch sondern *ähnlich*, was aufgrund der beschriebenen spezifischen Färbung sowohl für individuelle Objekte innerhalb einer Sorte, sowie auch zwischen den Sorten gilt. Um die formulierten Annahmen zu testen, wurden drei verschiedene Gruppen gebildet, wobei jede jeweils eine Sorte als Target, eine farbähnliche Distraktorsorte und von den übrigen Farbkategorien ebenfalls jeweils mindestens eine farbunähnliche Obst- oder Gemüsesorte als Distraktor beinhaltet. Zu diesen Gruppen wurden weiter drei Parallelgruppen definiert, in welchen die Target- und die farbähnliche Distraktorsorte vertauscht wurden, um für Effekte, welche auf die Objektsorte zurückzuführen sind, zu kontrollieren. Die selektierten Bilder, die für die jeweilige Sorte ausgewählt wurden blieben jedoch unverändert (Tabelle 1). Erstellt wurden die Bilder mit einer CANON 500D Spiegelreflexkamera (15,1 Megapixel, CMOS-Sensor) vor blauem Hintergrund und anschließend mit Hilfe von ADOBE Photoshop CS3 zugeschnitten und bearbeitet, wobei der

Tabelle 1

Gruppeneinteilung der verwendeten Obst- und Gemüsesorten

Gruppe	Target	Distraktor (farbähnlich)	Distraktoren (farbunähnlich)
1	Tomate	Erdbeere	Paprika_gelb Paprika_grün Zwetschke/Pflaume_blaue/violett Kiwi Zwiebel
2	Grapefruit	Zwetschke/Pflaume_gelb	Apfel_rot Paprika_grün Zwetschke/Pflaume_blaue/violett Kiwi Paprika_rot
3	Limette	Apfel_grün	Paprika_rot Zitrone Paprika_gelb Feige Kartoffel
Parallelgruppe	Target	Distraktor (farbähnlich)	Distraktoren (farbunähnlich)
1	Erdbeere	Tomate	Paprika_gelb Paprika_grün Zwetschke/Pflaume_blaue/violett Kiwi Zwiebel
2	Zwetschke/Pflaume_gelb	Grapefruit	Apfel_rot Paprika_grün Zwetschke/Pflaume_blaue/violett Kiwi Paprika_rot
3	Apfel_grün	Limette	Paprika_rot Zitrone Paprika_gelb Feige Kartoffel

blaue Hintergrund durch einen transparenten ersetzt wurde. Von jeder in einer Gruppe vorhandenen Objektsorte wurden sechs Bilder bestimmt, welche jeweils Vertreter der Gattung in verschiedenen Perspektiven zeigen. Dadurch ergeben sich für jede Gruppe 7 x 6 Bilder, so dass insgesamt ein Set mit 126 (42 x 3) Bildern resultiert. Der transparente Hintergrund diente dazu, dass die Bilder problemlos in einem Suchdisplay mit achromatischem hellgrauem Hintergrund angeordnet werden konnten. Weiter ist es wichtig zu beachten, dass die verwendeten Bilder, über die verschiedenen Objektsorten hinweg, Objekte ähnlicher Größe zeigen. Den natürlich auftretenden Größenverhältnissen wird so nicht Rechnung getragen. Dies erfüllt ebenfalls den Zweck die Beeinflussung des resultierenden Effekts, durch formgebundene Top-Down-Information, zu unterbinden.

Technische Daten, Apparaturen, Materialien

Die Bilder wurden durch die Verwendung von *Psychtoolbox-3 (Matlab)* in das Experiment eingefügt und dieses wurde mit Hilfe des genannten Programmes fertiggestellt. Die Wiedergabe und Auswertung des Experiments und der gewonnenen Daten erfolgte ebenfalls mit *Psychtoolbox-3*. Weiter wurden zur Wiedergabe des Experiments *DELL-PCs (Optiplex 980)* mit 19'' *ACER* Monitoren verwendet. Der Monitor befand sich in 53 cm Entfernung von den Versuchspersonen. Um sicherzustellen, dass der Abstand zwischen ProbandInnen und Monitor nicht durch die individuelle Sitzposition oder das Bewegungsverhalten der jeweiligen Versuchspersonen variierte, wurden Kopfstützen verwendet, die in dem angegebenen Abstand vor dem Bildschirm fixiert waren. Die Höhe der Kopfstützen betrug 34 cm, gemessen von der Tischfläche, so dass diese den Blick der TeilnehmerInnen genau auf die Mitte des Bildschirms richteten. Zur Eingabe der Antworten durch die Versuchspersonen, wurde der große Ziffernblock einer herkömmlichen Computertastatur verwendet, wobei nur die Tasten 4, 5 und 6 für die Eingabe relevant waren.

Ablauf

Zu Beginn des Experiments wurden die ProbandInnen über ihre Rechte und den Datenschutz, die Untersuchung betreffend, informiert. Die Teilnahme am Experiment war freiwillig und unentgeltlich und es wurde den Versuchspersonen Anonymität garantiert, was die Ergebnisse der Testung betrifft. Außerdem hatten die TeilnehmerInnen die Möglichkeit, die Untersuchung jederzeit, ohne Angabe von Gründen, zu beenden. Nachdem die Versuchspersonen ihr schriftliches Einverständnis zu den Untersuchungsbedingungen gegeben hatten, wurden für jede/n TeilnehmerIn einzeln zwei kurze Tests zur Überprüfung der Sehfähigkeit und Rot-Grün-Diskriminationsfähigkeit durchgeführt, um sicherzustellen, dass die TeilnehmerInnen auch über ein ausreichendes Sehvermögen verfügen, um die im Experiment gestellten Aufgaben unbeeinträchtigt bewältigen zu können. Die Ergebnisse der

Tests wurden ebenso wie das Tragen einer Brille und die Händigkeit mit erhoben, um später Verzerrungen der Ergebnisse, betreffend diese Merkmalsausprägungen ausschließen zu können. Zum selben Zweck wurden auch Alter und Geschlecht der Versuchspersonen aufgezeichnet. Nach Durchführung der Sehtests wurden die TeilnehmerInnen über Dauer, Inhalt und Ablauf des Experiments instruiert. Dies geschah zunächst mündlich durch den Versuchsleiter und wurde dann, kurz vor dem Start des Experiments, anhand einer vorgefertigten schriftlichen Instruktion auf dem Computermonitor noch einmal wiederholt. Das Experiment wies insgesamt eine Dauer von 35 Minuten auf. Für die Zeit der Vorbereitung und Instruktion wurden zusätzlich 20 Minuten in Rechnung gestellt. Es handelte sich bei dem Experiment um eine einfache Suchaufgabe, innerhalb derer den ProbandInnen eine Reihe von Suchdisplays präsentiert wurden, in welchen jeweils sechs Objekte kreisförmig vor einem leicht hellgrauen, achromatischen Hintergrund abgebildet waren. Die Versuchspersonen hatten dabei für jeden Durchgang zu entscheiden, ob das Target anwesend bzw. abwesend ist und ihre Antwort mittels Tastendruck abzugeben. Die VersuchsteilnehmerInnen wurden vor dem Experiment über die Bedingungen der Suchaufgabe aufgeklärt und es wurden Ihnen am Computer sechs Objekte einer Gruppe präsentiert (z.B. sechs Vertreter der Objektsorte Apfel_Grün, Parallelgruppe 3, Tabelle 1), welche als Target fungierten und deren Anwesenheit in jedem Suchdurchgang festgestellt werden sollte. Die TeilnehmerInnen wurden aufgefordert sich diese Objekte bzw. die Objektsorte zu merken, um die Experimentalaufgabe korrekt bewältigen zu können. War das Target anwesend, so handelte es sich dabei allerdings immer nur um einen Vertreter der Target-Objektsorte in jedem Durchgang (z.B. ein Vertreter der Targetsorte Apfel_Grün), was den TeilnehmerInnen in der Instruktion auch mitgeteilt wurde. Im Laufe des Experiments waren von den ProbandInnen 900 Durchgänge zu absolvieren. In 50% der Durchgänge war dabei das Target anwesend und in den restlichen 50% abwesend. Für die Durchgänge mit Target-Anwesenheit, konnten zwei Bedingungen unterschieden werden, welche zu gleichen Teilen innerhalb der Durchgänge vorhanden waren. Bei der ersten handelt es sich dabei um eine heterogene Bedingung, in der das Target bzw. der aktuelle Vertreter der Target-Objektsorte inmitten von verschiedenen Vertretern anderer Objektsorten auszumachen war (heterogen; z.B. Parallelgruppe 3: Apfel_grün (Target), Paprika_rot, Zitrone, Paprika_gelb, Feige, Kartoffel). In der zweiten Bedingung stellte das Target ein Singleton dar, inmitten von Vertretern einer Objektsorte die sich vom Target unterschieden (homogen; z.B. Parallelgruppe 3: Apfel_grün (Target); 5 x Paprika_rot – unterschiedliche Vertreter). Auch bei Target-Abwesenheit konnten zwei Bedingungen unterschieden werden, wobei es sich hier allerdings bei beiden um homogene Bedingungen handelte. So war in 50% der Durchgänge, in welchen das Target abwesend war, ein Vertreter einer farbusähnlichen Distraktor-Objektsorte inmitten von Vertretern einer anderen Distraktor-Objektsorte auszumachen und

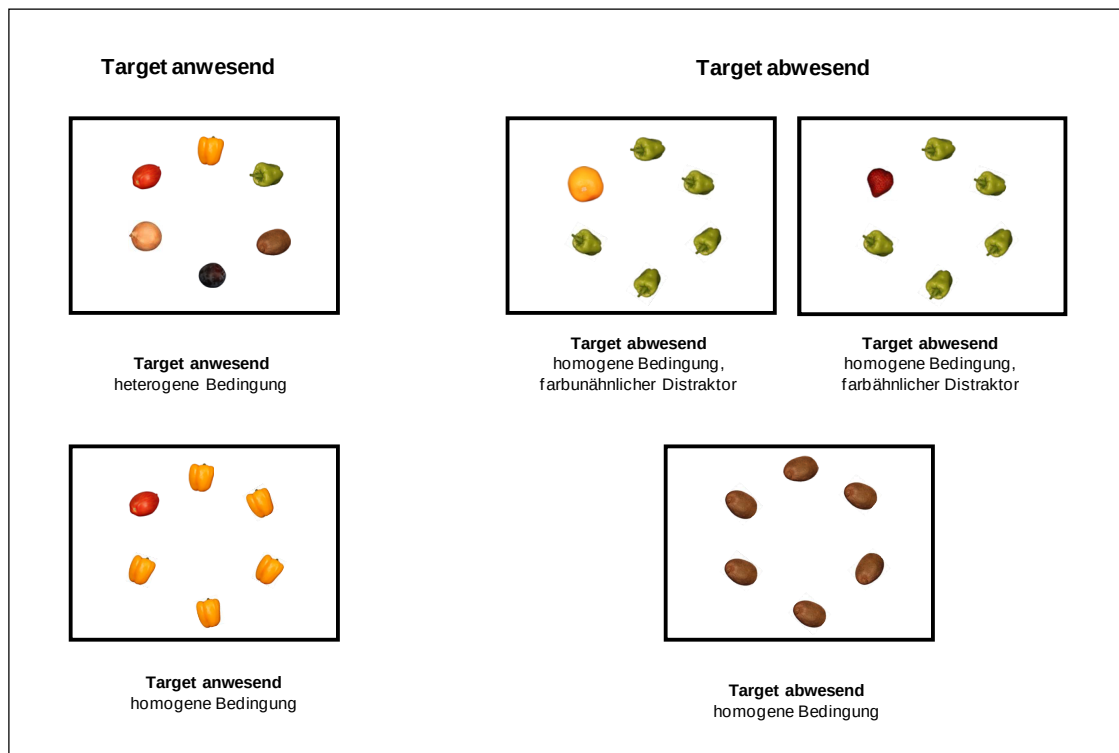


Abbildung 2. Hier werden Beispiele für die in Experiment 1 und 2 verwendeten Bedingungen veranschaulicht. Die Bedingungen können in Target-Anwesenheit (links) und Target-Abwesenheit (rechts) unterteilt werden. Sofern das Target anwesend ist, kann zwischen einer heterogenen Kondition und einer homogenen Kondition unterschieden werden, wobei in letzterer das Target ein Singleton darstellt. Im ersten Experiment wurden bei Target-Abwesenheit zwei homogene Bedingungen verwendet. Eine bestand zur Gänze aus farblich homogenen Objekten, während in der anderen ein farbungähnlicher Distraktor eingesetzt wurde, welcher als Singleton fungiert. Im zweiten Experiment wurde zusätzlich zu diesen beiden Konditionen bei Target-Abwesenheit auch noch eine dritte Bedingung eingefügt in der ein zum Target farbungähnlicher Distraktor das Singleton repräsentiert.

stellte somit ein Singleton dar (z.B. Parallelgruppe 3: Paprika_rot (Distraktor), 5x Zitrone – unterschiedliche Vertreter). In den übrigen 50% handelte es sich um Vertreter einer einzigen Distraktor-Objektsorte (z.B. Parallelgruppe 3: 6x Paprika_rot – verschiedene Vertreter) (Abbildung 2). Wichtig ist, für dieses erste Experiment zu beachten, dass alle verwendeten Distraktor-Objektsorten einer anderen farblichen Kategorie entnommen wurden als die Target-Objektsorte. Es war im ersten Experiment also in keinem Durchgang ein farbungähnlicher

Distraktor vorhanden (Tabelle 1, Abbildung 2). Die Auswahl unter den zur Verfügung stehenden Vertretern der jeweiligen Objektsorten erfolgte zufällig innerhalb der vorgegebenen Manipulationen (Abbildung 2). Die Objekte wurden in gleichem Abstand zur Bildschirmmitte (Fixationskreuz) und zueinander zufällig positioniert, damit alle Stimuli aufgrund der Position die gleiche Wahrscheinlichkeit hatten von den VersuchsteilnehmerInnen wahrgenommen zu werden. Die ProbandInnen wurden instruiert, ihre Antworten so schnell und so richtig wie möglich abzugeben. Um einen neuen Durchgang zu starten mussten die Versuchspersonen die Taste 5 des großen Ziffernblocks betätigen. Dies sollte eine neutrale Ausgangsposition gewährleisten, da die Taste 5 inmitten der Tasten 4 und 6 liegt, welche zur eigentlichen Beantwortung der Targetfrage herangezogen wurden. Dabei war für 50% der Versuchspersonen die Taste 4 zu drücken wenn das Target anwesend war und die Taste 6 bei Abwesenheit des Targets. Für die restlichen 50% waren diese Tastenfunktionen vertauscht, um eventuellen Effekten, bedingt durch das Eingabemuster, vorzubeugen. Die Versuchspersonen wurden weiter angewiesen, ihre

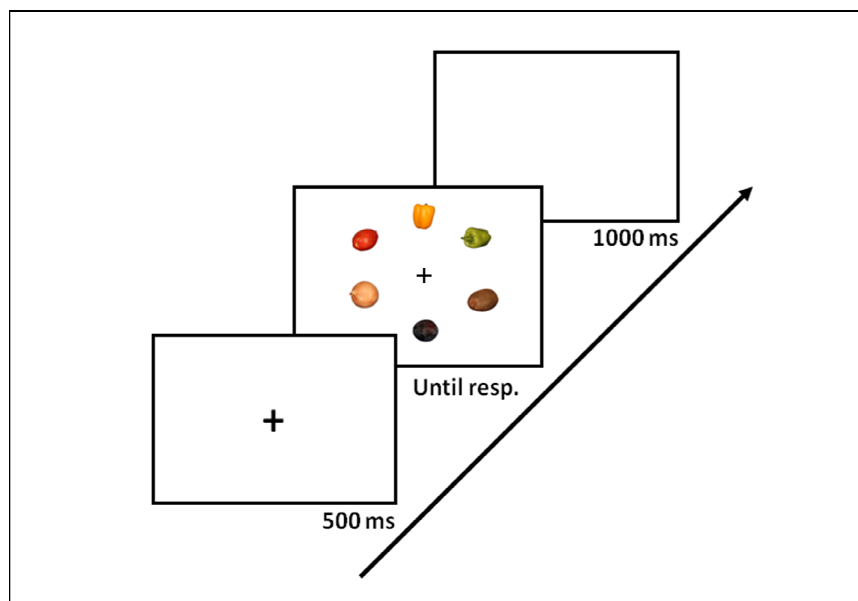


Abbildung 3. Die zweite Darstellung illustriert den Ablauf in den Experimental-Bedingungen in Experiment 1 und 2. Zuerst wurde den Versuchspersonen vor jedem Durchgang ein Fixationskreuz für 500 ms präsentiert. Die eigentliche Experimentalaufgabe, in welcher die ProbandInnen für oder gegen die Anwesenheit des Targets entscheiden sollten, dauerte bis zur Abgabe der Antwort, jedoch maximal 2000 ms. Dem folgte ein leerer Bildschirm für 1000 ms, bevor ein neuer Durchgang startete.

Antworten nur mit dem Zeigefinder der rechten Hand abzugeben. Dies wurde vorgenommen, um die Art der Antworteingabe für alle ProbandInnen zu normieren und eventuelle Verzerrungen der Ergebnisse, durch individuelle Eingabestrategien einzelner TeilnehmerInnen zu unterbinden. Nach Start eines Durchganges erschien in der Mitte des Bildschirms für 500 Millisekunden (*ms*) ein Fixationskreuz, welchem die eigentliche Suchaufgabe folgte. Die Versuchspersonen wurden gebeten, während des gesamten Experiments ihren Blick auf das Fixationskreuz in der Mitte gerichtet zu halten, auch bei Abgabe der Antwort, damit alle im Suchdisplay gezeigten Objekte die gleiche Chance aufwiesen, von den ProbandInnen wahrgenommen zu werden. Das Suchdisplay wurde den Versuchspersonen so lange präsentiert, bis diese ihre Antwort bezüglich der Target-Anwesenheit abgegeben hatten, jedoch maximal 2 Sekunden (*sec*). Danach erschien für 1000 *ms* ein leerer Bildschirm, dem eine neuerliche Aufforderung der ProbandInnen folgte, durch drücken der Taste 5 einen neuen Durchgang zu starten (Abbildung 3). Vor dem eigentlichen Experiment hatten die ProbandInnen einen Probedurchgang zu absolvieren, der sicherstellen sollte, dass die TeilnehmerInnen die Instruktionen auch verstanden hatten. Nach diesem startete das Hauptexperiment. Die Untersuchung wurde in einem abgedunkelten Raum durchgeführt und während des Experiments wurden alle Fenster und Türen geschlossen gehalten. Nachdem alle Versuchspersonen das Experiment beendet hatten, wurde diesen noch die Möglichkeit geboten, weitere inhaltliche Fragen zum Experiment zu stellen um dadurch mehr interessierende Informationen zu erhalten.

Design

Im ersten Experiment werden die Reaktionszeiten innerhalb der korrekt abgegebenen Antworten als Maßeinheit zur Prüfung eines Effekts, gemäß den Hypothesen, herangezogen (Abhängige Variable (AV) 1). Dabei wird eine Abhängigkeit dieser Variable angenommen, bezüglich der Anwesenheit/Abwesenheit des Targets (Unabhängige Variable (UV) 1) sowie davon, ob es sich um eine Singleton-Bedingung handelt oder nicht (UV2). Gegeben der Variablen ergibt sich somit für diese Untersuchung ein *Completely randomized factorial design* (CRF) 2.2 (Design randomisierter Faktoren). Zur Überprüfung der Annahmen werden die gemittelten Reaktionszeiten der korrekten Antworten in *ms* herangezogen und für die anfallenden Vergleiche T-Tests für unabhängige Stichproben realisiert.

2.2. Resultate und Diskussion

Deskriptive Statistik

Zur Berechnung wurden ausschließlich korrekt abgegebene Antworten herangezogen, um ein repräsentatives Bild der Annahmenprüfung zu erhalten. Inkorrekte Antworten wurden

Tabelle 2

Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der korrekten Antworten in Prozent und der Reaktionszeiten innerhalb der korrekten Antworten in ms

Bedingungen	<u>korrekte Antworten</u>		<u>Reaktionszeiten</u>	
	MW	SD	MW	SD
Heterogen, kein Singleton, Target anwesend	.99	.02	558.84	86.00
Homogen, Singleton, Target anwesend	.96	.11	566.60	83.16
Homogen, Singleton, Target abwesend	.97	.08	610.14	93.24
Homogen, kein Singleton, Target abwesend	.99	.04	568.37	75.42

zuvor herausgefiltert. Ebenso wurden Versuchspersonen, deren Reaktionszeiten mehr als zwei Standardabweichungen über dem Durchschnitt lagen eliminiert und fanden somit ebenfalls keine Berücksichtigung bei der Ermittlung der Ergebnisse. In Experiment 1 wurden aus diesem Grund die Versuchspersonen 19 und 22 von der Berechnung ausgeschlossen. Zusätzlich wurde individuell für jede Versuchsperson, in den relevanten Bedingungen ein vom Mittelwert und der Standardabweichung abhängiger Grenzwert bestimmt. Antworten, die sich vom individuellen Mittelwert in der entsprechenden Bedingung mehr als zwei Standardabweichungen unterschieden, wurden nicht berücksichtigt. Die Mittelwerte der korrekt abgegebenen Antworten und deren Standardabweichungen werden in Abbildung 4 grafisch dargestellt. Es zeigt sich hier kein gravierender Unterschied zwischen den einzelnen Bedingungen in der Korrektheit der Antwortabgabe. Abbildung 5 zeigt die gemittelten Reaktionszeiten für die jeweiligen Bedingungen, ebenfalls inklusive Angabe der Standardabweichungen. Zusätzlich finden sich die Mittelwerte der korrekt abgegebenen Antworten und die gemittelten Reaktionszeiten für diese, mitsamt den genauen Standardabweichungen, in Tabelle 2 aufgelistet.

Interferenzstatistik

Gemäß den zuvor definierten Annahmen sollte dieses Experiment Klarheit darüber schaffen, ob Top-down-Wissen oder Bottom-up-Steuerung auf Basis von Salienz grundlegenden Einfluss auf die Suche nach natürlichen Objekten mit spezifischer Farbbeschaffenheit ausüben. Zu diesem Zweck wurden drei Vergleiche zwischen den vier Bedingungen angestellt (Abbildung 2). Gegeben der Hypothesen wurde erwartet, dass bei vorliegendem Bottom-up-Einfluss längere Reaktionszeiten in der heterogenen Target-Bedingung auftreten als in der Target-Singleton-Bedingung, da das Singleton die Aufmerksamkeit anziehen sollte. Ebenso wurde von kürzeren Reaktionszeiten in der homogenen Non-Singleton-Bedingung

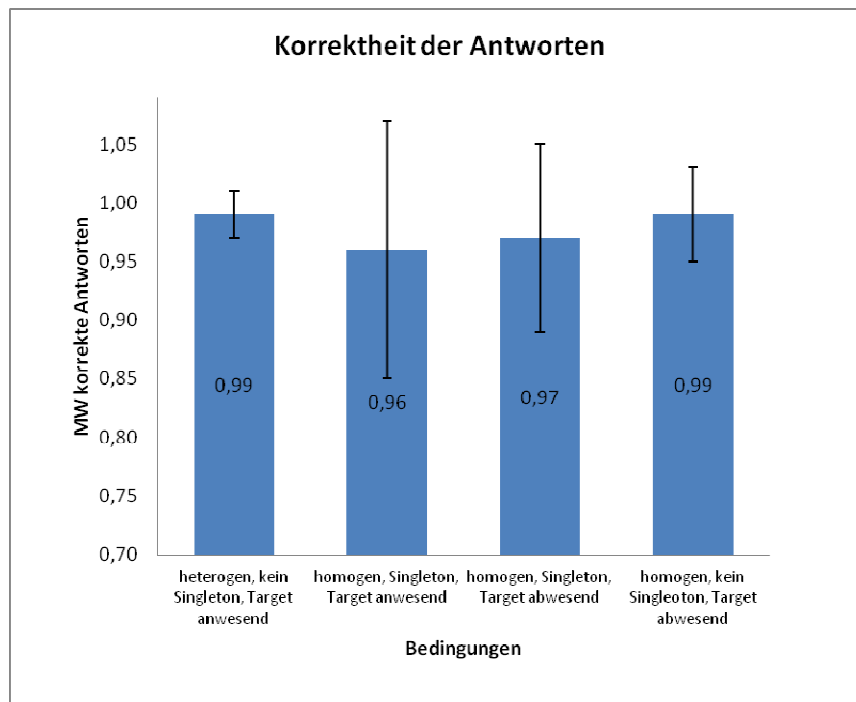


Abbildung 4. Diese Abbildung zeigt die Mittelwerte (MW) der korrekt abgegebenen Antworten in Prozent inklusive der Standardabweichungen für jede Bedingung, die im ersten Experiment verwendet wurde.

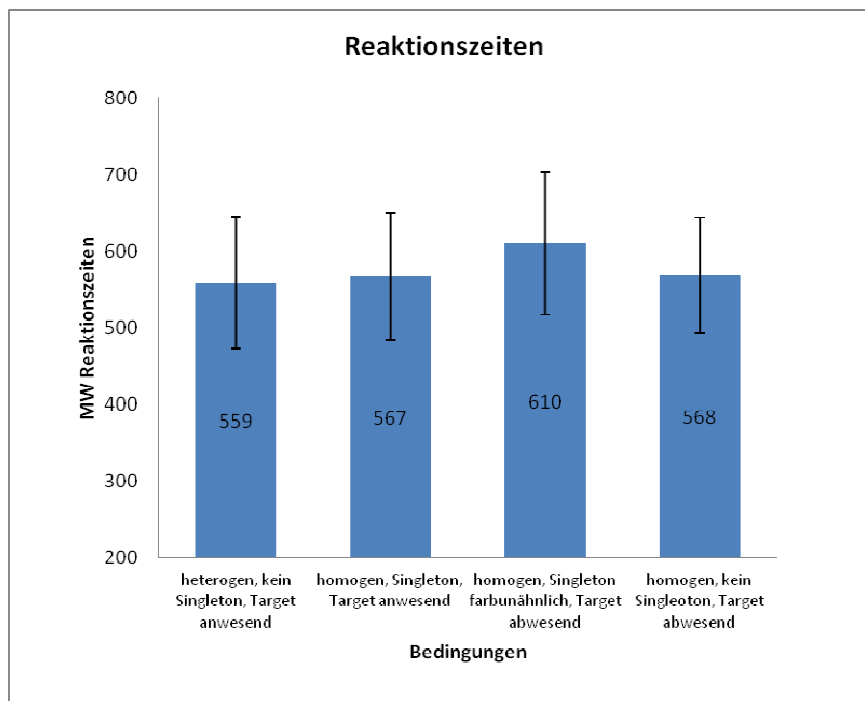


Abbildung 5. Hier werden die gemittelten Reaktionszeiten der korrekten Antworten inklusive der Standardabweichungen in ms für die einzelnen Bedingungen in Experiment 1 veranschaulicht.

gegenüber der homogenen farbusähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung ausgegangen. Betreffend den Vergleich zwischen der Target-Singleton-Bedingung und der farbusähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung wurde aufgrund annähernd gleicher Salienz kein Unterschied erwartet (Monnier, 2009, Theeuwes, 1992). Gegeben eines übergeordneten Beitrages von Top-down auf den Verlauf der Suche, wurde dagegen kein Unterschied der Reaktionszeiten zwischen heterogener Target-Bedingung und homogener Target-Singleton-Bedingung angenommen. Ebenso verhält es sich zwischen den homogenen Bedingungen mit Target-Abwesenheit (farbusähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung versus Non-Singleton-Bedingung). Betreffend den Vergleich der beiden Singleton-Bedingungen (Target versus farbusähnlicher Distraktor), wird, da es sich um eine einfache visuelle Merkmalssuche handelt, ebenfalls kein bedeutender Unterschied erwartet, da genug Wissen vorhanden ist, um für das Target zu entscheiden respektive den farbusähnlichen Distraktor zurückzuweisen (Duncan, 1989, Palmer, Horowitz, Wolfe & Torralba, 2011). Der paarweise Vergleich der Ergebnisse für die jeweiligen Bedingungen, der durch einen T-Test für unabhängige Stichproben realisiert wurde, verwendet als Berechnungsgrundlage die gemessenen Reaktionszeiten in *ms*. Die erste paarweise Überprüfung stellt die heterogene Target-Bedingung, in welcher das Target kein Singleton darstellt, der homogenen Target-Singleton-Bedingung gegenüber. Dieser Vergleich zeigt keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Reaktionszeiten der ProbandInnen, $t(22) = -1.817$, $p = \text{n.s.}$ Dies lässt darauf schließen, dass bei einfacher visueller Suche innerhalb natürlicher Objekte, Top-down-Information den entscheidenden Einfluss ausübt und die Suchleistung durch eine erhöhte Salienz des Targets und somit durch Bottom-up nicht weiter verbessert werden kann und zeigt, dass auch bei natürlichen Objekten mit besonderer polychromatischer Farbbeschaffenheit, das Wissen um die Farbgebung die Suche dominiert. Das Ergebnis geht konform mit den Annahmen und Untersuchungsergebnissen von Duncan (1989) und in weiterer Folge somit auch mit der *feature integration theorie* von Treisman und Gelade (1980), die eine parallele Verarbeitung bei Relevanz einer einzigen Dimension postulieren. Gleichzeitig widerspricht das Ergebnis den Befunden von Monnier (2009) und Theeuwes (1992). Die Annahme, dass bei Bottom-up-Einfluss die Suchleistung dann am höchsten ist, wenn das Target auch gleichzeitig ein Singleton darstellt (Theeuwes, 1992, Boot, Brockmole & Simons, 2005) konnte hier nicht bestätigt werden. Die nächste Paarberechnung vergleicht die homogene farbusähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung mit der homogenen Non-Singleton-Bedingung. In beiden Bedingungen ist das Target abwesend. Laut den Erwartungen, die zu Beginn festgehalten wurden und den Ergebnissen des ersten Vergleichs, sollte auch hier kein signifikanter Unterschied zu beobachten sein. Tatsächlich zeigt sich allerdings eine bedeutende Differenz zwischen den beiden Konditionen. Die Reaktionszeiten in der Singleton-Bedingung erweisen sich gegenüber den Reaktionszeiten

in der Non-Singleton-Bedingung als signifikant höher, $t(22) = 6.366$, $p < .001$. Im Gegensatz zum Ergebnis des ersten Vergleichs spricht dieser Befund für die Aussagen von Theeuwes (1992) und Boot et al. (2005) und stellt die Annahmen von Duncan (1989) sowie die Bausteine der *feature integration theorie* (Treisman & Gelade, 1980) in Frage. Das Ergebnis des zweiten Vergleichs spricht für eine Wirkung von Bottom-up, bei einfacher visueller Suche unter natürlichen Objekten, auch dann, wenn ausreichend Top-down-Information gegeben ist, um das Ziel der Suche wirksam und schnell zu erreichen. Es wird hier demonstriert, dass die Suche länger dauert, wenn ein farblich hochsalienter Stimulus vorhanden ist, sogar wenn dieser deutlich vom Target unterschieden werden kann, im Gegensatz dazu, wenn die Objekte sich hinsichtlich ihrer Salienz nicht voneinander unterscheiden (zur Illustration siehe Abbildung 2). Der dritte Vergleich bezieht sich auf die Gegenüberstellung der homogenen Target-Singleton-Bedingungen und der farbunähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung. Hier zeigen die ProbandInnen eine signifikant höhere Reaktionszeit, wenn ein farbunähnlicher Distraktor das Singleton darstellt, als wenn es sich bei dem Singleton auch gleichzeitig um das Target handelt $t(22) = -4.416$, $p < .001$. Dieser Befund deutet auf eine Interaktion zwischen Top-down-Information und Bottom-up gesteuerter Aufmerksamkeit innerhalb der Suche von natürlichen Objekten hin, in dem Sinne, dass es nicht nur vom Vorhandensein ausreichender Top-down-Information per se abzuhängen scheint, ob Bottom-up wirksam wird oder nicht, sondern auch von der Identität der im Suchdisplay gezeigten Objekte. Die explizit gegebene Top-down-Information bezüglich des Targets, ermöglicht bei Target-Anwesenheit eine kontrollierte Bewältigung der Suche. Bei Target-Abwesenheit dagegen kann ein salienzbedingter *attentional capture effect* beobachtet werden. Bottom-up scheint demnach wirksam zu werden, wenn die Suche nicht erfolgreich (durch Identifikation des Targets) abgeschlossen werden kann. In einem weiteren Experiment sollen nun die angestellten Hypothesen noch genauer untersucht werden, indem zusätzlich zum ersten Experiment der Einfluss einer Singleton-Bedingung mit farbähnlichem Distraktor (in Bezug auf das Target) beobachtet wird.

3. Experiment 2

In Experiment 2 soll eine weitere Prüfung des Einflusses von Top-down-Information respektive Bottom-up-Steuerung auf die Suchleistung, in Anbetracht natürlicher Untersuchungsobjekte, durchgeführt werden. Im Gegensatz zum ersten Experiment, wurde hier eine weitere Suchbedingung hinzugefügt, in welcher ein farbähnlicher Distraktor als Singleton fungiert. Somit besitzt das Target, bezüglich der Dimension Farbe, kein einziges

Merkmal mehr das es von jenem Distraktor unterscheidet, da sowohl Form als auch Farbe des farbähnlichen Distraktors eine geringe Differenz zum Target aufweisen. Allerdings ist anzumerken, dass im Unterschied zu artifiziellen Objekten, die verwendeten Objekte dennoch innerhalb ihrer beschriebenen, individuellen Farbbeschaffenheit differenzieren, was nicht nur für die Vertreter einer Gattung (z.B. Apfel_rot versus. Apfel_rot) sondern vor allem für verschiedene Sorten gilt (z.B. Apfel_rot versus. Tomate). Eine Erhöhung der Ähnlichkeit ist hierbei also im Sinne der Wahl der Objekte (Target und Distraktor) aufgrund ihrer *Basisfarbe* zu verstehen.

3.1. Methode

Versuchspersonen

In der Untersuchung wurden die Daten von insgesamt 16 ProbandInnen erhoben (7 männlich, 9 weiblich) im Alter von 19 bis 28 Jahren ($\bar{x} = 21,81$). Auswahl der Versuchspersonen sowie die Untersuchungsbedingungen gestalten sich wie in Experiment 1.

Stimulusmaterial, Technische Daten, Apparaturen, Materialien und Ablauf

Das zweite Experiment wurde in demselben Raum wie Experiment 1 durchgeführt und auch die verwendeten Geräte und das herangezogene Stimulusmaterial unterscheiden sich nicht von jenen, die im ersten Experiment Verwendung fanden. Ablauf und Instruktion der ProbandInnen gestalten sich ebenfalls wie in Experiment 1. Der einzige Unterschied zum ersten Experiment besteht darin, dass in 50% der Distraktor-Singleton-Bedingungen (also in 20% der gesamten Durchgänge) ein farbähnlicher Distraktor eingesetzt wurde. Dabei handelte es sich um eine Objektsorte mit ähnlicher natürlicher Farbgebung und aus derselben Farbkategorie wie die Targetsorte, die vorher definiert wurde (Abbildung 2, Tabelle 1).

Design

Zusätzlich zu den Bedingungen und Variablen im ersten Experiment, kommt in der zweiten Untersuchung auch noch die Farbähnlichkeit des Distraktors als eine UV hinzu, von welcher ein Einfluss auf die gemessenen Reaktionszeiten angenommen wird (CRF 3.2). Auch zur Prüfung des Effekts, verursacht durch diese Variable, wird eine Berechnung per T-Test für unabhängige Stichproben herangezogen. Die Berechnungen werden paarweise, für die interessierenden Unterschiede zwischen den jeweiligen Bedingungen durchgeführt.

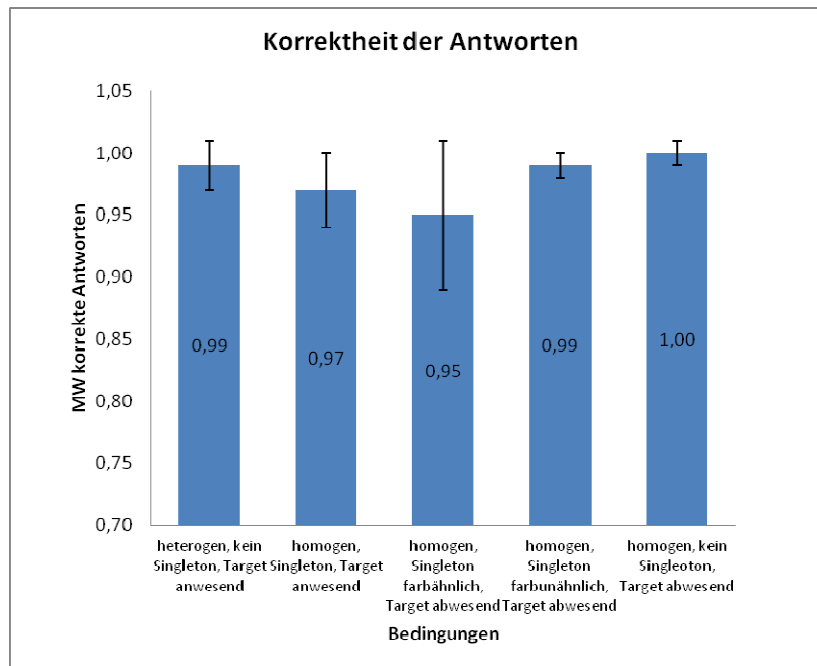


Abbildung 6. In dieser Illustration werden die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen der von den ProbandInnen korrekt abgegebenen Antworten, für jede einzelne Bedingung des zweiten Experiments in Prozent dargestellt.

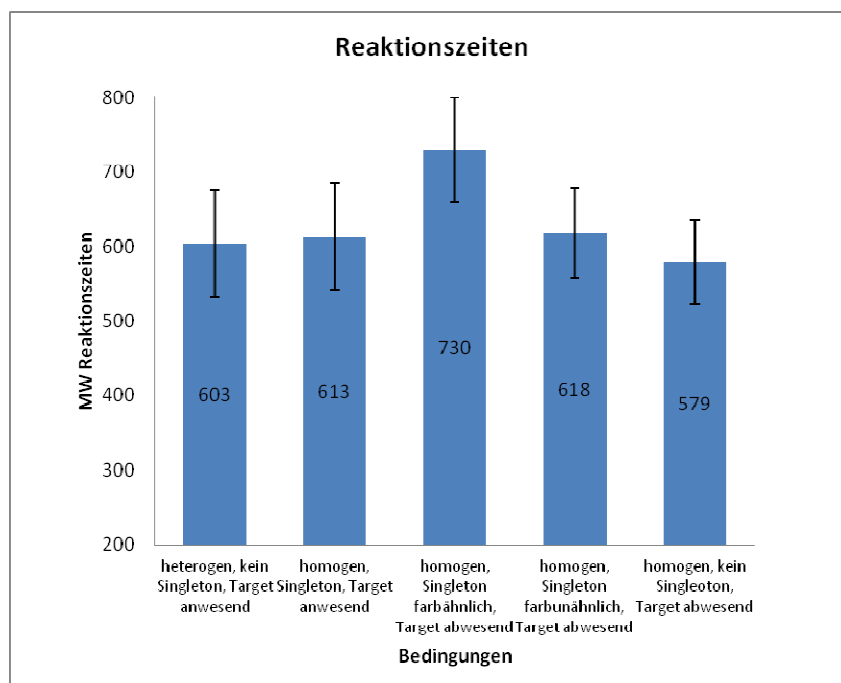


Abbildung 7. Diese Darstellung beinhaltet die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen der gemessenen Reaktionszeiten für die einzelnen Bedingungen des zweiten Experiments in ms.

Tabelle 3

Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der korrekten Antworten in Prozent und der Reaktionszeiten innerhalb der korrekten Antworten in ms

Bedingungen	<u>korrekte Antworten</u>		<u>Reaktionszeiten</u>	
	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>
Heterogen, kein Singleton, Target anwesend	.99	.02	602.90	71.34
Homogen, Singleton, Target anwesend	.97	.03	612.94	72.22
Homogen, Singleton-farbähnlich, Target abwesend	.95	.06	729.56	69.52
Homogen, Singleton-farbunähnlich, Target abwesend	.99	.01	617.57	59.96
Homogen, kein Singleton, Target abwesend	1.00	.01	579.02	57.42

3.2. Resultate und Diskussion

Deskriptive Statistik

Wie in Experiment 1, so wurden auch im zweiten Experiment nur die korrekt abgegebenen Antworten zur Berechnung der Differenzen, zwischen den einzelnen Bedingungen, die wiederum auf Basis der resultierenden Reaktionszeiten in *ms* ermittelt wurden, herangezogen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der korrekt abgegebenen Antworten werden in Abbildung 6 in Prozentangaben dargestellt. Die Illustration zeigt dabei eine leichte Tendenz, zu einer geringeren Korrektheit innerhalb der homogenen Distraktor-Singleton-Bedingung, in welcher der Distraktor dem Target farblich ähnelt. Die genauen Werte können zusätzlich in Tabelle 3 abgelesen werden. Überdies wurden auch im zweiten Experiment jene Versuchspersonen von den Berechnungen ausgeschlossen, die in ihrer Leistung mehr als zwei Standardabweichungen vom Durchschnitt der Reaktionszeiten aller ProbandInnen abwichen. Infolge dieses Filters wurde Versuchsperson 4 aus dem Datenpool entfernt. Die weitere Filterung entsprach exakt der von Experiment 1. Die gemittelten Reaktionszeiten und deren Standardabweichungen werden in Abbildung 7 veranschaulicht und sind auch in Tabelle 3 ersichtlich. Bereits durch die Grafik in Abbildung 7 lässt sich eine deutlich höhere mittlere Reaktionszeit für die farbähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung erkennen.

Interferenzstatistik

Gegeben der angestellten Annahmen wird vorweggenommen, dass wenn Top-down-Information einen Einfluss auf die Suchleistung haben sollte, so werden durch die Verringerung des Einflusses der Top-down-Information, nun auch betreffend der

Farbdimension, höhere Reaktionszeiten in der farbähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung resultieren, da die Diskriminierung, zwischen Target und farbähnlichem Distraktor, aufgrund von Wissen erschwert wird (Treisman & Gelade, 1980, Wolfe, 1992). In Anbetracht dieser Vermutung wird ein Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen der Target-Singleton-Bedingung und der farbähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung erwartet, sowie zwischen der farbungähnlichen und der farbähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung (Target-Abwesenheit). Sollte dagegen Bottom-up-Steuerung auch bei der einfachen Suche übergeordneten Einfluss auf die Aufmerksamkeit ausüben, so wird erwartet, dass sich die Reaktionszeiten zwischen den Singleton-Bedingungen mit farbähnlichem Distraktor und farbungähnlichem Distraktor (Target-Abwesenheit) nicht unterscheiden, da beide eine höhere Salienz aufweisen und daher gleichermaßen die Aufmerksamkeit anziehen sollten. Weiter sollte, aufgrund der Salienz, auch zwischen Singleton-Durchgängen, in denen das Target anwesend ist und Singleton-Durchgängen, in denen der farbähnliche Distraktor anwesend ist, kein Unterschied in der Reaktionszeit beobachtet werden können, da diese sich bezüglich der Salienz besonders ähneln, in beiden Fällen die Suche parallel ablaufen sollte und aufgrund der eingeschränkten Top-down-Information die Schwierigkeit bezüglich des Verifizierens des Targets und des Zurückweisens des farbähnlichen Distraktors als ähnlich angesehen wird (vgl. Itti, Koch & Niebur, 1998). Neben diesen zusätzlichen Vergleichen gestalten sich die übrigen paarweisen Gegenüberstellungen und die diesbezüglichen Erwartungen wie in Experiment 1. Insgesamt wurden im zweiten Experiment also vier paarweise Vergleiche angestellt, um die aufgestellten Annahmen zu überprüfen. Die Tests wurden, wie auch in Experiment 1, durch einen T-Test für unabhängige Stichproben realisiert. Auch hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Target-Bedingungen (heterogen/kein Singleton versus homogen/Singleton) $t(14) = -1.397$, $p = \text{n.s.}$ Im Gegensatz zum ersten Experiment konnte allerdings in diesem zweiten Versuch, auch zwischen der Target-Singleton-Bedingung und der farbungähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung kein Unterschied in den gemessenen Reaktionszeiten der ProbandInnen beobachtet werden, $t(14) = -.371$, $p = \text{n.s.}$ Bei näherer Betrachtung der beiden Experimente zeigt sich, dass die gemittelten Reaktionszeiten der Target-Singleton-Bedingung im zweiten Experiment allgemein höher ausfallen als in Experiment 1 (613 ms versus 567 ms). Dies kann durch die Top-down-Information bewirkt worden sein, dahingehend, dass die ProbandInnen im zweiten Versuch durch Beobachtung wussten, dass es auch eine farbähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung gibt, und demnach das Target bei dessen Anwesenheit einer genaueren Prüfung unterzogen, um sicherzugehen, dass es sich auch tatsächlich um das Target und nicht um den farbähnlichen Distraktor handelt. Eine solche genauere Betrachtung würde die Reaktionszeiten erhöhen und somit den Effekt aus dem ersten Experiment verschwinden lassen. In weiterer Folge kann aufgrund der Erhöhung der

Reaktionszeit in der Target-Singleton-Bedingung auch geschlossen werden, dass die für Target und farbähnlichen Distraktor verwendeten Objektsorten eine gewisse farbliche Ähnlichkeit aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass für die Farbwahrnehmung von polychromatischen natürlichen Objekten die *Basisfarbe*, welche den höchsten farblichen Anteil eines Objektes ausmacht (z.B. Tomate – rot), bedeutsam für die Objektidentifikation ist. Wie zu Beginn des Folgeexperiments für gegebenen Top-down-Einfluss angenommen, erweist sich der Unterschied zwischen der Target-Singleton-Bedingung und der farbähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung als bedeutend $t(14) = -9.105$, $p < .001$. Es scheint durch die Verringerung der Top-down-Information, die durch die Ähnlichkeit der Distraktor-Farbe zur Verfügung steht, zu einem aufwändigeren Identifikationsprozess des Objektes zu kommen, was sich in längeren Reaktionszeiten widerspiegelt. Dies liefert einen weiteren Beleg für die Bedeutsamkeit für die Top-down-Information bezogen auf die Farbe, auch bei natürlichen Objekten. In weiterer Folge erweist sich ebenso die Differenz zwischen der farbähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung und der farbungähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung als signifikant, $t(14) = 12.690$, $p < .001$. Ein Stimulus der eine höhere Ähnlichkeit bezüglich des entscheidenden Merkmals (hier Farbe) aufweist, ist also schwerer zurückzuweisen als ein Objekt, welches sich farblich deutlich vom Target unterscheidet. Die Bedeutsamkeit der Farbe ist hier vor allem gegeben, da die Form der verwendeten Objekte durch ihre Ähnlichkeit nicht besonders viele Informationen liefert, die zur Identifikation nützlich sein könnten. Fällt nun auch die deutliche Unterscheidbarkeit, gegeben durch die Farbe der Objekte weg, so muss eine größere Anstrengung unternommen werden, um auf Basis der geringeren Informationen durch Form und Farbe das Objekt zu identifizieren. Dieser Mehraufwand resultiert in der Folge in höheren Reaktionszeiten, die durch den Identifikationsprozess in Anspruch genommen werden. Die Befunde untermauern die Angaben von Biederman und Ju (1988) und entsprechen auch den Behauptungen von Treisman und Gelade (1980) und ihrer *feature integration theorie*, nach der die Suche und Verarbeitung der Objekte zunehmend seriell abläuft, wenn kein einziges Merkmal mehr vorhanden ist, welches das Target deutlich von den Distraktoren unterscheidet (hier: Farbe). Es kann aufgrund der Untersuchungsergebnisse gefolgert werden, dass auch bei der Suche nach natürlichen Objekten mit polychromatischer Farbbeschaffenheit das Top-down-Wissen um die Farbgebung von übergeordneter Bedeutung ist und die farbliche Differenzierung innerhalb der Objekte und die dadurch entstehenden Bereiche unterschiedlicher Salienz sowie die partielle spektrale Überlappung, die Objektidentifikation nicht beeinträchtigen.

4. Generelle Diskussion

In dieser Untersuchung ging es darum zu ergründen, wie die visuelle Suche innerhalb von natürlichen Objekten von Statten geht und ob für die Ausführung der Suche wissensbasierte Top-down-Information von übergeordneter Bedeutung ist und die Suche somit absichtsgesteuert und kontrolliert verläuft oder ob (auch) salienzgebundene Bottom-up-Steuerung im Sinne eines *attentional capture effects* zu beobachten ist. Die Besonderheit von natürlichen Objekten gegenüber artifiziellen Objekten liegt in ihrem semantischen Bezug und dem bereits vorhandenen erfahrungsgenerierten Top-down-Wissen betreffend die farbliche Beschaffenheit und Formgebung, welche als diagnostisch respektive typisch für die jeweiligen Objekte gelten (Biederman & Ju, 1988, Oliva & Schyns, 2000, Spence et al., 2006, Tanaka et al., 2001, Wurm et al., 1993). Dieses Wissen um reale Objekte, das auf Erfahrungen aus der realen Lebensumwelt beruht, ist zu trennen von dem Top-down-Wissen, das innerhalb des Experiments generiert wird um eine erfolgreiche Suche zu ermöglichen. Da es sich hier aber um die Suche nach natürlichen Objekten handelt, muss mit einem Einfluss von beiden Arten der Top-down-Information gerechnet werden. Ein weiterer wichtiger Unterscheidungspunkt der hier von besonderem Interesse ist, betrifft die spezifische Farbbeschaffenheit in der sich natürliche oft von artifiziellen Objekten, die innerhalb einer Untersuchung generiert werden, unterscheiden (vgl. Abbildung 1). Die natürlich generierte Farbgebung bringt mit sich, dass natürliche Objekte (wie die hier verwendeten Obst- und Gemüsesorten) meist keine *reine* Färbung aufweisen, sondern neben Farbvariationen innerhalb der *Basisfarbe*, die den Hauptanteil an der Farbgebung ausmacht (z.B. verschiedene Rottöne), auch Einschlüsse anderer Farbkategorien auftreten, die zu einer polychromatischen Erscheinung führen. Neben dieser farblichen Differenzierung tragen auch Oberflächenstruktur des Objektes und Umweltbedingungen dazu bei, dass durch Helligkeitsunterschiede und Schattierungen weiter Einfluss auf die Farbwahrnehmung natürlicher Objekte genommen wird. Angesichts dieser Besonderheiten ist es von Interesse, ob die Mechanismen, die der visuellen Suche nach natürlichen Stimuli zugrunde liegen, mit jenen, die bei der Suche nach künstlichen Objekten vorherrschen, vergleichbar sind. Um die Ergebnisse der Experimente auch tatsächlich auf die Farbgebung der Stimuli zurückführen zu können, wurden Objekte ausgewählt die sich in ihrer Formgebung ähneln, um die Informationen, die aus der Form extrahiert werden können, zu vermindern und die Relevanz der Farbe für die Suche somit zu erhöhen (vgl. Biederman & Ju, 1988, Castelano & Henderson, 2008, Williams et al., 2009, Wolfe et al., 1992). Wie bereits Wolfe et al. (2003) annahmen, so kann nach den hier angestellten Versuchen, auch für natürliche Objekte davon ausgegangen werden, dass Bottom-up und Top-down nicht einfach zu trennen und zu unbestimmten Teilen beide am Suchprozess beteiligt sind. Gegeben der vorliegenden

Untersuchungsergebnisse und Postulate verschiedener Autoren (Biederman & Ju, 1988, Boot et al., 2005, Duncan, 1989, Itti et al., 1998, Monnier, 2009, Theeuwes, 1992, Treisman und Gelade, 1980) wurde hier im ersten Experiment erwartet, dass bei einer übergeordneten Rolle von Top-down kein Unterschied zwischen Singleton-Bedingungen und solchen, in welchen kein Singleton aufscheint, bemerkt werden sollte – sowohl zwischen Durchgängen mit Target-Anwesenheit wie auch bei Target-Abwesenheit. Bei vorliegender Bottom-up-Steuerung innerhalb dieser Aufgabenstellung, wurde dagegen angenommen, dass sich die Singleton-Bedingungen von den übrigen Konditionen, aufgrund unterschiedlicher Salienz der vorhandenen Objekte, deutlich unterscheiden. So wurden für die Target-Singleton-Bedingung kürzere Reaktionszeiten und für die farbunähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung längere Reaktionszeiten, im Vergleich zu den Non-Singleton-Konditionen erwartet. Weiter sollten, gegeben Bottom-up-Steuerung, die Reaktionszeiten in der heterogenen Non-Singleton-Bedingung am höchsten sein und in der homogenen Non-Singleton-Bedingung am niedrigsten. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen allerdings kein eindeutiges Bild, was die Beantwortung dieser Frage betrifft. Dies lässt darauf schließen, dass die Wirksamkeit der zugrundeliegenden Mechanismen sehr komplex und multikausal ist. Der erste Vergleich wurde zwischen der heterogenen Target-Bedingung und der homogenen Target-Singleton-Bedingung angestellt. Das Ergebnis zeigte, wie bei einem Einfluss von Top-down-Information erwartet wurde, keinen bedeutsamen Unterschied zwischen den Konditionen, was den Ergebnissen von Duncan (1989) und der Theorie von Treisman und Gelade (1980) entspricht. Dagegen widerspricht jedoch der zweite Vergleich zwischen der homogenen Singleton- und der homogenen Non-Singleton-Kondition, in denen das Target nicht anwesend war. Die Reaktionszeiten der Versuchspersonen waren in der Singleton-Bedingung deutlich länger, was wiederum konform geht mit den Erwartungen für eine Anleitung der Suche durch Bottom-up gesteuerte Aufmerksamkeitsanziehung respektive *attentional capture* (Theeuwes, 1992, Boot et al., 2005, vgl. Itti et al., 1998). Ein Vergleich der Singleton-Bedingungen zeigt in Folge signifikant niedrigere Reaktionszeiten wenn das Target anwesend ist, als wie wenn an dessen Stelle ein farbunähnlicher Distraktor tritt. Da es sich bei beiden um Singleton-Bedingungen handelt, sollte die Salienz für Target und Distraktor annähernd gleich sein. Hierzu kann angedacht werden, dass gegeben einer reinen Bottom-up-Steuerung dieser Unterschied nicht bestehen sollte. Die vorliegende Differenz muss folglich auf Basis der Identität der gezeigten Stimuli resultieren, welche wiederum durch Wissen begründet ist und somit einen Beleg für den Einfluss von Top-down-Information darstellt. Demnach scheint Bottom-up dann wirksam zu werden, wenn die Suche negativ ausfällt, da das Target nicht anwesend ist und daher auch nicht identifiziert werden kann. Die Ergebnisse der angestellten Vergleiche zeigen auch, dass die spezifische polychromatische Beschaffenheit von natürlichen Objekten (wie die hier verwendeten), keine

Beeinträchtigung für die Effizienz der Suche aufweist, wenn die Farbgebung das einzig relevante Merkmal ist, um das Target zu identifizieren. Zu dieser Annahme führt auch die Vergleichbarkeit mit Untersuchungsergebnissen, die innerhalb von Forschungen anhand künstlich erstellter Objekte zustande gekommen sind (Duncan, 1989). Aufgrund der Ergebnisse kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass Top-down-Information in Bezug auf die Farbe eine wesentliche Rolle spielt, was die Leistung bei der visuellen Suche betrifft, zumindest sofern die Form nicht genügend relevante Informationen zur Verfügung stellt, um das Zielobjekt korrekt zu identifizieren (Biederman & Ju, 1988). Es scheint weiter auch von der vorliegenden Top-down-Information abzuhängen, ob und wann Bottom-up zusätzlich Einfluss hat. Da es sich um eine Suche handelt, müssen gewisse Informationen und damit ein bestimmtes Wissen ohnehin bekannt sein, um Erfolg bei der Suche zu ermöglichen. Somit steht ein gewisser Einfluss von Top-down-Information ohnehin von vornherein fest. Dieser kann, auch wenn nur wenige Informationen gegeben werden, um gerade noch eine effiziente Suche zu ermöglichen, nicht ganz eliminiert werden (Wolfe, 2003). Was die verschiedenen Bedingungen betrifft die hier verglichen wurden, so muss allerdings erwähnt werden, dass diese auch Unterschiede in der Zusammensetzung der Stimuli aufweisen. Die Target-Singleton-Bedingung ist mit einer heterogenen Target-Bedingung verglichen worden, wohingegen die farbungähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung mit einer homogenen Non-Singleton-Kondition verglichen wurde. Es könnte nun vermutet werden, dass sich aufgrund dieses Unterschiedes, der eine Vergleich (heterogene Target-Bedingung versus homogene Target-Singleton-Bedingung) als signifikant herausstellte und der andere (homogene farbungähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung versus homogene Non-Singleton-Bedingung) nicht. So würde es beispielsweise naheliegen zu mutmaßen, dass die Reaktionszeiten für die Distraktor-Singleton-Bedingung höher sind als für die homogene Non-Singleton-Bedingung, da in der homogenen Bedingung alle Objekte die gleiche *Basisfarbe* aufweisen und damit leichter eine Entscheidung getroffen werden kann als in der heterogenen Target-Bedingung, mit welcher die Target-Singleton-Kondition verglichen wurde. Damit wären nicht die Reaktionszeiten für die farbungähnliche Distraktor-Singleton-Bedingung höher, sondern jene für die homogene Bedingung wären niedriger. Ein Blick auf Abbildung 5 und Tabelle 2 zeigt allerdings, dass diese Vermutung auszuschließen ist, da hier auf einen Blick festgestellt werden kann, dass sich die heterogene Target-Bedingung von der homogenen Non-Singleton-Bedingung nicht sonderlich in der Höhe der Reaktionszeiten unterscheidet. Es zeigt sich sogar eine leichte Tendenz für höhere Reaktionszeiten in der homogenen Non-Singleton-Bedingung. Weiter spricht der bedeutsame Vergleich zwischen den Singleton-Bedingungen (Target versus farbungähnlicher Distraktor) für höhere Reaktionszeiten in der farbungähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung. Aufgrund des ersten Experiments muss also im Gesamten gefolgert

werden, dass Top-down-Information für die Suche innerhalb natürlicher Objekte, maßgeblich ist und salienzgesteuertes Bottom-up zwar Einfluss hat, dieser aber durch das Wissen und die damit verbundene Semantik der Objekte in Bezug auf die Identität (Target versus Distraktor) modifiziert wird. Um den Einfluss der Mechanismen (Top-down & Bottom-up), für die visuelle Suche nach natürlichen Objekten weiter zu erforschen und zusätzliche Belege zu erhalten, wurde im Anschluss an das erste Experiment noch ein zweites Folgeexperiment durchgeführt. Dieses gestaltet sich von Grund auf wie das erste Experiment und behält auch die gleichen Bedingungen bei. Allerdings wurde zusätzlich, in der Hälfte der Distraktor-Singleton-Durchgänge, ein farbähnlicher Distraktor (selbe Farbkategorie wie das Target) eingefügt. Somit weist diese zweite Untersuchung also eine Kondition zusätzlich auf, welche es zu vergleichen gilt. Die additiven Annahmen waren nun, dass bei gegebener Top-down-Steuerung die Reaktionszeiten in den Bedingungen, in welchen der farbähnliche Distraktor anwesend ist höher ausfallen, da durch die verminderte Top-down-Information in Bezug auf die Farbe, kein Merkmal mehr vorhanden ist, welches den farbähnlichen Distraktor vom Target unterscheidet. Demnach wurden höhere Reaktionszeiten in der farbähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung gegenüber der Target-Singleton-Bedingung und der farbusähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung erwartet. Dem gegenüber steht die Vermutung, dass bei Bottom-up-Steuerung die Reaktionszeiten zwischen den Singleton-Konditionen gleich sein müssten, da auch die Saliens der Singletons annähernd gleich ist (vgl. Itti et al., 1998). Die Ergebnisse zeigen wie für Top-down-Einfluss erwartet, dass signifikant höhere Reaktionszeiten resultierten, wenn das Singleton ein farbähnlicher Distraktor war, im Vergleich zum Target, sowie auch im Vergleich zum farbusähnlichen Distraktor. Dies liefert einen weiteren Zuspruch für die übergeordnete Rolle der Top-down-Information bei der visuellen Suche, sowie einen Beleg dafür, dass innerhalb der visuellen Suche nach natürlichen Objekten, die polychromatische Farbbeschaffenheit, sowie die partielle spektrale Überlappung zwischen den Objekten die Suche nicht beeinträchtigen, sondern die *Basisfarbe*, für die farbbedingte Identifikation des Objektes maßgeblich ist. Aufgrund dessen, dass kein einziges Merkmal mehr besteht, welches das Target vom farbähnlichen Distraktor deutlich abhebt, wird die Extraktion der Information und somit der Identifikationsprozess des farbusähnlichen Distraktors erschwert, was sich in einem höheren Zeitaufwand niederschlägt. Mit Blick auf die *feature integration theorie* (Treisman & Gelade, 1980) kann dazu gesagt werden, dass, wenn kein einziges Merkmal mehr vorhanden ist, welches das Target von den Distraktoren deutlich unterscheidet (hier: Farbe), die Suche zunehmend seriell verläuft, auch wenn das Target und der farbähnliche Distraktor sich nicht im selben Suchdisplay befinden, da auch in diesem Fall nach der ersten Inspektion, von der zweifellos ein paralleler Ablauf angenommen werden kann, eine zweite genauere Betrachtung notwendig ist. Für diese Annahme spricht auch der bedeutsame Unterschied

zwischen den Bedingungen mit dem farbähnlichen und jener mit dem farbungähnlichem Distraktor-Singleton, da hier die Identität der Singleton-Distraktoren gleich ist in dem Sinne, dass es sich bei beiden nicht um das Target handelt. Diesbezüglich kann die Differenz der Reaktionszeiten nur auf die Ähnlichkeit zum Target zurückgeführt werden, obwohl selbiges nicht im Suchdisplay anwesend war, und ist somit Top-down bedingt. Ein weiterer Vergleich zwischen der homogenen Target-Singleton-Bedingung und der heterogenen Target-Bedingung zeigt, wie auch bereits in Experiment 1 beobachtet werden konnte, keinen bedeutsamen Unterschied, was die Befunde des ersten Durchganges untermauert und die Annahme einer Top-down-Steuerung bestärkt. In weiterer Folge wurde auch im zweiten Experiment erneut der Vergleich zwischen der homogenen Target-Singleton-Bedingung und der farbungähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung unter Augenschein genommen. Hier beschreibt sich ein interessantes Phänomen, welches weiter für übergeordnete Top-down-Steuerung spricht. Nämlich konnte in diesem zweiten Durchgang der bedeutsame Unterschied bezüglich dieses Vergleichs, der ja im ersten Experiment vorlag, nicht repliziert werden. Der Grund für diese Veränderung lässt sich durch eine nähere Betrachtung von Abbildung 5 und Abbildung 7 in Erfahrung bringen. Es ist dort zu erkennen, dass die Reaktionszeiten für die Bedingungen in denen das Target anwesend ist, im zweiten Experiment deutlich höher ausfallen als in Experiment 1. Ein Phänomen, das ebenfalls durch die geänderte erfahrungsbasierte Top-down-Information im zweiten Experiment, gegenüber dem ersten, erklärt werden kann. Da im zweiten Experiment ein farbähnlicher Distraktor in die Bedingungen mit aufgenommen wurde, mussten die Versuchspersonen bei dem Vorhandensein eines targetfarbigen, runden Objektes in einem Durchgang eine genauere Betrachtung vornehmen, um sicherzustellen, dass es sich bei dem gezeigten Objekt auch wirklich um das Target und nicht um den farbähnlichen Distraktor handelt. Dies verursacht Kosten, die in längeren Reaktionszeiten resultieren und den Effekt aus dem ersten Experiment verschwinden lassen. Das Wissen um das Vorhandensein eines ähnlichen Distraktors, durch Beobachtung im Suchverlauf, der alle, für die Effizienz der Suche relevanten Merkmale (Form und Farbe) mit dem Target teilt, erzeugt demnach Unsicherheit wenn ein Objekt auf dem Suchdisplay erscheint, das alle diese Merkmale in sich vereint, und beeinflusst somit die Suche bedeutend. In Anbetracht der Gesamtheit der Ergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass Top-down-Information bei der visuellen Suche nach natürlichen Objekten, eine bedeutsame und übergeordnete Rolle spielt und Bottom-up zwar auch Einfluss ausüben kann, dieser aber abhängig von den Top-down-Bedingungen und der zugewiesenen Semantik der Objekte innerhalb des Versuchsdesigns, wirksam wird. So zeigte sich in Experiment 1 der Einfluss von Bottom-up nur in dem Vergleich zwischen der homogenen Non-Singleton-Bedingung und der farbungähnlichen Distraktor-Singleton-Bedingung, was darauf schließen lässt, dass Bottom-up-Einfluss davon abhängig ist ob die

Suche positiv (Target-Anwesenheit) oder negativ (Target-Abwesenheit) verläuft. Weiter kann die Suchleistung auch durch zusätzliche Top-down-Information modifiziert werden, wie ein Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Experiment zeigt, wobei in letzterem die Reaktionszeiten der Target-Singleton-Bedingung, aufgrund des eingefügten farbähnlichen Distraktors und dem somit geänderten Wissen um die Diskrimination des Targets, deutlich gestiegen sind. Im Allgemeinen kann also gesagt werden, dass die Untersuchungsergebnisse im Großteil, mit Ergebnissen von Untersuchungen anhand artifizieller Objekte vergleichbar sind (Duncan, 1989, Theeuwes, 1992). Die farbliche polychromatische Oberflächengestaltung der natürlichen Objekte beeinflusst die Suche nicht maßgeblich und es kann davon ausgegangen werden, dass die grobe farbliche Kategorisierung anhand der *Basisfarbe* die den Hauptanteil an der gesamten Farbgebung des Objektes ausmacht, für die Farbwahrnehmung und die Identifikation von Objekten von übergeordneter Bedeutung ist. Dabei ist anzumerken, dass sich Objekte auch innerhalb der groben Farbkategorie in ihrer farblichen Ähnlichkeit unterscheiden können, abhängig von ihrer individuellen farbigen Beschaffenheit. Dies gilt sowohl für Vertreter verschiedener Objektsorten als auch für die Objekte innerhalb einer Sorte. Es kann auch aufgrund der Untersuchungsergebnisse nicht ausgeschlossen werden, dass eine Manipulation der farblichen Ähnlichkeit innerhalb einer Kategorie (Target und farbähnlicher Distraktor) zu unterschiedlichen Ergebnissen in der visuellen Suche führt. Dies herauszufinden soll aber als Gegenstand für weiterführende Forschungen dienen.

Kritische Betrachtung des Versuchsdesigns

Der Rahmen möglicher Überprüfungen wurde allerdings in den hier vorliegenden Untersuchungen nicht ausgeschöpft und lässt somit Platz für weitere Analysen, um fortführende Erkenntnisse zu erlangen, die wiederum zu mehr Klarheit bezüglich der den Ergebnissen zugrunde liegenden Phänomene führen. So wurde zum Beispiel in den hier durchgeführten Experimenten nur eine heterogene Kondition verwendet, in welcher das Target anwesend war. Das heißt, immer wenn auf dem Bildschirm verschiedene Obst- und Gemüsesorten aus verschiedenen Farbkategorien erschienen, hatten die Versuchspersonen für die Anwesenheit des Targets zu entscheiden. Es ist nicht ausgeschlossen, dass hier nach einigen Durchgängen ein Lerneffekt einsetzt, der die Versuchspersonen zu Beginn eines heterogenen Durchganges, aufgrund ihrer Erfahrung für das Target entscheiden lässt, ohne dieses explizit identifiziert zu haben. Zwar zeigt sich zwischen Experiment 1 und Experiment 2 ein Anstieg der Reaktionszeiten in der heterogenen Bedingung, was darauf schließen lässt, dass die ProbandInnen eine ordentliche Suche und Identifikation des Targets betrieben haben. Dennoch muss aber ein Lerneffekt in Betracht gezogen werden, da auch davon ausgegangen werden muss, dass das Hinzufügen des farbähnlichen Distraktors

im zweiten Experiment eventuell zu Beginn die Suche verzögert, jedoch den Lerneffekt auf lange Sicht nicht zu eliminieren vermag. Wäre tatsächlich ein Lerneffekt für die Ergebnisse der Reaktionszeiten in der heterogenen Bedingung verantwortlich zu machen, so würde dies eventuelle auch bedeuten, dass zwischen den Target-Bedingungen im ersten Experiment real ein bedeutsamer Unterschied vorliegt, der aufgrund des Lerneffektes in der heterogenen Bedingung nicht beobachtet werden konnte. Dies würde wiederum heißen, dass Bottom-up eine bedeutsamere Rolle bei der einfachen visuellen Suche nach natürlichen Stimuli spielt, als aufgrund der vorliegenden Ergebnisse angenommen und wäre konform mit den Untersuchungsergebnisse die Monnier (2009) vorzuweisen hat. Weiter wurde auch im zweiten Experiment keine Bedingungen realisiert, in welcher das Target und der farbähnliche Distraktor gleichzeitig anwesend sind. In solch einem Fall hätte wohl angenommen werden können, dass aufgrund der verminderten Diskriminierbarkeit auf Basis von Top-down-Wissen, durch die Ähnlichkeit der Farbbeschaffenheit zusätzlich zur Form, zunehmend eine serielle Verarbeitung eingesetzt hätte und dadurch die Reaktionszeiten verlängert worden wären (Treisman & Gelade, 1980). Auch soll hier darauf hingewiesen werden, dass das Target über alle Durchgänge hinweg konstant war, was laut Wolfe et al. (2003) im weiteren Verlauf zu einer Verbesserung der Suche führt.

Weiterführende Überlegungen

Neben den nicht realisierten Untersuchungsbedingungen, die zu einer weiteren Klärung der interessierenden Fragestellungen beitragen könnten, gibt es noch eine Reihe von Überlegungen, die sich den vorgenommenen Experimenten anschließen und ergänzende Analysen anregen. So wäre es beispielsweise auch von Interesse zu überprüfen, ob eine Veränderung der Setgröße einen Einfluss auf die vorliegenden Ergebnisse hätte. Nach den Angaben von Treisman und Gelade (1980) sollte eine Veränderung diesbezüglich keinen Einfluss auf die Suche haben, solange das Target ein separables Merkmal (hier: Farbe) besitzt, das es von den Distraktoren deutlich unterscheidet. Auch Wolfe (1994) konnte keinen Effekt für die Größe des Suchdisplays feststellen, sofern sich die Ähnlichkeit der Distraktoren zum Target nicht erhöht. Hier wäre es besonders interessant ob ein Effekt zu sehen ist, wenn die Ähnlichkeit eines Distraktors zum Target erhöht wird, beide aber nicht im selben Suchdisplay zu sehen sind. Neben dem im zweiten Experiment gefundenen Top-down-Effekt, der zu einer Verzögerung der Reaktion führte, sollte hier laut Treisman und Gelade (1980) und Wolfe (1994) keine Veränderung im Rahmen der einfachen visuellen Suche in Abhängigkeit von der Setgröße gefunden werden. Um den Einfluss der Farbe in diesem Experiment deutlicher beschreiben zu können, wäre auch eine Replikation der hier angestellten Untersuchungen unter Einbezug von achromatischen Konditionen aufschlussreich. Aufgrund der in der Einleitung aufgezeigten Annahmen, unter anderem von

Biederman & Ju (1988), Williams et al. (2009) und Wolfe (1992), kann nur vermutet werden, dass durch eine Erhöhung der Formähnlichkeit weniger Informationen aus der Form extrahiert werden können und dadurch die Farbe an Bedeutung für die Identifikation der Objekte gewinnt. Wirklich überprüft werden kann diese Annahme jedoch, wenn die hier vorliegenden Untersuchungsergebnisse mit den Resultaten einer achromatischen Testung verglichen werden. Dies würde weiter Licht auf die Rolle der Farbe bei natürlichen Objekten mit spezifischer Farbbeschaffenheit werfen. Eine weitere Möglichkeit der Überprüfung diesbezüglich, bietet gegenüber der achromatischen additiv der Einbezug einer monochromatischen Bedingung (im Sinne der gleichen *Basisfarbe*), in welcher Target und Distraktoren derselben Farbkategorie entnommen werden (z.B. Gruppe 3: 1 x Limette, 5 x Apfel_grün, Kategorie: *Grün*). Ein bedeutsamer Unterschied, im Vergleich zu den Bedingungen mit Objekten unterschiedlicher Farbkategorien, würde hier weiter für einen vorliegenden Farbeffekt, in Bezug auf Objektidentifikation, sprechen. Weiter könnte ein Vergleich zur achromatischen Bedingung angestellt werden, wobei ein vorliegender Unterschied, im Sinne niedrigerer Reaktionszeiten in der monochromatischen Bedingung, in diesem Fall auf das Top-down-Wissen zurückzuführen wäre, da sowohl achromatische als auch monochromatische Bedingung keine hochsalienten Objekte (bezogen auf die Farbkategorie) aufweisen die sich vom Kontext abheben und daher Bottom-up-Einfluss weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Kürzere Reaktionszeiten in der monochromatischen Bedingung würden daher zum einen für die erfolgreiche Reduktion der Information durch Form sprechen und zum anderen belegen, dass Wissen um Farbe der Objektidentifikation dienlich ist. Darauf wäre zu schließen, da in der monochromatischen Bedingung, im Gegensatz zur achromatischen, die Anzahl der in Frage kommenden Objekte aufgrund der Farbe eingeschränkt werden kann (was natürlich nur sinnvoll ist wenn Forminformation ausreichend reduziert werden konnte). Wobei hier anzumerken ist, dass sich aufgrund der natürlichen Beschaffenheit der Farbe auch die Objekte einer Farbkategorie in ihrer farblichen Ähnlichkeit, sowohl innerhalb als auch zwischen den Objektsorten (z.B. Kategorie Rot: farbliche Unterscheidung der Erdbeeren untereinander sowie zu Tomaten), unterscheiden. Könnte kein Unterschied zwischen monochromatischer und achromatischer Bedingung festgestellt werden, so würde sich die Frage stellen, ob die natürliche Farbgestaltung keinen Einfluss hat bei der Objektidentifikation oder ob Bottom-up-Effekte, bedingt durch die gegebene differenzierte Salienz, auf Basis der natürlichen Farbbeschaffenheit, für das Ergebnis verantwortlich sind. Auch die besprochene Diagnostizität von Farbe für bestimmte Objekte, wie sie vor allem für natürliche Objekte besteht, bietet Stoff für weitere Überlegungen und Analysen. Dabei ist die Diagnostizität umso höher je seltener die Farbe bei Objekten, innerhalb einer Kategorie, auftritt und umso charakteristischer diese für die jeweiligen Objekte erachtet wird (Wurm et al., 1993). In den

Untersuchungen zu diesem Thema von Wurm et al. (1993) konnten allerdings keine Effekte für die Diagnostizität von Farbe gefunden werden – in Bezug auf die Seltenheit der Farbe innerhalb einer Objektkategorie, so dass demnach davon ausgegangen werden kann, dass das vorhandene Top-down-Wissen, betreffend die Farbe der verwendeten Objekte, ausreichend ist für erfolgreiches und schnelles Erkennen. Dem gegenüber steht die Untersuchung von Nagai und Yokosawa (2003), die sehr wohl einen Effekt für das Erkennen von Objekten, abhängig von der Farbdagnostizität der Objekte ergab. In beiden Forschungen wurde die Diagnostizität der Farbe für die einzelnen Objekte anhand der Bewertungsübereinstimmungen der ProbandInnen ermittelt. Allerdings verstehen Nagai und Yokosawa (2003) unter Farbdagnostizität *nur*, wie typisch eine Farbe für ein Objekt ist und nicht wie Wurm et al. (1993), zusätzlich zum typischen Auftreten, wie selten diese Farbe in einer bestimmten Kategorie vorkommt. Unter dieser Betrachtung liegt kein Widerspruch der einzelnen Untersuchungen vor und es kann gefolgert werden, dass es von Bedeutung ist, wie charakteristisch eine Farbe für ein bestimmtes Objekt ist. Es wäre aufschlussreich für die hier vorgestellten Experimente festzustellen, wie kennzeichnend die UntersuchungsteilnehmerInnen die Farben der hier verwendeten Obst- und Gemüsesorten bewerten und ob aufgrund dieser Wertungen ebenfalls ein Effekt auszumachen ist. Dabei wäre es wesentlich, diese Bewertungen für jene Objekte vorzunehmen, die als Target fungieren, da die Distraktoren für die Suche irrelevant sind und daher auch nicht identifiziert werden müssen und sollen. Gegeben der Untersuchungsergebnisse von Nagai und Yokosawa (2003) und Wurm et al. (1993) wäre es auch interessant festzustellen, ob die Objektsorten umso typischer bewertet wurden, je *reiner* ihre farbliche Beschaffenheit bzw. je größer der Anteil an Farbe jener Kategorie, zu der sie farblich gehören (z.B. Apfel – Kategorie *Rot*). Anders formuliert lautet die Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen Objektidentifikation und der *Reinheit* der Farbe gibt und ab welchem Punkt die Farbbeschaffenheit der farblichen Vorstellung über das Objekt nicht mehr entspricht. Gefolgert werden kann aus den Untersuchungen von Wurm et al. (1993) und Nagai und Yokosawa (2003) jedenfalls, dass die polychromatische Beschaffenheit natürlicher Objekte keinen Einfluss auf die farblichen Vorstellungen über diese Objekte hat (so wird eine Banane beispielsweise typisch als gelb beschrieben und nicht als gelblich mit braunen Stellen). Es kann auch überlegt werden, dass die farblichen Einschlüsse die natürlichen Objekte aufweisen, bei der Identifikation aufgrund von Farbe mental wegsabtrahiert werden, da sie sich von Objekt zu Objekt unterscheiden (z.B. braune Flecken bei einer Banane) und die Aufmerksamkeit daher der *Basisfarbe* gilt, die farblich den Hauptanteil ausmacht und über die verschiedenen Objekte einer Sorte hinweg, zumindest die grobe Farbkategorie betreffend, meist gleich ist. Gegeben dieser Überlegungen, würde so auch eine mögliche spektrale Überschneidung zwischen den Objekten verschiedener Sorten (mit

unterschiedlicher *Basisfarbe*) neutralisiert und beeinträchtigt das effiziente Erkennen und Unterscheiden von Objektsorten nicht. Das erfahrungsbasierte Wissen um die Farbbeschaffenheit führt somit zu einer Ausblendung der farblichen Differenzen und zu einer Konzentration auf die, für die Objekte typische *Basisfarbe*. Diese Annahme wird auch durch die vorliegenden Ergebnisse aus dieser Untersuchung gestützt, da trotz der spezifischen Farbbeschaffenheit der verwendeten Objekte, eine effiziente Suche und Identifikation des Targets beobachtet werden konnte und Kosten für die Suche vor allem dann entstanden sind, wenn die Objekte die selbe *Basisfarbe* aufwiesen (Target & farbähnlicher Distraktor). Für eine Veränderung der Leistung bezüglich der Objektidentifikation, wäre es demnach erforderlich die *Basisfarbe* zu ändern und es könnte in Folge auch einen Einfluss haben, wie typisch die *Basisfarbe* für ein bestimmtes Objekt angenommen wird (z.B. Banane: gelb versus grün und braun). Diesen Überlegungen zufolge wäre es auch interessant zu untersuchen, ob eine Veränderung des Anteils der *Basisfarbe* auch eine Änderung in der Leistung betreffend die Objektidentifikation nach sich ziehen würde. Die Theorie der Farbdagnostizität könnte auch anhand von geänderten Instruktionen erforscht werden. So geben beispielsweise Wolfe et al. (2003) an, dass die Aktivierung von Top-down-Information durch implizites Priming oder auch durch verbale Beschreibung von statuen gehen kann. Demnach wäre es informativ zu beobachten, welche Ergebnisse resultieren würden, wenn die Versuchspersonen die Aufgabe hätten nach einem *Apfel* zu suchen, ohne vorher Bilder des Targets gezeigt zu bekommen. Würden hier beispielsweise für Äpfel der Kategorie *Rot* geringere Reaktionszeiten resultieren als für Äpfel der Kategorie *Grün*, so würde dies einen weiteren Aufschluss geben, über die farbprototypische Repräsentationen bestimmter natürlicher Objekte und das damit in Zusammenhang stehende Top-down-Wissen. Es wäre grundsätzlich auch interessant, ob es generell Unterschiede zwischen den einzelnen Objekten, aufgrund deren Farbkategorie gibt. So haben beispielsweise Lindsay, Brown, Reijnen, Rich, Kuzmova und Wolfe (2010) entdeckt, dass rote entsättigte Targets am leichtesten zu finden und die Reaktionszeiten allgemein für warme Farben am kürzesten sind. Der Effekt der natürlichen Farbbeschaffenheit kann auch noch zusätzlich erforscht werden, durch den Vergleich mit einer Replikation der Untersuchung anhand von Linienzeichnungen, die mit der kategorischen Farbe des jeweiligen Objektes eingefärbt werden (z.B. Erdbeere – rot, Tomate – rot, etc.). Somit hätten Target und farbähnlicher Distraktor auch keine *ähnliche*, da natürliche Farbgebung mehr, sondern eine exakt identische Farbe. Ein weiteres hochkomplexes Feld, das einen etwas entfernteren weiterführenden Forschungsbereich bietet, ist jenes der Farbtheorien. Wie erwähnt konnten die verwendeten Objekte aufgrund ihrer farblichen Beschaffenheit nur grob in Farbkategorien eingeteilt werden. Für eine genaue Festlegung der Farbe/n und der exakten Ähnlichkeit der Objekte in Bezug auf deren Farbgebung, sowie der genauen Überprüfung von

diesbezüglichen Effekten, wären exakte Berechnungen mit Hilfe von Farbmaps nötig (vgl. Nagy & Thomas, 2003).

Allgemein kann gesagt werden, dass in dieser Untersuchung beobachtet werden konnte, dass die spezifische Farbbeschaffenheit natürlicher Objekte, Einfluss auf die Identifikation des Targets innerhalb der einfachen visuellen Suche, in welcher die Farbgebung das einzige relevante Merkmal darstellt, hat und zwar in dem Sinne, dass anhand der Farbe korrekt für die Anwesenheit respektive Abwesenheit des Targets entschieden werden konnte. Weiter konnte festgestellt werden, dass die Suche zu einem übergeordneten Teil durch bestehende oder generierte Top-down-Information gesteuert wird und Bottom-up eine nachgeordnete Bedeutung für die einfache visuelle Suche, unter natürlichen Objekten mit natürlicher Form- und Farbgebung hat, deren Wirksamkeit durch Top-down moderiert wird. Die Ergebnisse für die Suche innerhalb natürlicher Objekte, lassen sich vergleichen mit den vorliegenden Ergebnissen aus Untersuchungen, die artifizielle Objekte zur Erforschung des Farbeinflusses verwendet haben (Duncan, 1989, Theeuwes, 1992). Dies lässt den Schluss zu, dass die spezifische polychromatische Farbbeschaffenheit natürlicher Objekte, keine Beeinträchtigung für die Objektidentifikation innerhalb der Suche darstellt und die *Basisfarbe* für eine effiziente Suche ausschlaggebend ist, wobei diesbezüglich noch einiges an Forschungsbedarf zur weiteren Klärung des Einflusses natürlicher Farbgebung besteht. Die Untersuchungsergebnisse aus dieser Arbeit gehen zu einem übergeordneten Teil konform mit Duncan (1989) und Treisman und Gelade (1980), welche ebenfalls einen primären Einfluss von Top-down postulieren, allerdings auch zu einem geringen Teil, mit diesen Annahmen entgegengesetzten Behauptungen und Befunden, wie von Theeuwes (1992) und Boot et al. (2005), wobei gezeigt werden konnte, dass die Wirksamkeit von Bottom-up abhängig ist von den realisierten Versuchsbedingungen. Da nicht alle Möglichkeiten, bezogen auf die realisierten Bedingungen, ausgeschöpft wurden, kann hier auch nicht vollständig beantwortet werden unter welchen Umständen und zu welchem Anteil genau Bottom-up und Top-down Einfluss ausüben. Mit Sicherheit kann hier nur gesagt werden, dass es sich bei der visuellen Suche nach natürlichen Objekten um ein komplexes Forschungsgebiet handelt. Platz für weitere Forschungen besteht hier allemal.

5. Literaturverzeichnis:

- Biederman, I., & Ju, G.** (1988). Surface versus Edge-Based Determinants of Visual Recognition. *Cognitive Psychology*, 20, 38-64.
- Boot, W. R., Brockmole, J. R., & Simons, D. J.** (2005). Attentional capture is modulated in dual-task situations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 662–668.
- Castelhano, M. S., Mack, M. L. & Henderson, J. M.** (2009). Viewing task influences eye movement control during activate scene perception. *Journal of Vision*, 9, 1-15.
- Lindsay, D. T., Brown, A. M., Reijnen, E., Rich, A. N., Kuzmova, Y. & Wolfe, J. M.** (2010). Color Channels, Not Color Appearance or Color Categories, Guide Visual Search for Desaturated Color Targets. *Psychol Sci*, 21 (9), 1208-1214.
- Derrico, J. B. & Buchsbaum, G.** (1991). A computational model of spatiochromatic image coding in early vision. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 2, 31-38.
- De Valois, K. K. & Switkes, E.** (1983). Simultaneous masking interactions between chromatic and luminance gratings. *Journal of the Optical Society of America*, 73, 11-18.
- Duncan, J.** (1989). Boundary conditions on parallel processing in human vision. *Perception*, 18, 457–469.
- Duncan, J. & Humphreys, G. W.** (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433–458.
- Gegenfurtner, K. R. & Rieger, J.** (2000). Sensory and cognitive contributions of color to the recognition of natural scenes. *Current Biology*, 10, 805–808.
- Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S. & Gegenfurtner, K. R.** (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, 9, 1367-1368.
- Itti, L., Koch, C. & Niebur, E.** (1998). A Model of Saliency-based Visual Attention for Rapid Scene Analysis. *IEEE Tr.o. Pattern Analysis & Machine Intelligence*, 20 (11), 1254-1259.

- Itti, L. & Koch, C. (2001).** Computational Modelling of Visual Attention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 194-203.
- Kayser, C., Nielsen, K. J. & Logothetis, N. K. (2006).** Fixations in natural scenes: Interaction of image structure and image content. *Vision Research*, 46, 2535–2545.
- Kelly, D. H. (1983).** Spatiotemporal variation of chromatic and achromatic contrast thresholds. *Journal of the Optical Society of America*, 73, 742-749.
- Levin, D. T. & Simons, D. J. (1997).** Failure to detect changes to attended objects. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4, 501-506.
- Maljkovic, V. & Nakayama, K. (1994).** Priming of pop-out: I. Role of features. *Memory & Cognition*, 22, 657–672.
- Maljkovic, V. & Nakayama, K. (1996).** Priming of pop-out: II. Role of position. *Perception & Psychophysics*, 58, 977–991.
- Monnier, P. (2009).** Color Heterogeneity in Visual Search. *Color Research & Application*, 36 (2), 101-110.
- Mullen, K. T. (1985).** The contrast sensitivity of human colour vision to red-green and blue-yellow chromatic gratings. *Journal of Physiology*, 359, 381-400.
- Nagai, I. & Yokosawa, K. (2003).** What regulates the surface color effect in object recognition: Color diagnosticity or category? *Technical Report on Attention and Cognition*, 28, 1-4.
- Niebur, E. & Koch, C. (1998).** *Computational architectures for attention*. In R. Parasuraman, The attentive brain (S. 163–186). Cambridge, MA: MIT Press.
- Palmer, E. M., Horowitz, T. S., Wolfe, J. M. & Torralba, A. (2011).** What are the Shapes of Response Time Distribution in Visual Search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(1), 58-71.

- Price**, C. J. & Humphreys, G. W. (1989). The effects of surface detail on object categorization and naming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 41, 797–827.
- Oliva**, A. & Schyns, P. G. (2000). Diagnostic colors mediate scene recognition. *Cognitive Psychology*, 41, 176–210.
- Soto**, D. & Humphreys, G. W. (2009). Automatic Selection of Irrelevant Object Features Through Working Memory. *Experimental Psychology*, 56(3), 165-172.
- Spence**, I., Wong, P., Rusan, M. & Rastegar, N. (2006). How color enhances visual memory for natural scenes. *Psychological Science*, 17, 1–6.
- Tanaka**, J. W., Weiskopf, D. & Williams, P. (2001). The role of color in high-level vision. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 211–215.
- Theeuwes**, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, 51, 599–606.
- Treisman**, A. M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97–136.
- Vasquez**, E., Gevers, T., Lucassen, M., van de Weijer, J. & Baldrich, R. (2010). Saliency of Color Image Derivates: A Comparison between Computational Models and Human Perception. *Optical Society of America*, 27 (3), 613-621.
- Walls**, G. L. (1942). *The vertebrate eye and its adaptive radiation*. Bloomfield Hills, MI: Cranbrook Institute of Science.
- Williams**, C. C., Pollatsek, A., Cave, K. R. & Stroud, M. J. (2009). More Than Just finding Color: Strategy in Global Visual Search Is Shaped by Learned Target Probabilities. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35, 688-699.
- Wolfe**, J. M. (1994). Guided Search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 202–238.

- Wolfe**, J. M., Butcher, S. J., Lee, C. & Hyle, M. (2003). Changing your mind: On the top-down and bottom-up guidance in visual search for feature singletons. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 29, 483–502.
- Wolfe**, J. M., Friedman-Hill, S. R., Stewart, M. I. & O'Connell, K. M. (1992). The role of categorization in visual search for orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 34–49.
- Wurm**, L. H., Legge, G. E., Insberg, L. M. & Luebker, A. (1993). Color Improves Object Recognition in Normal and Low Vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 899-911.

6. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Beispiel für ein natürliches Objekt im Vergleich zu einem artifiziellen Objekt

Abbildung 2: Beispiele für die verwendeten Bedingungen in Experiment 1 und Experiment 2

Abbildung 3: Darstellung des Experimentalablaufes in Experiment 1 und Experiment 2

Abbildung 4: Veranschaulichung der Mittelwerte und Standardabweichungen der korrekt abgegebenen Antworten in Prozent, Experiment 1

Abbildung 5: Illustration der gemittelten Reaktionszeiten und deren Standardabweichungen in *ms*, Experiment 1

Abbildung 6: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen der korrekt abgegebenen Antworten in Prozent, Experiment 2

Abbildung 7: Illustration der gemittelten Reaktionszeiten und deren Standardabweichungen in *ms*, Experiment 2

7. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: die Tabelle zeigt die in den Experimentalbedingungen realisierten Gruppen und die innerhalb dieser Gruppen verwendeten Obst- und Gemüsesorten

Tabelle 2: die Mittelwerte und Standardabweichungen der korrekt abgegebenen Antworten in Prozentangaben und der Reaktionszeiten in *ms* angegeben, Experiment 1

Tabelle 3: die Mittelwerte und Standardabweichungen der korrekt abgegebenen Antworten in Prozentangaben und der Reaktionszeiten in *ms* angegeben, Experiment 2

8. Anhang

8.1. Abstract deutsch

Diese Untersuchung beschäftigt sich mit der Bedeutsamkeit von Farbe für das Identifizieren von natürlichen Objekten mit natürlicher Form- und Farbgebung, innerhalb der einfachen visuellen Suche. Da auch die Form eine bedeutende Rolle für das Erkennen von Objekten spielt (Biderman & Ju, 1988) wurde versucht, durch die Wahl von Objekten mit ähnlicher Formgebung die Information, die aus dieser extrahiert werden kann, zu vermindern. Natürliche Objekte unterscheiden sich von artifiziellen Objekten oft nicht nur durch ihre Semantik und das damit in Verbindung stehende erfahrungsbezogene Wissen, sondern auch aufgrund ihrer spezifischen polychromatischen Farbbeschaffenheit. Es stellt sich daher die Frage, ob in Anbetracht der speziellen farblichen Beschaffenheit natürlicher Objekte und die dadurch möglichen spektralen Überschneidungen zwischen einzelnen Stimuli, eine effiziente Suche in Abhängigkeit von Farbe möglich ist. Weiter ist es von Interesse ob die Suche nach dem Zielobjekte durch salienzbasierter, automatisch ablaufende Bottom-up-Steuerung oder durch wissensbasierter, kontrollierter Top-down-Information angeleitet wird. Aufgrund des aktuellen Forschungsstandes wurde angenommen, dass bei einem Vorherrschen von Top-down-Wissen bei der Suche, kein Unterschied in der Suchleistung der ProbandInnen, zwischen Durchgängen in denen das Target einen hochsalienten Stimulus repräsentiert und Bedingungen, in welchen das Target innerhalb von verschiedenfarbigen Distraktoren mit annähernd gleicher Salienz erscheint, auftreten sollte. Ebenso wurde kein Unterschied in der Suchleistung zwischen einer Bedingung mit hochsalientem Distraktor und einer homogenen Bedingung ohne Singleton erwartet. Wird die Suche dagegen von Bottom-up im Sinne eines *attentional capture effects* dominiert so wurde antizipiert, dass aufgrund der hohen Salienz die Suche besser verläuft, wenn das Target als Singleton fungiert, gegenüber einer heterogenen Bedingung mit verschiedenfarbigen Distraktoren und schlechter, wenn ein Distraktor das Singleton darstellt im Vergleich zu einer homogenen Bedingung mit sich farblich gleichenden Distraktoren. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die spezifische Farbbeschaffenheit der verwendeten natürlichen Objekte ausreichend ist, um eine effiziente Suche zu gewährleisten und führen zu der Annahme, dass vor allem die *Basisfarbe* der Objekte entscheidenden Einfluss auf die Objektidentifikation hat. Weiter konnte beobachtet werden, dass farbles Top-down-Wissen für die einfache visuelle Suche nach natürlichen Objekten von übergeordneter Bedeutung ist. Bottom-up-Steuerung konnte zwar auch beobachtet werden, allerdings nur in Abhängigkeit von den realisierten Bedingungen und dem verfügbaren Top-down-Wissen (es konnte *attentional capture* nur in Bezug auf einen hochsalienten Distraktor beobachtet werden im Vergleich zu einer homogenen Bedingung),

was zu der Annahme führt, dass Aufmerksamkeitslenkung durch Bottom-up nur von nachgereihter Relevanz ist.

Schlagwörter:

Farbe, natürlich, Bottom-up, Top-down, attentional capture

8.2. Abstract *english*

This paper deals with the significance of color for the identification of natural objects that have natural given shape and color in the space of visual search. Because shape assumes a superior role for the recognition of stimuli (Biederman & Ju, 1988), similar shaped objects were used in these experiments to reduce the information that could be extracted out of shape. Thus was tried to increase the influence of color over object identification and to observe a color effect. Natural objects differ from artificial not only because of their semantics but also in their unique color complexion. Now it is of interest if there can be efficient search dependent on the color texture of these objects, in form of correct stimuli recognition. Further it is arguable, whether visual search is primary guided by top-down knowledge or by saliency based bottom-up capture or both of it. Due to the current research, it has to be assumed, that there is no difference between a heterogeneous condition that contains the target and a homogeneous condition where the target is a high saliency singleton, when the visual search is primary top-down driven. Although there should be no distinction between a homogeneity condition with one distractor-singleton and one where all objects share the same color. In contrast, if search is guided by bottom-up, it has to be expected that a faster reaction time occurs when the singleton is the target in comparison to the heterogeneous condition and otherwise that slower reactions can be observed when the singleton is a distractor compared with the homogeneity non-singleton condition. The results show that there is efficient search on basis of the color complexion of natural objects. Those findings lead to the assumption that the mean color of the object has main influence in object identification. Furthermore there is high evidence for the main influence of top-down knowledge over visual search. Bottom-up-capture also appears to have an effect but it depends on the conditions realized and the available top-down information. Top-down knowledge seems to be considerable for the results of simple visual search within natural colored objects. For further answers to the interesting question there is some more space for research.

8.3. Lebenslauf mit Schwerpunkt auf den wissenschaftlichen Werdegang*Persönliche Daten*

Vor- und Zuname	Miriam Bruckner
Geboren am	07.01.1985
in	Ried im Innkreis
Staatsbürgerschaft	Österreich
✉	miriam.bruckner@gmx.at

Ausbildung

seit 09.2007	Studium der Psychologie an der Universität Wien mit Schwerpunkt Wirtschaftspsychologie, Diplomprüfungsfach Allgemeine Psychologie Abschluss des ersten Abschnittes am 15.10.2008
WS 2008	Mitbelegung an der Universität für angewandte Kunst Wien
09.2005 - 07.2007	Studium der Psychologie an der Universität Salzburg
09.1999 - 06.2005	Besuch der Handelsakademie in Schärding (Abschluss mit gutem Erfolg am 14.06.2005)
09. 1995 - 07.1999	Besuch der Hauptschule in St. Marienkirchen bei Schärding

Erfahrungen und Praktika

seit 09. 2010	Psychologische Einzelbetreuung eines autistischen Kindes im Rahmen des <i>Zentrums für Autismus und spezielle Entwicklungsstörungen (ZASPE)</i>
---------------	--

06.2010 – 08.2010	6 – Wochen Praktikum im Rahmen des <i>Zentrum für Autismus und spezielle Entwicklungsstörungen (ZASPE)</i> Pädagogischer Umgang Patienten jeden Alters, Anleitung bei alltagspraktischen Tätigkeiten, Vorbereitung und Durchführung kognitiver Fördereinheiten, Mitgestaltung der Freizeitaktivitäten, Teilnahme an Lerntherapeutischen Einheiten sowie Psychologischer Diagnostik, Auseinandersetzung mit Psychologischen Gutachten und Testverfahren
-------------------	---