

**Untersuchung des *trade-offs* zwischen  
Augenbewegung und Arbeitsgedächtnis-Nutzung bei einer  
vergleichenden-visuellen Suchaufgabe**

**Bachelorarbeit**

**der Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Fakultät**

**der Eberhard-Karls Universität Tübingen**

vorgelegt von

Aylin Sarikaya

Tübingen, Juli 2013

Hiermit erkläre ich,

- dass ich diese Arbeit selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

- dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens gewesen ist.

Tübingen, den 22.Juli 2013

Aylin Sarikaya

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der *trade-off* zwischen der Anzahl der Blickwechsel und der Arbeitsgedächtnis-Nutzung bei einer vergleichenden-visuellen-Suchaufgabe untersucht. Dabei wurden zwei Halbfelder auf einem Monitor, die jeweils eine Spalte mit verschiedenen Symbolen enthielten, miteinander verglichen. Die Versuchspersonen mussten die Anzahl der Unterschiede zwischen den Halbfeldern feststellen. Es war zu jederzeit nur ein Halbfeld sichtbar. Während des Experiments wurden die Anzahl der Blickwechsel (Akquisition) und die Blickdauer (Memorierung) gemessen. Die Akquisitions- und Memorierungskosten wurden mittels verschiedener Abstands-, Delay- und Symboltypbedingungen variiert, um somit den *trade-off* zwischen Anzahl der Blickwechsel und Blickdauer zu beeinflussen. Durch die Erhöhung der Akquisitionskosten wurde eine verstärkte Nutzung des Arbeitsgedächtnis erwartet, dagegen sollte einer Erhöhung der Verarbeitungskosten mit der Reduzierung des Arbeitsgedächtniseinsatzes einhergehen. Diese Erwartungen wurden in vorhergegangenen Studien bereits festgestellt und konnten mit der vorliegenden Arbeit erneut bestätigt werden. Da in dieser Arbeit alle ( $n = 15$ ) Versuchspersonen alle Bedingungen des Experimentes durchliefen (komplettes *within-subject-design*), konnten weitere Aussagen bzgl. der *trade-off* Strategien getroffen werden. So konnte gezeigt werden, dass die Varianz zwischen den Versuchspersonen deutlich größer war als die innerhalb einer Versuchsperson. Somit besitzt jede Versuchsperson einen eigenen Bereich für den *trade-off*, innerhalb dessen sie das Verhalten (Blickstrategien) anpasst, wenn die Kosten variieren.

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Einleitung</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2. Material und Methoden</b>                                   | <b>11</b> |
| 2.1 Generelle Idee des Experimentes                               | 11        |
| 2.2 Versuchspersonen  | 11        |
| 2.3 Hardware/ Software  | 12        |
| 2.4 Experimentalbedingungen                                       | 13        |
| 2.4.1 Klickverzögerungs-Delay                                     | 13        |
| 2.4.2 Halbfeld-Abstand  | 13        |
| 2.4.3 Symboleigenschaft - Feature                                 | 13        |
| <b>3. Ergebnisse</b>  | <b>19</b> |
| 3.1 Fehlerrate  | 19        |
| 3.2 Einfluss der Bedingungen auf die Anzahl der Blickwechsel      | 20        |
| 3.2.1 Haupteffekte der 3-faktoriellen ANOVA                       | 20        |
| 3.2.2 Interaktionen   | 23        |
| 3.3 Einfluss der Bedingung auf die Blickdauer                     | 27        |
| 3.3.1 Haupteffekte der 3-faktoriellen ANOVA                       | 28        |
| 3.3.2 Interaktionen   | 31        |
| 3.4 Korrelation zwischen AG-Spanne und abhängige Variable         | 34        |
| 3.5 Trade-off zwischen Blickdauer und Blickwechsel                | 35        |
| <b>4. Diskussion</b>  | <b>37</b> |
| 4.1 Fehlerrate  | 37        |
| 4.2 Einfluss der Bedingungen auf die abhängigen Variablen         | 37        |
| Symboltyp   | 37        |
| Delay   | 38        |
| Abstand   | 39        |
| 4.3 Trade-off zwischen Blickdauer und der Anzahl der Blickwechsel | 40        |
| <b>Literaturverzeichnis</b>                                       | <b>43</b> |
| <b>Anhang</b>   | <b>45</b> |
| Versuchsanleitung   | 45        |

## 1. Einleitung

Die Aufgabe des Gehirns besteht darin Informationen zu verarbeiten, indem es diese aufnimmt, weiterverarbeitet, wieder bereitstellt, löscht oder speichert. Mit Hilfe der unterschiedlichen Sinnessysteme werden die wichtigen Informationen aus der Umwelt herausgefiltert und an das Gehirn weitergeleitet. Diese Informationen werden im Gehirn in drei unterschiedlichen Gedächtnissystemen gespeichert bzw. repräsentiert. Die Gedächtnissysteme werden in sensorisches Gedächtnis (SG), Arbeitsgedächtnis (AG) und Langzeitgedächtnis (LZG) aufgeteilt. In der vorliegenden Arbeit stehen die Prozesse, das AG betreffend im Vordergrund.

Das AG ist ein System, in welchem eine begrenzte Menge an temporären Informationen verarbeitet und erhalten wird (Hardiess, Gillner, & Mallot, 2011). Das AG umfasst sowohl kognitive als auch neuronale Prozesse des Gehirns (Zimmer, 2010). Eine Untereinheit des AG ist das visuelle Arbeitsgedächtnis (vAG), welches auf die Repräsentation und die Verarbeitung von visuellen Informationen spezialisiert ist (Baddeley A. D., 1978; Baddeley A. , 1992; Baddeley A. , 2003). Dem vAG werden zwei hauptsächliche Begrenzungen zugeschrieben zum einen eine zeitliche zum anderen eine mengenmäßige Limitierung der Speicherkapazität. Die zeitliche Begrenzung beschränkt sich auf mehrere Sekunden, wenn kein Prozess des *rehearsal* durchgeführt wird (Hardiess, Gillner, & Mallot, 2011). Unter *rehearsal* ist ein Prozess zu verstehen, in dem Informationen innerlich ständig aktiv wiederholt werden (Zimmer, 2010). Bezüglich der Begrenzung der Speicherkapazität im vAG können je nach Komplexität und Anzahl der Objekte etwa 3-5 Elemente innerhalb der mentalen Repräsentation aufrechterhalten werden (Luck & Vogel, 1997). Diese Begrenzungen konnten mit Hilfe verschiedener Experimente nachgewiesen werden (Hardiess, Basten , & Mallot, 2011).

Aufgrund der Komplexität des AG und seiner nicht greifbaren Dimension, wurden unterschiedliche Modelle entwickelt, um das AG zu erklären. Viele Studien beschäftigten sich in den letzten Jahrzehnten mit zwei unterschiedlichen Modellen. Diese beiden Modelle, das modulare Arbeitsgedächtnismodell und das Embedded-Processes-Modell werden in den nächsten Abschnitten erläutert.

## Das modulare Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley & Hitch

Das modulare Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley & Hitch (1974) ist das bekannteste und am weitesten verbreitete Modell. Dieses setzt unterschiedlich zusammengesetzte Komponenten voraus (Abbildung 1): die zentrale Exekutive (central executive), die phonologische Schleife (phonological loop) und der visuell-räumliche Notizblock (visiospatial sketchpad) (Baddeley & Hitch, 1974). Im Jahre 2000 ergänzte Baddeley das Modell um eine weitere Komponente: den sogenannten episodischen Puffer (episodic buffer) (Baddeley A. D., 2000).

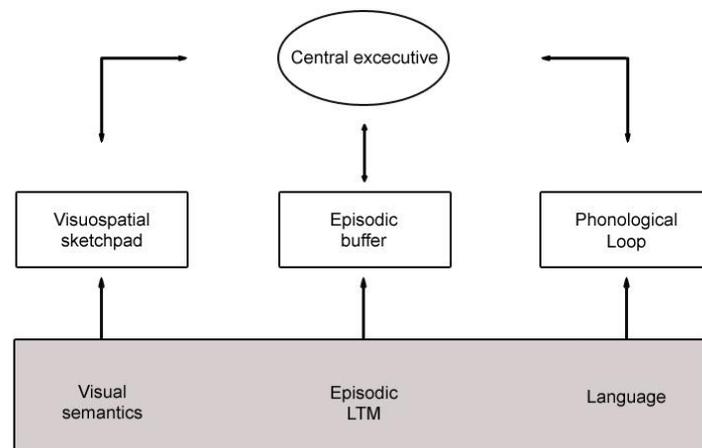


Abbildung 1.: Modulare Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley und Hitch (Baddeley A. , 2003)

Die zentrale Exekutive umfasst mehrere Funktionen. Sie koordiniert den visuell-räumlichen Notizblock und die phonologische Schleife. Auch das Fokussieren und Verschieben der Aufmerksamkeit, sowie das Aktivieren mentaler Repräsentationen aus dem LZG gehören zu den Aufgaben der zentralen Exekutive. Die phonologische Schleife und der visuell-räumliche Notizblock sind spezialisierte Gedächtnissysteme (Miyake & Shah, 2007). Dabei dient ersteres der akustischen und artikulatorischen Informationsverarbeitung und letzteres der visuellen und räumlichen Verarbeitung. Der visuell-räumliche Notizblock teilt sich in zwei Unterkomponenten auf, welche zum einen für die Verarbeitung von Objektmerkmalen (Farbe, Form, etc.) und zum anderen für die Verarbeitung der räumlichen Information verantwortlich sind (Karnath & Thier, 2012). Der episodische Puffer sorgt für das Aufrechterhalten unterschiedlicher Informationen der phonologischen Schleife, der Subkomponenten des visuell-räumlichen Notizblock und des LZG (Karnath & Thier, 2012).

## Das Embedded-Processes-Modell von Cowan

Ein weiteres Modell des AG ist das Embedded-Processes-Modell von Cowan (Cowan 1999). In diesem Modell, welches mehrere Komponenten einschließt, liegt der Fokus auf den funktionellen Prozessen des AG. Zu den Komponenten zählen zum einen das LZG, sowie eine Untereinheit des LZG, in welcher vorübergehend aktivierte Elemente des LZG bereitgestellt werden und zum anderen eine Untereinheit des Gedächtnisses, welches im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins steht (Abbildung 2). Die (re)aktivierten Elemente aus dem LZG werden in einem gut zugänglichen aktivem Zustand gehalten, damit diese Elemente in kognitive Leistungen wie z.B. Problemlösen, Entscheidungsfindung und weiteres mit einfließen können (Karnath & Thier, 2012). Die aktivierten Elemente gelangen entweder willkürlich durch die zentrale Exekutive oder unwillkürlich durch die Aufmerksamkeitsorientierung in den Fokus der Aufmerksamkeit (Miyake & Shah, 2007). Bezüglich der Ausrichtung der Aufmerksamkeit gibt es für die aktivierten Elemente sowohl eine Kapazitätsgrenze von etwa vier Elementen (Karnath & Thier, 2012) als auch eine zeitliche Begrenzung.

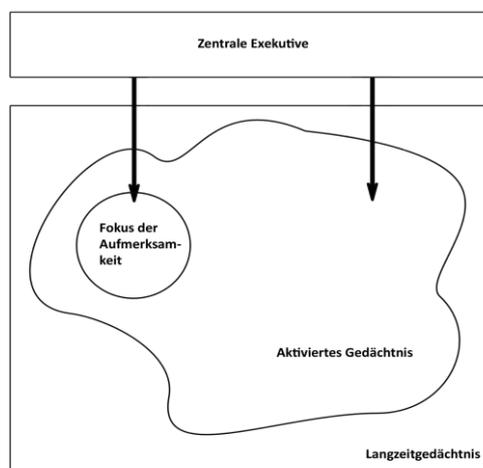


Abbildung 2.: zeigt das Embedded-Processes-Modell von Cowan. Geändert nach (Miyake & Shah, 2007)

Das Embedded-Processes-Modell stellt das LZG und die Aufmerksamkeit wesentlich stärker in den Vordergrund als das modulare Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley und Hitch. Es ist ein aktives Zusammenspiel zwischen den Prozessen der Aufmerksamkeit, des aktivierten Gedächtnisses und der Steuerung der zentralen Exekutive. Im Gegensatz dazu haben Baddeley und Hitch unterschiedlich verarbeitende Gedächtnissysteme, welche ebenfalls durch eine zentrale Exekutive gesteuert werden.

## **Trade-off zwischen Kosten für Akquisition und Memorierung**

Der *trade-off* dient der Minimierung der gemeinsamen Kosten zwischen der Akquisition und dem Memorieren. Die Kosten für die Memorierung sind von der Menge der zu speichernden Information abhängig. Im Gegensatz dazu werden die Kosten für die Akquisition durch mehrere Faktoren zusammengesetzt. Diese sind die Dauer der Bewegung, der Energieverbrauch oder auch die erhöhte Korrektur der Augenbewegung bei größeren Abständen (Hardiess, Gillner, & Mallot, 2008). Ein Alltagsbeispiel für die Erläuterung des *trade-offs* zwischen Akquisitions- und Memorierungskosten ist das Kochen nach einem Rezept. Zuerst wird die Zutatenliste angesehen und dabei memoriert. Anschließend begibt man sich z.B. Richtung Kühlschrank und versucht die memorierten Zutaten zu entnehmen. So gibt es Personen die sich stets eine Zutat merken und bei jeder Zutat zum Kühlschrank laufen müssen oder diejenigen, die mehrere Zutaten memorieren und seltener laufen müssen.

Der *trade-off* zwischen Akquisitions- und Memorierungskosten konnte mit Hilfe einiger Experimente untersucht werden. Die Block-Kopier-Aufgabe, ein Experiment von Ballard et. al (1995), bestand darin ein Muster aus verschiedenfarbigen Blöcken nachzubauen. Dieses Muster wurde in einem Modellbereich dargestellt und sollten in einem entfernt gelegenen Arbeitsbereich nachgebaut werden (Baddeley, Hayhoe, & Pelz, 1995). Die entsprechenden Blöcke mussten aus einem weiteren Bereich entnommen und zum Arbeitsbereich gebracht werden. Dieses Experiment wurde zum einen in einer virtuellen Umgebung und zum anderen in einer realen Umgebung durchgeführt. Anhand dieses Beispiels ist der *trade-off* zwischen Kosten für Akquisition und Memorierung gut dargestellt. In der virtuellen Umgebung sind die Akquisitionskosten der Blickwechsel zum Modellbereich. Die Zeit in welcher der Blick auf das Modell gewendet ist, ist somit die Nutzung des AG und stellt die Memorierungskosten dar. Es zeigte sich eine allgemein geringe Nutzung des AG, denn die Kosten für Memorierung sind höher, als die Kosten für einen erneuten Blickwechsel zum Modellbereich. Die Autoren sind der Meinung, dass dies auf die „just-in-time“ Verarbeitungsstrategie zurückzuführen ist. Die Probanden übernehmen nur die Informationen ins AG, welche im jeweiligen Moment benötigt werden. Diese Strategie ist deshalb gut durchzuführen, da die benötigte Information ständig mit Hilfe des Blickwechsels zugänglich ist (Hayhoe, Ballard, Triesch, & Shinoda, 2002; Land, Mennie, & Rusted, 1999).

Ballard et. al (1995) vermuten, dass das AG stärker beansprucht werden würde, wenn die Kosten für die Beschaffung der Information höher wären. Dies konnte in der Tat durch eine Erweiterung des Block-Kopier-Experimentes durch Hardiess et. al (2011) gefunden werden. In diesem Experiment mussten die VP zwischen den einzelnen Stationen laufen. Da Lokomotion an sich mehr Kosten verursacht als Blickbewegungen, zeigten die Versuchspersonen eine generelle Verschiebung des *trade-off* in Richtung höherer Memorierung.

Ein weiteres Experiment für die Untersuchung des *trade-off* zwischen Blickbewegung und AG-Nutzung ist die vergleichende-visuelle Suchaufgabe von Inamdar und Pomplun (Inamdar & Pomplun, 2003). Sie versuchten herauszufinden, welchen Einfluss kostspieligere Blickbewegungen auf die AG-Nutzung haben. Auf einem Monitor wurden den Versuchspersonen (VP) zwei Halbfelder präsentiert, in denen jeweils eine Spalte mit einfachen geometrischen Symbolen dargestellt wurde. Die Aufgabe bestand darin, den Unterschied zwischen beiden Halbfeldern bzw. Spalten zu finden. Die beiden Halbfelder wurden nicht zeitgleich dargestellt, sondern abwechselnd. Inamdar und Pomplun (2003) entwickelten zwei verschiedene Experimente. In einem variierten sie den Abstand zwischen den Symbolen und im anderen wurde das Erscheinen der Symbole verzögert (Delay). Es gab drei unterschiedliche Abstands- und drei Delaybedingungen. Mit Hilfe eines Eye-Trackers konnte die genaue Anzahl der Blickwechsel und Blickdauer erfasst werden. Die Anzahl der Blickwechsel zwischen den Spalten ließ auf den Anteil der Akquisition schließen. Somit wurden durch Erhöhung des Abstands die Akquisitionskosten erhöht. Durch die Blickdauer wurde die Zeit beschrieben, die eine VP auf einem Halbfeld verbrachte und somit das AG nutzte. Durch die unterschiedlichen Abstands- und Delaybedingungen wurden Kosten der Akquisition und Memorierung variiert. Inamdar und Pomplun fanden heraus, dass beim Erhöhen der Abstands- und Delaybedingungen die VP längere Blickdauern (Memorierungskosten) und eine geringere Anzahl des Blickwechsels (Akquisitionskosten) durchführten. Im Gegensatz dazu wurden bei geringeren Akquisitionskosten (kleiner Abstand, kurzer Delay) häufigere Blickwechsel und geringere Blickdauern vermerkt. Die VP passten sowohl die Anzahl der Blickwechsel als auch die Nutzung des AG an die unterschiedlichen Kostenfaktoren an, um die Gesamtkosten zu minimieren.

Durch die Anpassung des Blickwechsels und der Blickdauer wird der sogenannte *trade-off* beschrieben. Ebenfalls untersuchten Hardiess et. al (2008) und Hardiess et. al (2011) den *trade-off* zwischen AG-Nutzung und Blick- als auch Lokomotionsbewegungen. Sie fanden heraus, dass dieser *trade-off* zwischen AG-Nutzung und Kopfbewegung und auch zwischen AG-Nutzung und Laufbewegung vorhanden ist. Auch haben Droll und Hayhoe (2007) Studien zum *trade-off* zwischen Augenbewegung und AG-Nutzung durchgeführt. Aus ihren Experimenten folgerten sie, dass die *trade-off* Strategie ein intrinsisches, unbewusstes, stabiles und menschliches Verhalten ist.

Ähnlich dem Experiment von Inamdar und Pomplun (2003) war das vorliegende Experiment aufgebaut, in dem eine vergleichende-visuelle-Suchaufgabe durchgeführt wurde. Ziel des Experimentes war es, den *trade-off* zwischen der Anzahl der Blickwechsel und der Blickdauer zu untersuchen. Dafür wurden zwei Halbfelder, die zwei Spalten mit unterschiedlichen Symbolen aufwies, auf einem Monitor dargestellt und miteinander verglichen. Durch die Manipulierung der Akquisitions- und Memorierungskosten wurde analysiert, welchen Einfluss diese auf den *trade-off* der VP hatten. Abwandlungen zu Inamdar und Pomplun (2003) waren zum einen die Komplexität der Symbole und zum anderen die Nebenaufgabe, welche die VP während des Experimentes durchführen musste. Diese Nebenaufgabe bestand aus dem Sprechen von sinnlosen Silben wie „bla-blu blä“ oder „di-du-da“. Durch diesen Prozess sollte der Vorgang des „*rehearsal*“ unterbunden werden (Zimmer, 2010). Im Gegensatz zu Inamdar und Pomplun (2003) wurden keine geometrischen Figuren verwendet, sondern abwechselnd gefärbte Kreise oder Konturen von Tiermotiven. Die Akquisitions- und Memorierungskosten wurden mittels verschiedener Abstands-, Delay- und Symboltypbedingungen beeinflusst. Durch die Steigerung der Akquisitionskosten wurde eine verstärkte Nutzung des AG erwartet, dagegen wurde bei einer Senkung der Akquisitionskosten mit einer Erhöhung der Akquisition gerechnet.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Generelle Idee des Experimentes

Das Experiment war an das Paradigma der vergleichenden-visuellen-Suchaufgabe angelehnt, d.h., zwei Halbfelder (das Stimulus-Bild) mussten auf die Anzahl der Unterschiede zwischen ihnen hin untersucht werden. Jedes dieser Halbfelder beinhaltete eine Spalte mit verschiedenen Symbolen, von denen sich je ein oder zwei Symbole zwischen den Halbfeldern unterschieden. Zwischen den Symbolen der beiden Spalten wurden schwarze Linien während des gesamten Durchgangs angezeigt. Die schwarzen Linien dienten den VP für eine gezieltere Augenbewegung, damit sie beim (Blick)Wechseln des Halbfeldes nicht in der Reihe verrückten. Während des Versuches war immer ein Halbfeld abgedeckt und konnte durch Mausklick (rechte bzw. linke Maustaste) sichtbar gemacht werden, wodurch gleichzeitig das andere Halbfeld abgedeckt wurde. Insgesamt wurden zwei unterschiedliche Experimente durchgeführt, die sich nur anhand der zu vergleichenden Symbole unterschieden. Es gab zwei getrennte Versuche zum einen mit dem Symboltyp Farbe und zum anderen mit dem Symboltyp Objekt. Im ersteren wurden Farbkreise verglichen und im letzteren schwarze Tiersilhouetten. Diese zwei unterschiedlichen Versuche wurden durchgeführt, damit die Memorierungs- und Prozessionskosten variiert und verglichen werden konnten.

Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, beide gegenüberliegenden Spalten und Zeilen so zügig und genau wie möglich miteinander zu vergleichen und die Unterschiede zu finden. Am Ende jedes Durchlaufes sollten sie die Anzahl der entdeckten Unterschiede (eins oder zwei) laut nennen.

### 2.2 Versuchspersonen

Insgesamt nahmen 15 Probanden am Experiment teil. Die Altersspanne lag zwischen 22 und 26 Jahren, im Mittel betrug das Alter 23,1 Jahre. Die Geschlechterverteilung lag bei 60% Frauen und 40% Männer. Alle Versuchspersonen nahmen an beiden Versuchen teil. Zwischen dem ersten Versuch und dem zweiten verging mindestens ein Tag. Die VP waren

zum Großteil Bekannte oder Angehörige der Universität Tübingen. Die VP waren bezüglich des Inhaltes und der Intention der Versuche naiv.

### 2.3 Hardware/ Software

Die Experimente wurden an einem handelsüblichen Computer mit dem Betriebssystem Microsoft Windows XP Professional durchgeführt. Der Monitor war ein Samsung SyncMaster 931 BF (19“) mit einer Bildschirmauflösung von 1280 x 1024 Pixel.

Mit Hilfe des Softwareprogramms MATLAB® R2012a (©MathWorks, Version: 7.140.739) konnten die beiden unterschiedlichen Versuche generiert und ausgeführt werden. Beide Programme wurden von Dr. Gregor Hardiess zur Verfügung gestellt. Das Programm stellte die einzelnen Stimuli, die nacheinander in 60 Durchläufen präsentiert wurden, mit Hilfe der Psychtoolbox 3 (Toolbox-Erweiterung für MATLAB) dar. Beide Versuche waren im Aufbau und Ablauf gleich, der einzige Unterschied bestand nur in der Art der jeweiligen Stimuli bzw. des Symboltyps.

Insgesamt gab es 60 verschiedene Stimulus-Bilder, die nacheinander in MATLAB® eingelesen wurden. Die einzelnen Stimuli-Bilder wurden mit Hilfe von Adobe® Photoshop® 7.0.1 erzeugt. Anschließend wurden diese zu MATLAB®-kompatiblen Bildern, den sogenannten .mat-Dateien umcodiert, welche nun direkt in MATLAB® verarbeitet und abgerufen werden konnten. Damit die Bilder nicht direkt aufeinander folgten, erschien nach jedem Stimulus für drei Sekunden ein grauer Bildschirm. In dessen Mitte befand sich ein Fixationskreuz, welches fixiert werden sollte. Dadurch bot sich allen Versuchspersonen dieselbe Ausgangsposition und die Möglichkeit, nach jedem Durchgang, Augen und Aufmerksamkeit erneut zu fokussieren. Nach jeweils 20 Durchgängen bestand die Gelegenheit eine Pause einzulegen. Somit war der gesamte Versuch in 3 Blöcke eingeteilt.

Die gemessenen Zeiten wurden in MATLAB® dokumentiert. Zum einen wurde die Zeit gespeichert, die eine VP in einem (Stimulus-) Halbfeld verblieb bis die Maustaste gedrückt wurde um in das gegenüberliegende Halbfeld zu wechseln (Blickdauer). Zum anderen wurde die Gesamtanzahl der Wechsel zwischen den beiden Halbfeldern protokolliert (Blickwechsel).

## 2.4 Experimentalbedingungen

Für die jeweiligen Versuche wurden drei verschiedene Bedingungen festgelegt. Diese waren durch die einzelnen Stimuli definiert und lagen in randomisierten Reihenfolge vor. Durch die einzelnen Bedingungen wurden die Kosten für Memorierung und Akquisition variiert.

### 2.4.1 Klickverzögerungs-Delay

Das Wechseln von einem Halbfeld zum anderen wurde um drei festgesetzte Zeiten verzögert. Nach jedem Mausklick war der Stimulus während der Verzögerung grau abgedeckt (Abbildung 6c). Ein Drittel der Stimuli hatten keinen Delay, das nächste Drittel hatte einen Delay von 0,5 Sekunden und beim letzten Drittel wurde um eine Sekunde verzögert. Der Delay beeinflusste sowohl die Memorierungs- als auch die Akquisitionskosten.

### 2.4.2 Halbfeld-Abstand

Neben der Klickverzögerung wurde ein variabler Abstand zwischen den beiden Halbfeldern als weitere Bedingung eingeführt. Dieser variierte zwischen *groß* und *klein* (Abbildung 3). Die Anzahl an kleinen Abständen und großen Abständen war in beiden Versuchen identisch und gleich groß. Durch den variablen Abstand zwischen den Halbfeldern wurden die Kosten für die Blickwechsel beeinflusst (Akquisitionskosten). Dabei betrug der kleine Abstand 8° Sehwinkel (287 Pixel) und der große Abstand lag bei 24° Sehwinkel (887 Pixel).

### 2.4.3 Symboleigenschaft - Feature

Die jeweiligen Symbole der Stimulus-Bilder unterschieden sich hinsichtlich der Eigenschaften die zum Erkennen und Diskriminieren verarbeitet werden mussten. Hierbei kamen beim Symboltyp Farbe gefärbte Kreissymbole/Farbkreise und beim Symboltyp Objekt unterschiedliche Tiermotive zum Einsatz. Wie schon erwähnt, enthielten beide Arten von Stimulus-Bildern mindestens einen oder maximal zwei Fehler, die gefunden werden sollen.

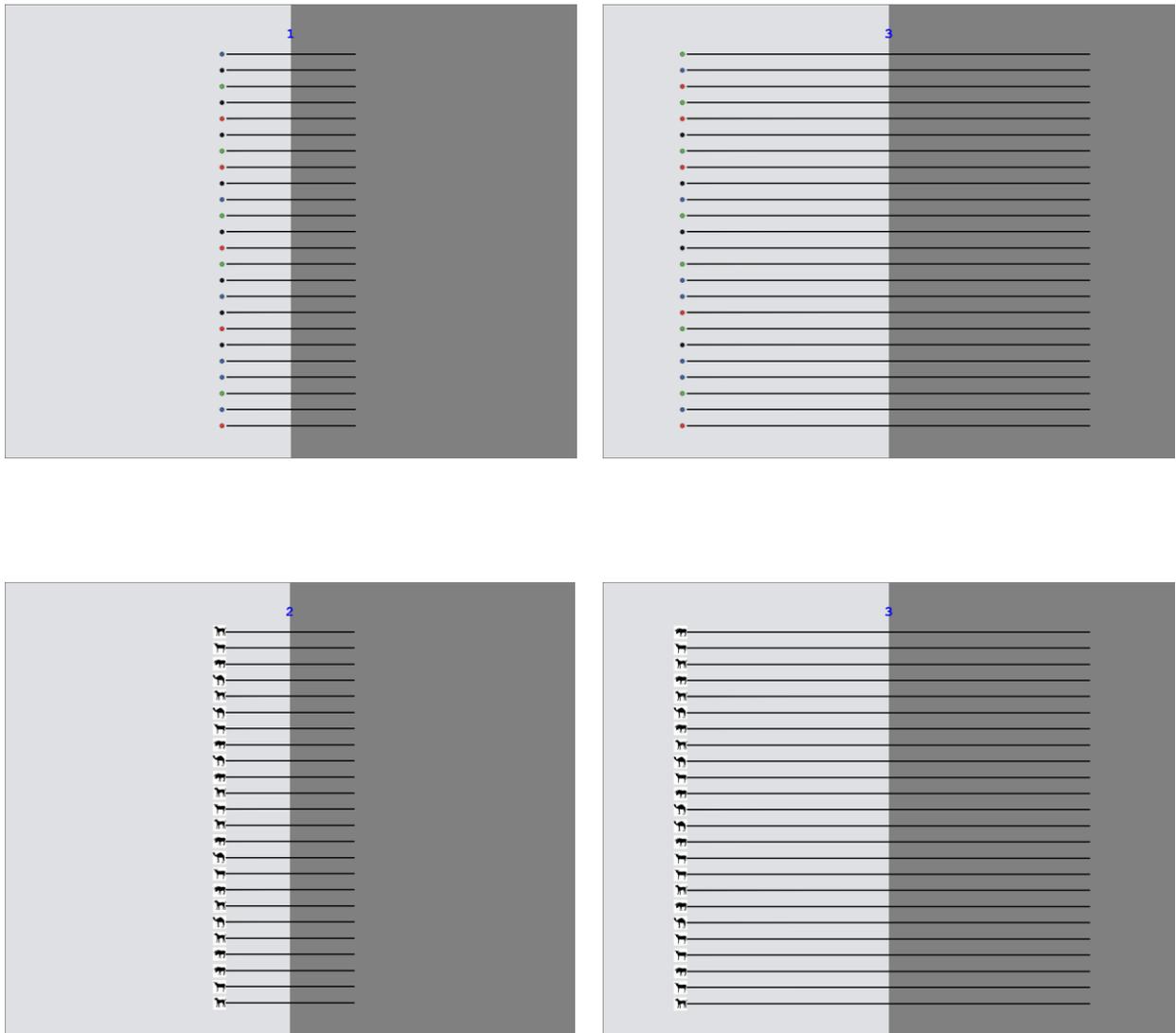


Abbildung 3.: Die obere Reihe zeigt Stimulus-Bilder des Symboltyps Farbe und die untere Reihe des Symboltyps Objekt. Die linke Spalte zeigt den kleinen Abstand zwischen den zu vergleichenden Symbolspalten (8°) und die rechte Spalte stellt den großen Abstand (24°) dar.

### Eigenschaft - Farbe

Abbildung 4 zeigt den ersten Durchlauf des Symboltyps Farbe mit kleinem Halbfeld-Abstand. Das linke Halbfeld ist mit den gefärbten Kreisen sichtbar, das Bild ist in der Mitte geteilt und das rechte Halbfeld ist dunkelgrau abgedeckt. Die vier unterschiedlichen Farben der Symbole sind in der Vergrößerung verdeutlicht, sie waren grün, rot, schwarz oder blau. Die Größe eines farbigen Kreises betrug  $0,3^\circ$  Sehwinkel (10 Pixel).

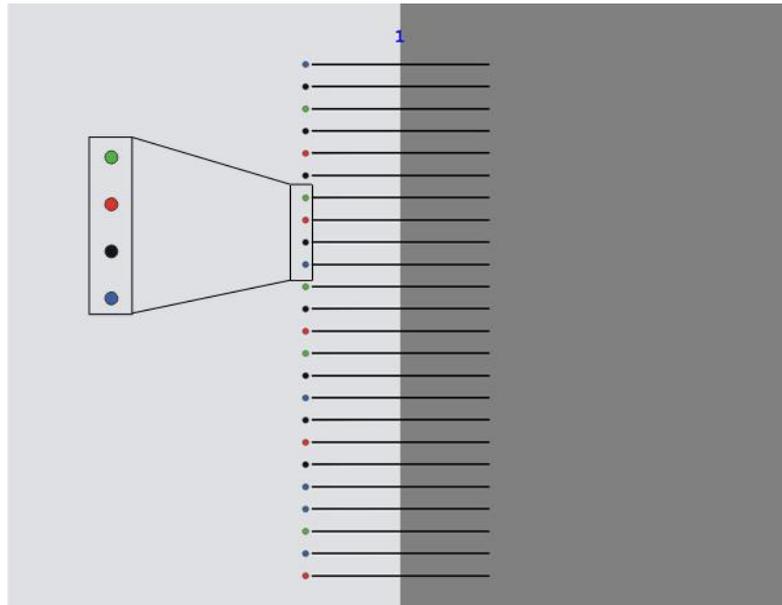


Abbildung 4.: Der erste Stimulus im Farben-Experiment. Das rechte Halbfeld ist abgedeckt und kann durch Klicken der linken Maustaste betrachtet werden. Die vier vergrößert dargestellten Kreise zeigen die unterschiedlichen Farben (Grün, Rot, Schwarz und Blau), die verwendet wurden.

### Eigenschaft - Objekt

Beim Symboltyp Objekt wurden unterschiedliche Tiermotive zum Vergleichen verwendet. Die Objekte waren alle gleich groß:  $0,9^\circ$  Sehwinkel (30 Pixel). Bei den unterschiedlichen Motiven handelte es sich um die Konturen von einem Elch, Kalb, Hund und Kamel, diese waren alle schwarz. In Abbildung 5 werden diese vergrößert dargestellt. Um keine eindeutigen unterschiedlichen Merkmale zu verwenden, wurden ausschließlich vierbeinige Tiere verwendet. Diese schauten alle nach links und wiesen lediglich verschiedene Kopf- und Rückenstrukturen auf. Durch den geringen Abstand zwischen den untereinander liegenden Symbolen, mussten die jeweiligen Bilder trotz ihrer kleinen Größe erkennbare Motive darstellen, sodass die Unterschiede wahrgenommen wurden. Die Ähnlichkeit der Bilder

wurde beabsichtigt um die Memorierungs- bzw. Prozessionskosten angemessen zu beeinflussen.

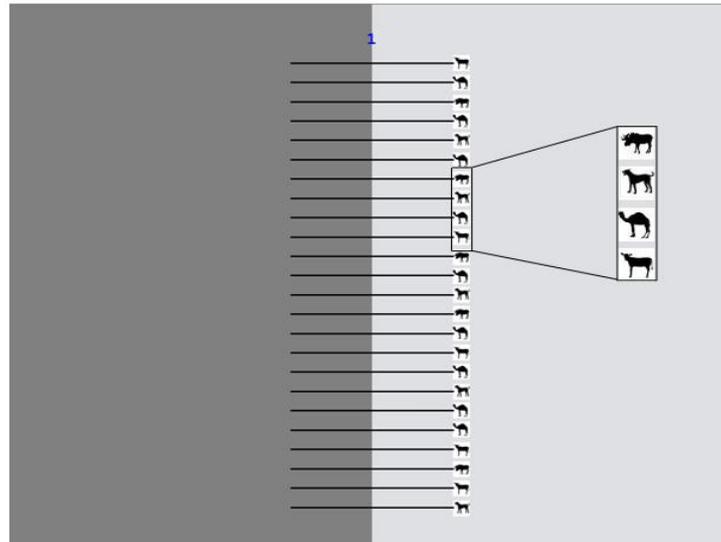


Abbildung 5.: Der erste Stimulus mit dem Symboltyp Objekt. Das linke Halbfeld ist abgedeckt und kann durch Klicken der rechten Maustaste betrachtet werden. Die Versuchsperson hatte somit schon einen Blickwechsel. Die vier unterschiedlichen Tiermotive (Elch, Hund, Kamel und das Kalb) sind vergrößert dargestellt.

## 2.5 Versuchsablauf

Zu Beginn des Versuches wurden die Stammdaten von dem jeweiligen VP aufgenommen. Dabei wurde Geschlecht, Alter und Symboltyp (Farbe oder Objekt) festgehalten. Die jeweiligen VP bekamen eine Versuchsanleitung (siehe Anhang 1), in welcher der Versuch sowie die Aufgabe für die VP beschrieben wurden. Zuerst nahmen die Teilnehmer an einem Vorversuch teil: dem sogenannten Corsi-Block-Tapping-Task. Dieser fand als eine etwas abgewandelte Form des ursprünglichen Corsi-Block-Tapping-Task statt (Corsi, 1972). Dabei wurde die jeweilige Arbeitsgedächtnisspanne jedes einzelnen Probanden ermittelt. Anschließend wurde der für diesen Tag vorgesehene Versuch absolviert. Der Symboltyp (Farbe und Objekte) wurden für jede VP in immer abwechselnder Reihenfolge durchgeführt.

Sobald die VP die Leertaste drückte, begann das eigentliche Experiment mit der Darstellung des ersten Stimulus-Bildes (Abbildung 6b). Vor jeder Aufgabe erschien in der Mitte des Monitors für 3 Sekunden ein Fixationskreuz (Abbildung 6a) welches angeschaut werden sollte. Die VP sollten nun die beiden Halbfelder so zügig und präzise wie möglich vergleichen

um die Anzahl der Fehler im Stimulus-Bild herausfinden. Den VP wurde gesagt, dass maximal zwei Fehler pro Stimulus-Bild enthalten sind. Deshalb konnten die VP nicht gleich nach dem ersten Fehler in den nächsten Durchgang übergehen, sondern mussten das gesamte Bild überprüfen. Jede VP nahm an beiden Symboltyp-Experimenten teil. Jedes Experiment bestand aus jeweils 60 Durchgängen (Stimulus-Bilder). Die Hälfte der Stimuli enthielt einen Fehler, die andere Hälfte zwei Fehler. Die Anzahl der Fehler wurde notiert, aber in den Ergebnissen nicht weiter berücksichtigt. Nach je 20 Durchgängen bestand die Möglichkeit, eine Pause einzulegen, bis alle Durchgänge absolviert wurden. Am Ende des Experiments wurde ein Fragebogen ausgefüllt, in welchem Schwierigkeit und Strategien aufgezeichnet wurden. Nachdem das Experiment mit einem der Symboltypen (Farbe oder Objekt) abgeschlossen wurde, nahm die VP ein oder zwei Tage später am Experiment mit dem jeweils anderen Symboltyp teil.

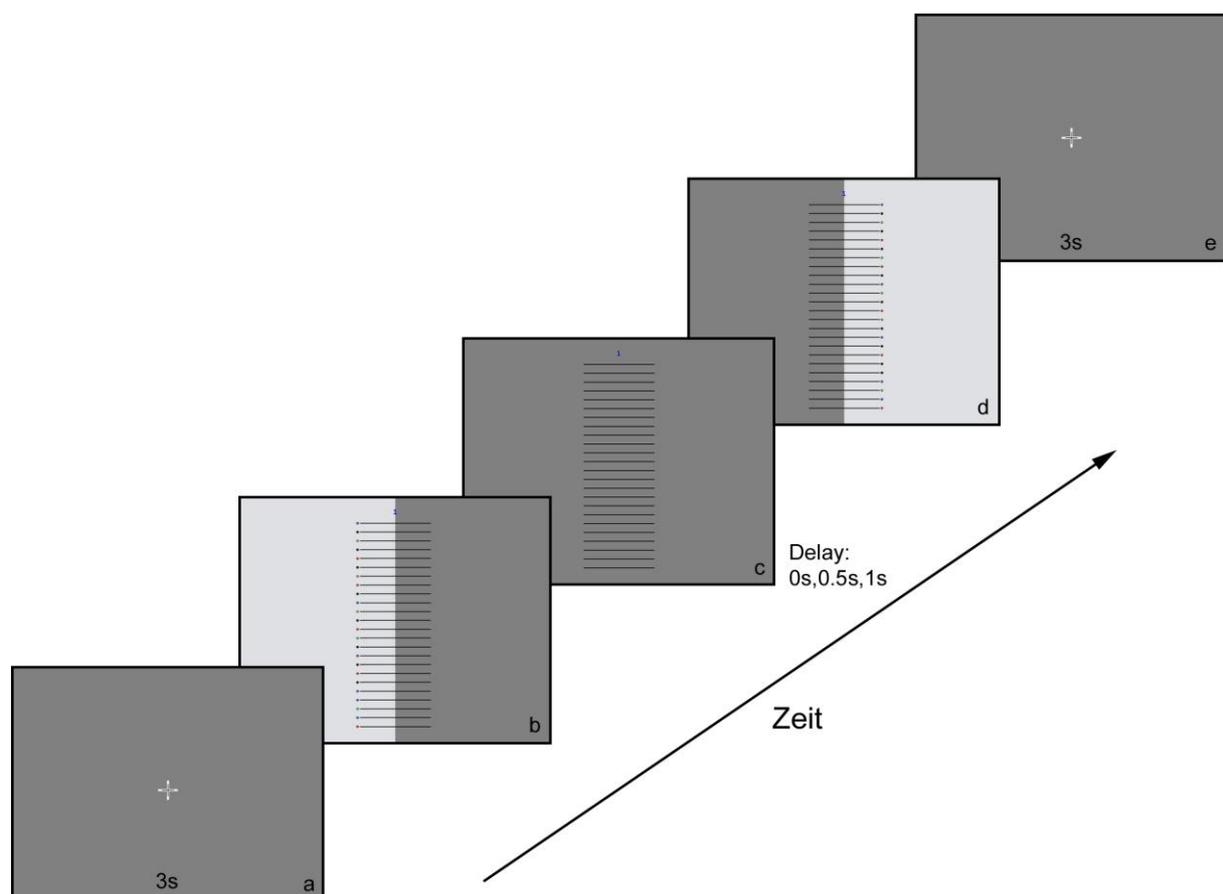


Abbildung 6.: Ablauf eines Durchgangs. a) das Fixationskreuz erschien für 3 Sekunden b) danach erschien das erste Stimulus-Bild. c) je nachdem welcher Delay eingeteilt war, verzögerte sich das Erscheinen des entgegengesetzten Halbbildes um 0s, 0.5 s oder um 1s. d) anschließend wurde das andere Halbbild sichtbar, sodass die Versuchsperson beide nun vergleichen konnte. e) nachdem der Proband die Anzahl der Fehler fand, drückte dieser die Leertaste, und der nächste Durchgang mit der Präsentation des Fixationskreuzes begann.

## 2.6 Datenanalyse

Die beiden zu messenden und auszuwertenden Datentypen (abhängige Variablen) waren: Anzahl der Blickwechsel zwischen beiden Halbfeldern (Blickwechsel) und die mittlere Zeit, die eine Versuchsperson pro Halbfeld verbracht hat (Blickdauer).

Die gemessenen Daten wurde mit Hilfe von MATLAB<sup>®</sup> je nach Bedingung in einer Excel Tabelle (©Microsoft) sortiert. Die Klickverzögerungs-Zeit der entsprechenden Delay-Bedingung wurde jeweils unter Berücksichtigung der Anzahl der Blickwechsel von der Bearbeitungszeit abgezogen. Die statistische Analyse der Effekte der Bedingungen auf die Variablen wurde mit dem Programm von IBM<sup>®</sup> SPSS<sup>®</sup> Statistics (Version 20) durchgeführt. Hierbei wurde eine 3-faktorielle ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt, bei welcher der Halbfeld-Abstand (2 Stufen), der Delay (3 Stufen) und der Symboltyp (2 Stufen) die unabhängigen Faktoren darstellen.

Die Arbeitsgedächtnisspanne (WM-Span) wurde mit Hilfe einer abgewandelten Form des Corsi-Block-Tapping Tasks (Corsi, 1972) gemessen. Dabei sollten die VP einige zuvor auf dem Bildschirm gezeigte Sequenzen korrekt reproduzieren. Unter Verwendung der folgenden Formel konnte somit der Wert für die Arbeitsgedächtnisspanne berechnet werden:

$$WM \text{ span} = (3 + \text{Anzahl korrekt reproduzierter Sequenzen})/3$$

### 3. Ergebnisse

Zuerst soll die Fehlerrate der Versuchspersonen (VP) beschrieben werden. Des Weiteren werden die beiden abhängigen Variablen Anzahl der Blickwechsel und Blickdauer aufgeführt, zusammen mit den Ergebnissen der beiden 3-faktoriellen ANOVAs mit Messwiederholung. Zunächst werden die Haupteffekte in Bezug auf die unabhängigen Variablen Halbfeld-Abstand (groß und klein), Delay (0s, 0.5s und 1s) und Symboltyp (Farbe und Objekt) beschrieben und anschließend die jeweiligen Interaktionen. Der letzte Teil beschreibt den *trade-off* zwischen den beiden abhängigen Variablen.

#### 3.1 Fehlerrate

Die Aufgabe der VP bestand darin nach jedem Versuchsdurchlauf die Anzahl der Unterschiede zwischen den beiden Halbfeldern zu nennen. Die mittlere Fehlerrate für den Symboltyp Farbe lag dabei bei 4,88%, bei dem Symboltyp Objekt bei 17,88%. In Abbildung 7 werden die Mittelwerte der Fehlerraten aller Messwiederholungen für die jeweiligen Bedingungen aufgeführt.

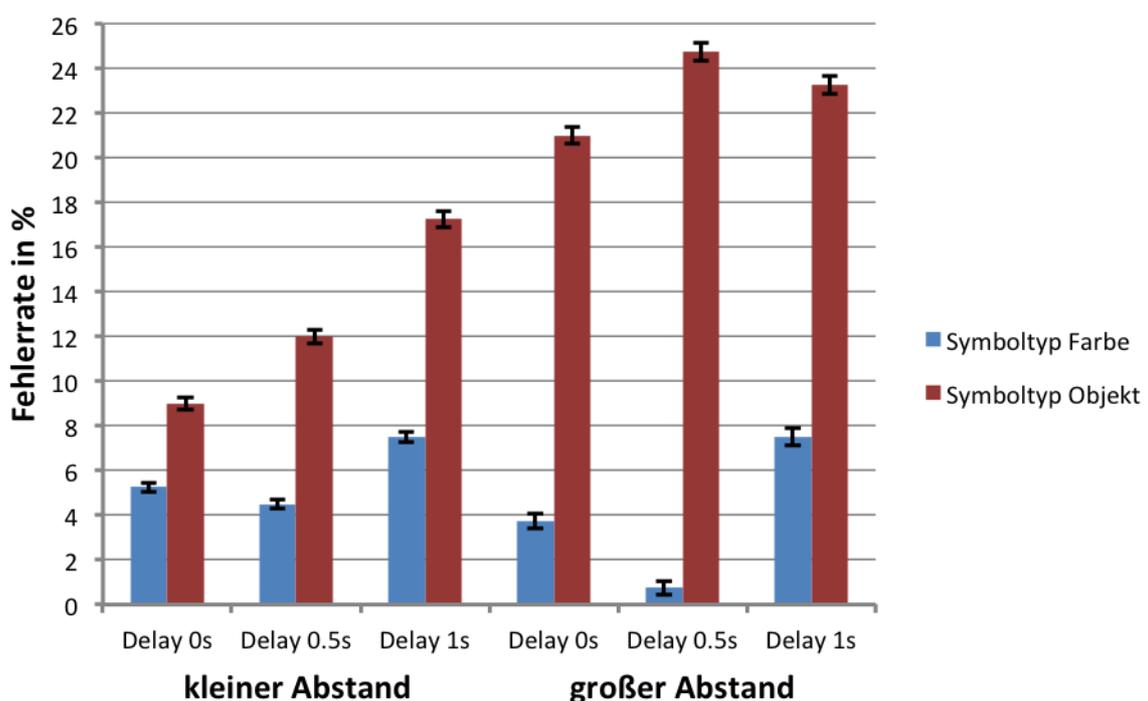


Abbildung 7.: Mittlere Fehlerrate (%) aller VP (n = 15) für die Bedingungen Symboltyp, Abstand und Delay. Die Fehlerbalken stellen die Standardabweichung dar.

### 3.2 Einfluss der Bedingungen auf die Anzahl der Blickwechsel

In Abbildung 8 sind die Mittelwerte der Anzahl der Blickwechsel aller VP für die beiden Experimente und die unterschiedlichen Delay- und Abstandsbedingungen dargestellt. Dabei zeigt jeder einzelne Balken den gemittelten Wert für alle VP ( $n=15$ ) in der jeweiligen Bedingung. Die verschiedenen Balkenfarben stellen die unterschiedlichen Symboltypen dar: Farben (rot) und Objekt (blau). Im linken Bereich des Diagramms werden der kleine Abstand und im rechten Bereich der große Abstand aufgeführt, wobei die jeweiligen Delay-Bedingungen unter jeder Säule angegeben sind. Im weiteren Verlauf wird jede einzelne Bedingung beschrieben.

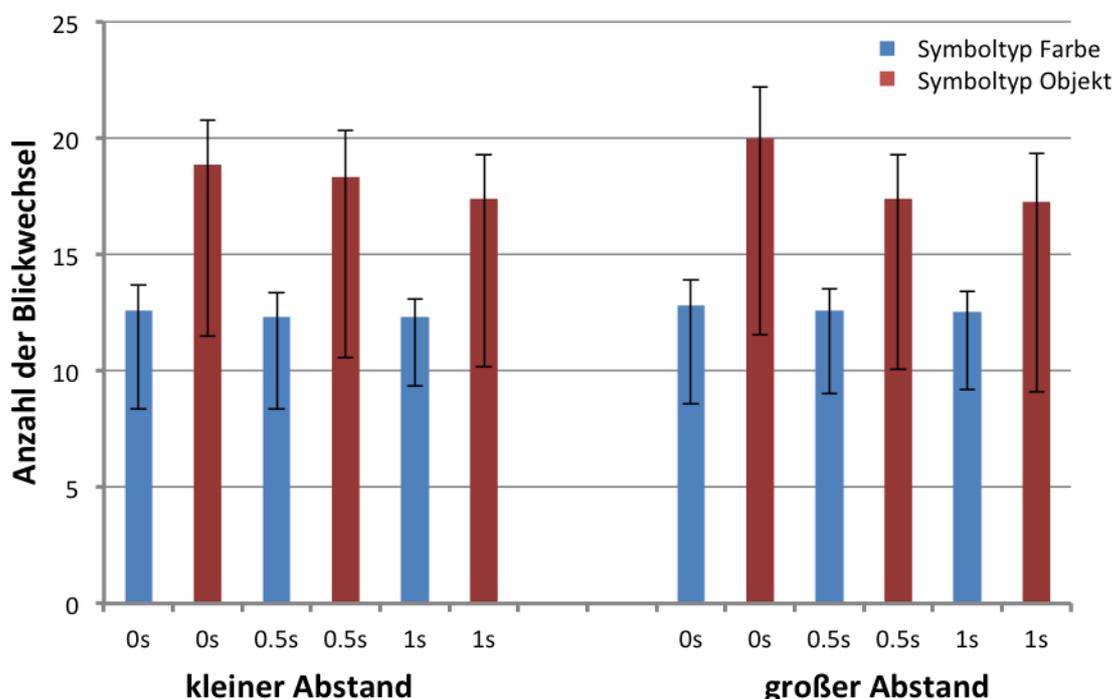


Abbildung 8: Mittelwerte aller Bedingungen über alle VP. Die unterschiedlichen Farben stellen die verschiedenen Symboltypen dar (blau = Farbe und rot = Objekt). Die Abbildung ist in zwei Hälften aufgeteilt: Die linke Seite zeigt die Anzahl der Blickwechsel bei kleinem Abstand und die rechte Seite jene bei großem Abstand. Die Delay-Bedingung ist unter jeder Säule angegeben (0s, 0.5s und 1s). Die positiven Fehlerbalken zeigen den Standardfehler und die negativen die Standardabweichung.

#### 3.2.1 Haupteffekte der 3-faktoriellen ANOVA

##### *Einfluss des Symboltyps auf die Anzahl der Blickwechsel*

Die unterschiedlichen Symboltypen beinhalteten jeweils 15 VP. Im Mittel benötigten diese für den Symboltyp Farbe 12,51 und für den Symboltyp Objekt 18,23 Blickwechsel (Abbildung 9). Der Mauchly-Test auf Sphärizität für den Faktor Symboltyp lieferte kein Ergebnis, da der

Faktor nur zwei Stufen besaß (in diesem Fall kann die Sphärizitätsannahme nicht getestet werden). Demnach musste auch keine Korrektur der Freiheitsgrade durchgeführt werden. Die 3-faktorielle ANOVA zeigte einen signifikanten Effekt des Symboltyps auf die Anzahl der Blickwechsel ( $F(1,14) = 21.486, p < 0.001$ ), die Effektstärke betrug  $\eta_p^2 = 0.605$ .

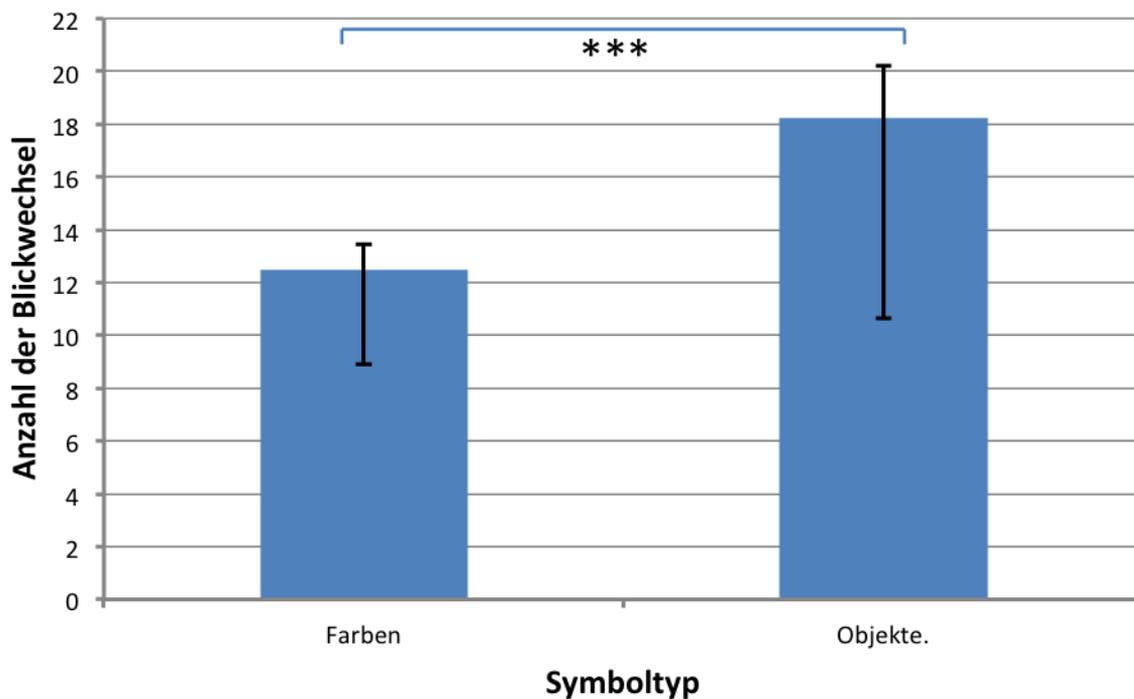


Abbildung 9: Mittelwerte für die unterschiedlichen Symboltypen in Bezug auf die Anzahl der Blickwechsel. Diese betragen für den Symboltyp Farbe 12.51 und für den Symboltyp Objekt 18.23. Der signifikante Unterschied zwischen beiden Bedingungen wird über den Balken dargestellt (\*\* $p < 0.001$ ). Der positive Fehlerbalken beschreibt den Standardfehler und der negative Fehlerbalken die Standardabweichung.

### *Einfluss des Delays auf die Anzahl der Blickwechsel*

Der Delay wurde für beide Symboltypen im gleichen Maß variiert und zusammengeführt. Jeder Delay umfasst somit alle VP ( $n=30$ ). Der Mittelwert für den Delay 0s liegt bei 16.10, für den Delay 0.5s bei 15.24 und für den 1s Delay beträgt der Mittelwert 14.9 Blickwechsel (Abbildung 10). Der Mauchly-Test auf Sphärizität war signifikant (der Delay enthält drei Faktorstufen) somit war die Sphärizitätsannahme verletzt, d.h. die Varianzen der Differenzen zwischen jeweils zwei Faktorstufen waren nicht homogen. Deshalb wurde das Korrekturverfahren *Greenhouse-Geisser* verwendet. Durch die 3-faktorielle ANOVA konnte ein signifikanter Einfluss des Delays auf die Anzahl der Blickwechsel gezeigt werden ( $F(2,28) = 8.474, p < 0.01$ ). Dabei ergab sich eine Effektstärke von  $\eta_p^2 = 0.377$ .

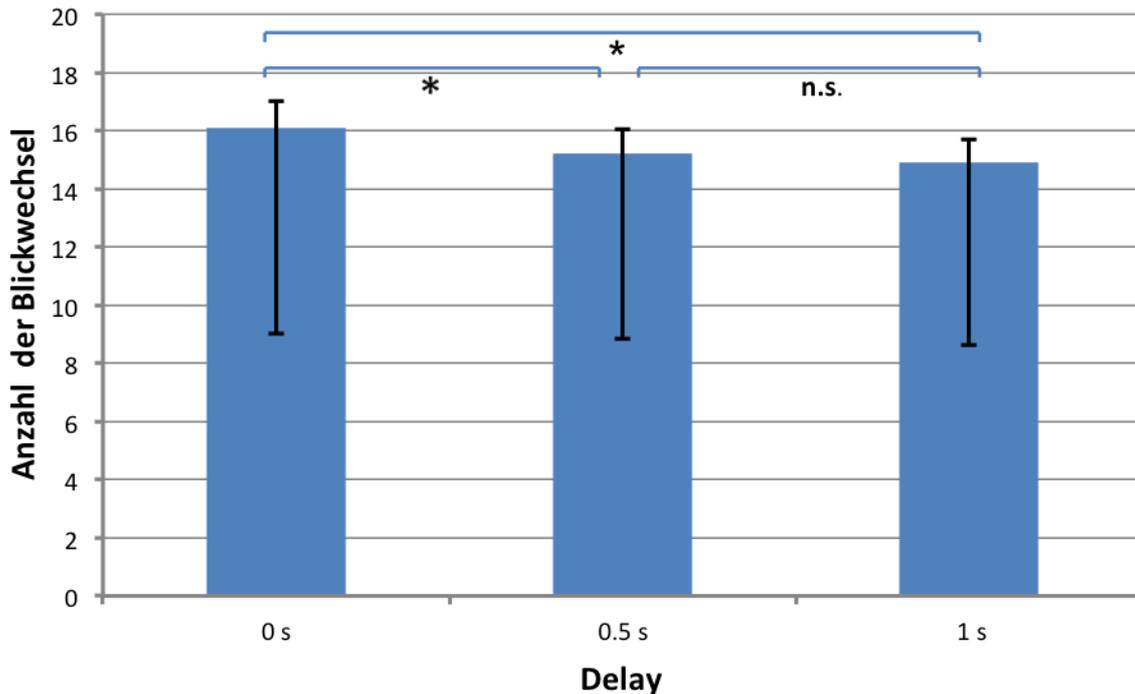


Abbildung 10.: Mittelwerte der Anzahl der Blickwechsel in Abhängigkeit des Delays. Im Mittel beträgt die Anzahl der Blickwechsel beim Delay 0s 16.11, beim Delay 0.5s 15.24 und beim Delay 1s 14.9. Der signifikante Unterschied wird für die verschiedenen Delay-Bedingungen für die jeweilige Kombination über den Balken dargestellt (\* $p < 0.5$ , n.s. nicht signifikant). Der positive Fehlerbalken führt den Standardfehler und der negative Fehlerbalken die Standardabweichung auf.

### *Einfluss des Abstandes auf die Anzahl der Blickwechsel*

In Abbildung 11 sind die Mittelwerte für den Einfluss des Abstandes auf die Anzahl der Blickwechsel aufgeführt. Die Bedingung des Abstandes schließt alle VP ( $n = 30$ ) ein. Die Mittelwerte zwischen beiden Faktorstufen unterschieden sich nicht wesentlich, dabei betrug die Anzahl der Blickwechsel bei dem kleinen Abstand 15.36 und bei dem großen Abstand 15.46. Der Mauchly-Test auf Sphärizität wies kein Ergebnis auf, da der Abstand nur zwei Faktorstufen enthielt. Die 3-faktorielle ANOVA zeigte keinen signifikanten Unterschied auf die Anzahl der Blickwechsel ( $F(1,14) = 0.191$ ,  $p = 0.669$ ) und die Effektstärke ergab  $\eta_p^2 = 0.013$ .

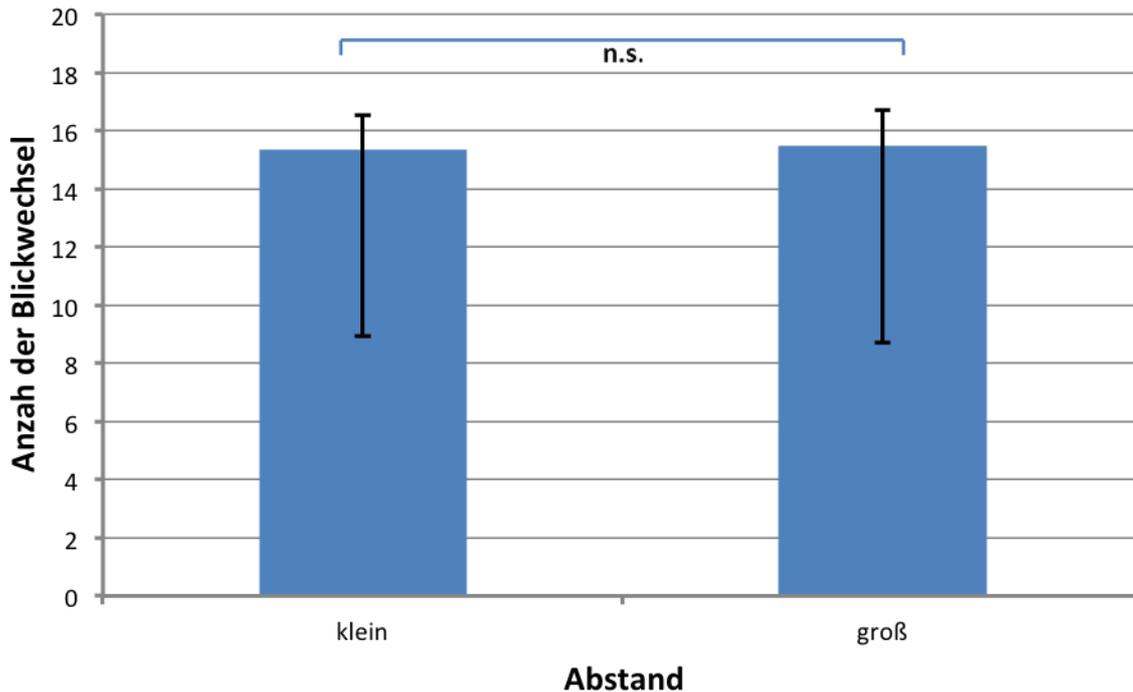


Abbildung 11.: Mittelwerte der Anzahl der Blickwechsel, bezogen auf die unterschiedlichen Abstandsbedingungen. Dabei betragen die Blickwechsel im Mittel bei kleinem Abstand 15.36 und bei großem Abstand 15.46. Der nicht signifikante Unterschied wird für die verschiedenen Abstands-Bedingungen über dem Balken dargestellt (n.s. nicht signifikant). Der positive Fehlerbalken stellt den Standardfehler und der negative Fehlerbalken die Standardabweichung dar.

### 3.2.2 Interaktionen

#### *Interaktion zwischen Abstand und Delay*

Die Mittelwerte für die Anzahl der Blickwechsel werden gegen die Delay- und Abstandsbedingungen aufgetragen (Abbildung 12). Im Mittel betrug die Anzahl der Blickwechsel für den kleinen Abstand, beim Delay 0s 15.73, beim Delay 0.5s 15.33 und beim Delay 1s 14.87 und für den großen Abstand, beim Delay 0s 16.4, beim Delay 0.5s 15.0 und beim Delay 1s 14.9. Dabei zeigte der Mauchly-Test keinen signifikanten Einfluss, somit wurde die Sphärizitätsannahme nicht verletzt und es musste kein Korrekturverfahren durchgeführt werden. Die ANOVA wies einen signifikanten Einfluss zwischen dem Abstand und dem Delay auf ( $F(2,28) = 3.564$ ,  $p < 0.05$ ) und eine Effektstärke von  $\eta_p^2 = 0.203$ .

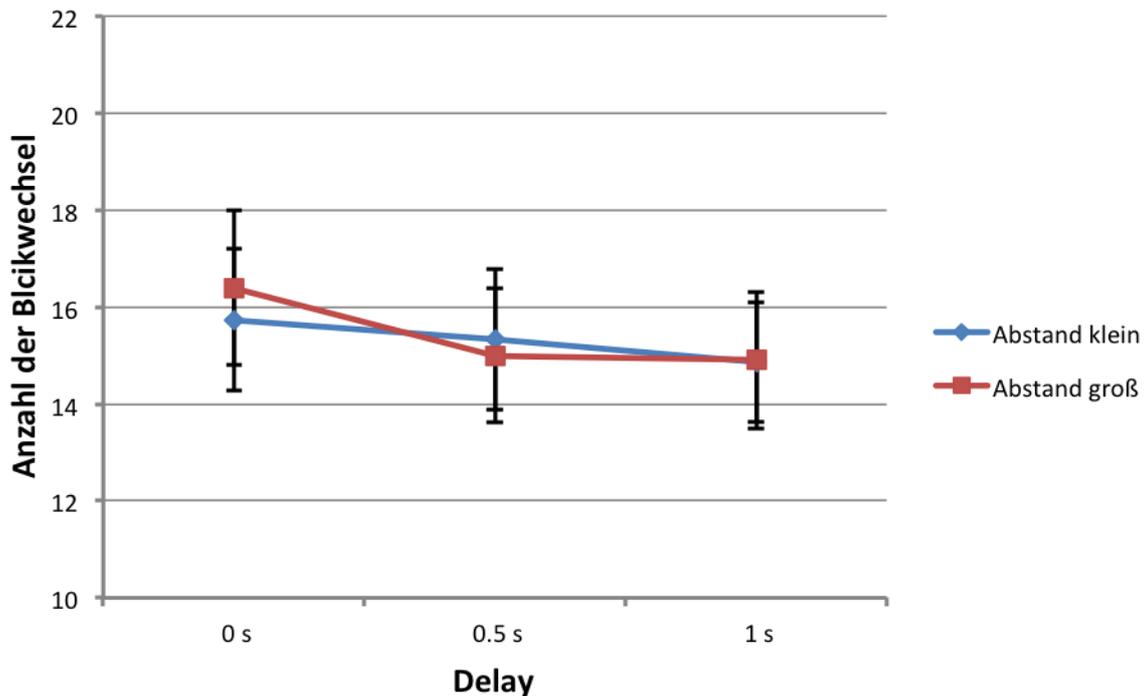


Abbildung 12.: Interaktion zwischen Abstand und Delay hinsichtlich der Anzahl der Blickwechsel. Es werden die Mittelwerte für die Anzahl der Blickwechsel für die jeweiligen Bedingungen gezeigt. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar.

### *Interaktion zwischen Abstand und Symboltyp*

In Abbildung 13 werden die Mittelwerte der Anzahl der Blickwechsel für die Interaktion zwischen Abstand und Symboltyp erläutert. Diese betragen für das Farben-Experiment bei kleinem Abstand 12.42 und für den großen Abstand 12.64 und für das Objekt-Experiment bei kleinem Abstand 18.2 und für den großen Abstand 18.22. Da es sich hier ebenfalls um jeweils zwei Faktorstufen handelte, ergab der Mauchly-Test auf Sphärizität kein Ergebnis. Es musste kein Korrekturverfahren durchgeführt werden. Durch die 3-faktorielle ANOVA stellte sich heraus, dass die Interaktion zwischen Abstand und Symboltyp keinen signifikanten Unterschied bezogen auf die Anzahl der Blickwechsel zeigte ( $F(1,14) = 0.214$ ,  $p = 0.669$ ). Die Effektstärke betrug  $\eta_p^2 = 0.017$ .

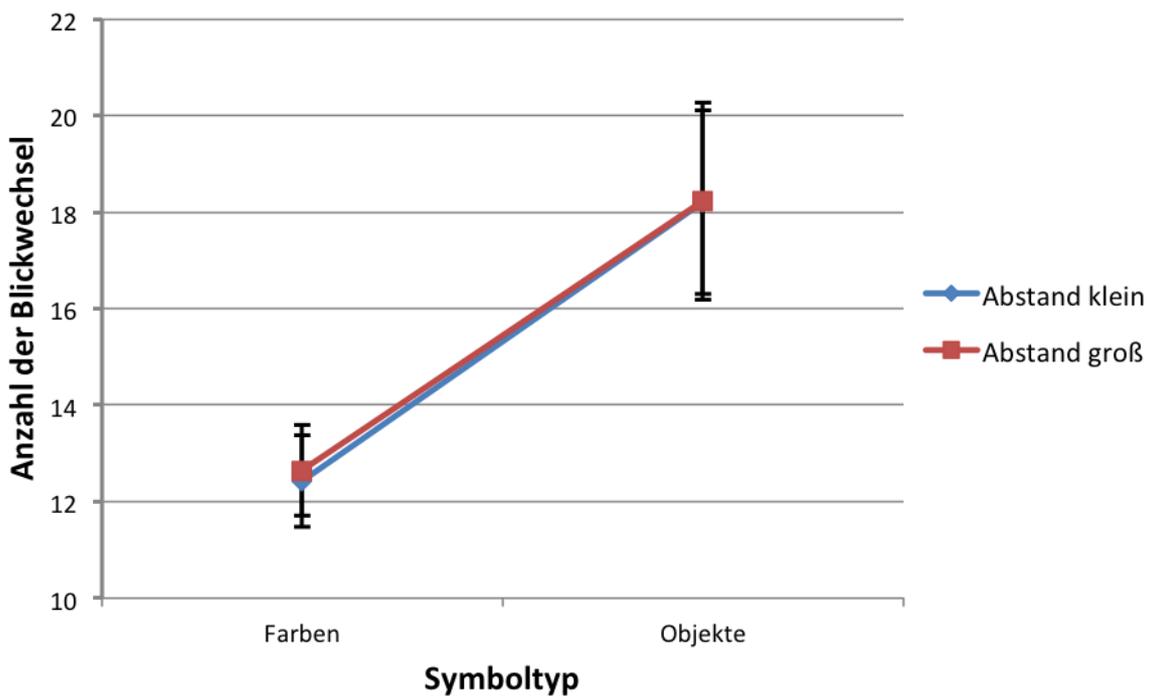


Abbildung 13.: Interaktionen zwischen Abstand und Symboltyp bezüglich der Anzahl der Blickwechsel. Es werden die Mittelwerte für die Anzahl der Blickwechsel der jeweiligen Bedingungen gezeigt. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar.

#### *Interaktion zwischen Delay und Symboltyp*

Abbildung 14 weist die Mittelwerte für die Interaktion zwischen Delay und Symboltyp in Bezug auf die Anzahl der Blickwechsel auf. Bei der Interaktion des Delays und des Symboltyps konnte ein signifikanter Effekt auf die Anzahl der Blickwechsel festgestellt werden. Wegen des signifikanten Mauchly-Test auf Sphärizität wurde das *Greenhouse-Geisser* Korrekturverfahren angewandt ( $F(2,28) = 4.244, p < 0.05$ ). Die Effektstärke betrug  $\eta_p^2 = 0.233$ .

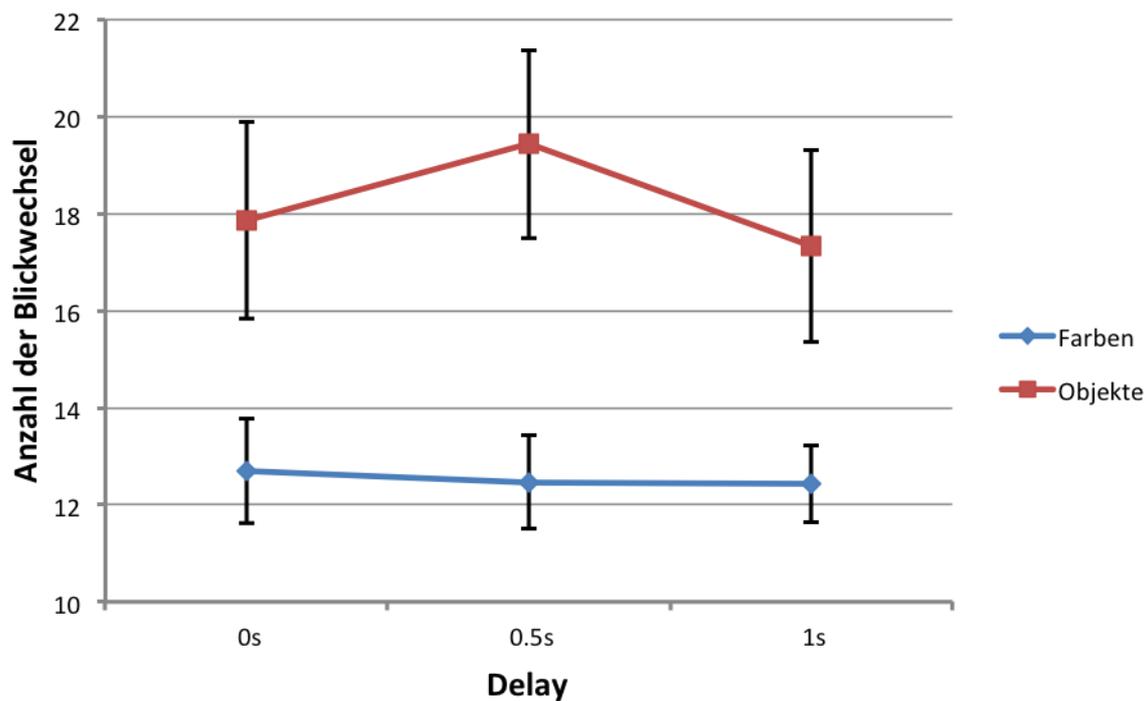


Abbildung 14.: Interaktion zwischen Delay und Symboltyp hinsichtlich der Anzahl der Blickwechsel. Es werden die Mittelwerte der Anzahl der Blickwechsel für die jeweiligen Bedingungen gezeigt. Die Fehlerbalken stellen die Standardfehler dar.

### 3.3 Einfluss der Bedingung auf die Blickdauer

Abbildung 15 spiegelt die Mittelwerte der Blickdauer der jeweiligen Konditionen wider. Dabei weisen die unterschiedlichen Farben der Balken auf die unterschiedlichen Symboltypen hin (blau: Farbe und rot: Objekt). Alle 12 Balken stellen den Mittelwert für die Blickdauer sämtlicher VP ( $n=15$ ) dar. Die Konditionen der Abstandsbedingungen sind in zwei Hälften aufgeteilt, links: kleiner Abstand und rechts: großer Abstand. Unter jedem Balken ist die dazugehörige Delay-Bedingung aufgeführt. Im weiteren Verlauf wird jede einzelne Kondition dargestellt.

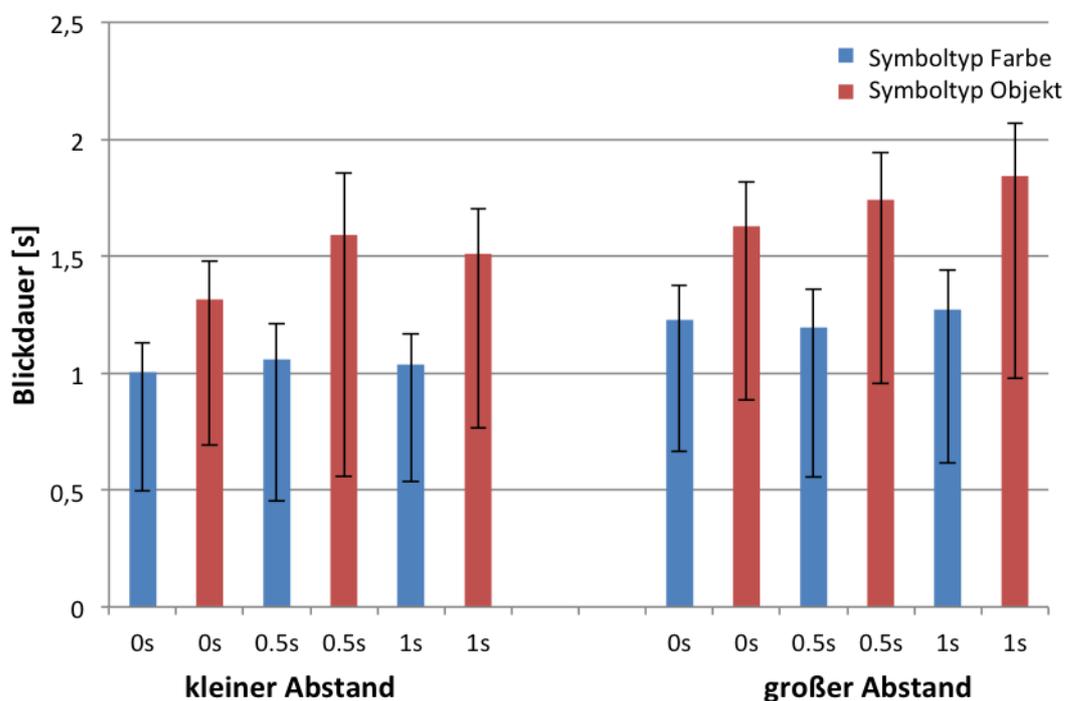


Abbildung 15.: Mittelwerte der Blickdauer aller Bedingungen aller VP. Die unterschiedlichen Farben stellen den jeweiligen Symboltyp dar (blau = Farbe und rot = Objekt). Die linke Diagramm-Seite zeigt die Blickdauer mit kleinem Abstand und die rechte Seite jene mit großem Abstand. Die Delay-Bedingung ist unter jeder Säule zu sehen (0s, 0.5s und 1s). Der positive Fehlerbalken zeigt den Standardfehler und der negative Fehlerbalken die Standardabweichung.

### 3.3.1 Haupteffekte der 3-faktoriellen ANOVA

#### *Einfluss des Symboltyps auf die Blickdauer*

In Abbildung 16 sind beide Symboltypen in Bezug auf die Blickdauer aufgeführt. Beide Symboltypen schließen jeweils 15 VP ein. Im Mittel benötigten diese für die Blickdauer bei dem Symboltyp Farbe 1.13s und bei dem Symboltyp Objekt 1.6s. Der Mauchly-Test auf Sphärizität für den Faktor Symboltyp lieferte kein Ergebnis, da dieser nur zwei Stufen besitzt und in diesem Fall wird die Sphärizitätsannahme nie verletzt. Demnach musste auch keine Korrektur der Freiheitsgrade durchgeführt werden. Die 3-faktorielle ANOVA zeigt einen signifikanten Effekt auf die Blickdauer hinsichtlich der Symboltyp-Eigenschaft ( $F(1,14) = 7,551, p < 0.05$ ), die Effektstärke betrug  $\eta_p^2 = 0.35$ .

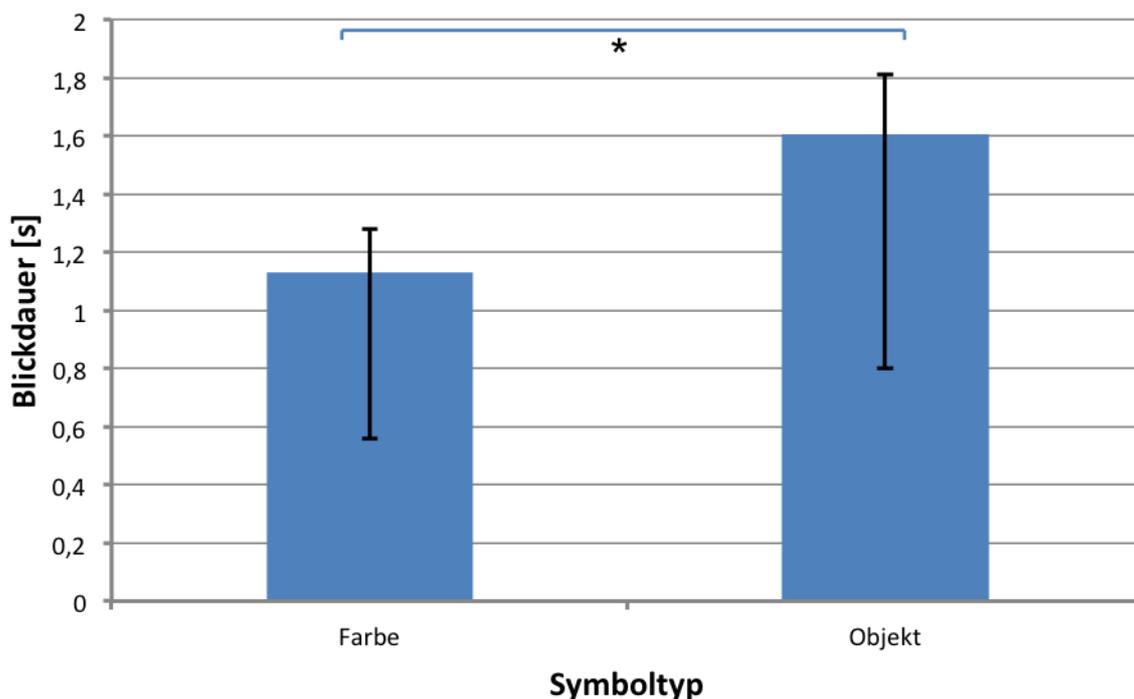


Abbildung 16.: Mittelwerte der Blickdauer der unterschiedlichen Symboltypen. Diese betragen für das den Symboltyp Farbe 1.13s und für den Symboltyp Objekt 1.6s. Der signifikante Unterschied zwischen den verschiedenen Symboltyp-Bedingungen wird über dem Balken dargestellt ( $*p < 0.5$ ). Der positive Fehlerbalken stellt den Standardfehler und der negative Fehlerbalken die Standardabweichung dar.

### *Einfluss des Delays auf die Blickdauer*

Die Mittelwerte der Blickdauer bei unterschiedlichem Delay sind in Abbildung 17 zu sehen. Im Mittel beträgt die Blickdauer beim Delay 0s 1.26s, beim Delay 0.5s 1.35s und beim Delay 1s 1.41s. Der Mauchly-Test zeigte keinen signifikanten Einfluss, somit wurde die Sphärizitätsannahme nicht verletzt und es musste kein Korrekturverfahren durchgeführt werden. Die ANOVA wies einen signifikanten Einfluss des Delays auf die Blickdauer auf ( $F(2,28) = 6.04$ ,  $p < 0.01$ ) und eine Effektstärke von  $\eta_p^2 = 0.301$ .

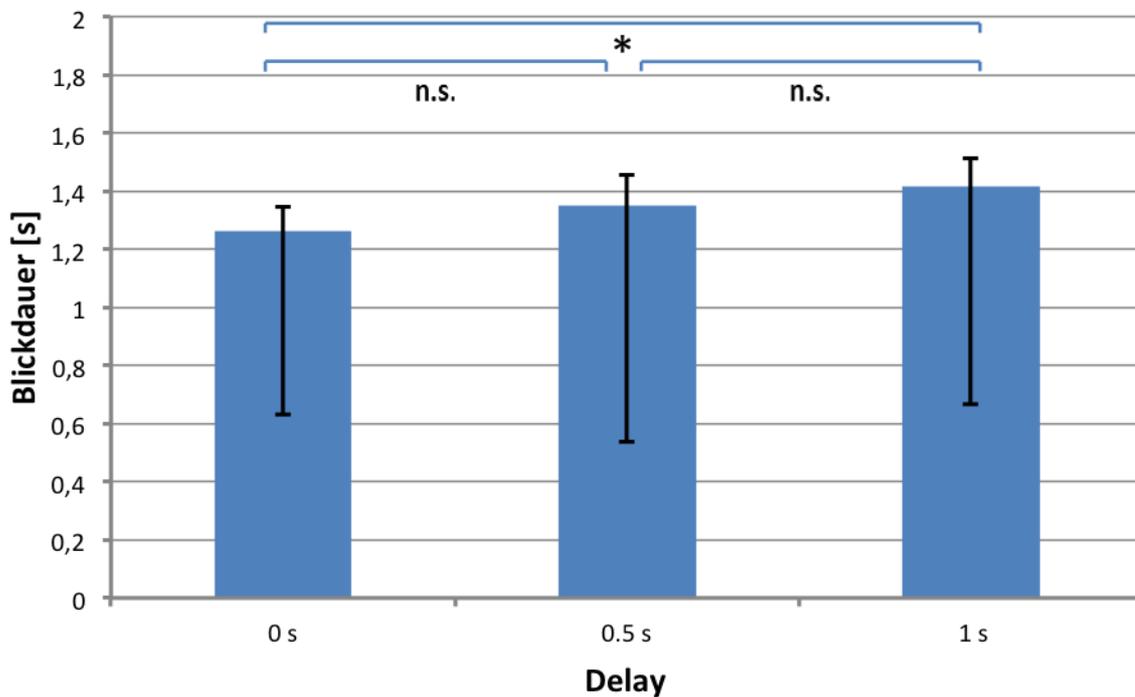


Abbildung 17.: Mittelwerte der Blickdauer für den Einfluss des Delays. Im Mittel beträgt die Blickdauer beim Delay 0s 1.26s, beim Delay 0.5s 1.35s und beim Delay 1s 1.41s. Der signifikante Unterschied wird für die verschiedenen Delay-Bedingungen für die jeweilige Kombination über den Balken dargestellt (\* $p < 0.5$ , n.s. nicht signifikant). Der positive Fehlerbalken führt den Standardfehler und der negative Fehlerbalken die Standardabweichung auf.

### *Einfluss des Abstands auf die Blickdauer*

In Abbildung 18 sind die Mittelwerte der Blickdauer bezüglich der verschiedenen Abstandsbedingungen aufgeführt. Jede Abstandsbedingung umfasst alle VP (n=30). Der Mittelwert für den kleinen Abstand beträgt 1.13s und für den großen Abstand 1.6s. Der Mauchly-Test auf Sphärizität zeigte kein Ergebnis, da die Abstandsbedingung nur zwei Faktorstufen besitzt, somit musste kein Korrekturverfahren durchgeführt werden. Durch die 3-faktorielle ANOVA konnte ein signifikanter Einfluss des Abstandes auf die Blickdauer gezeigt werden ( $F(1,14) = 28.767$ ,  $p < 0.001$ ), dabei ergab sich eine Effektstärke von  $\eta_p^2 = 0.673$ .

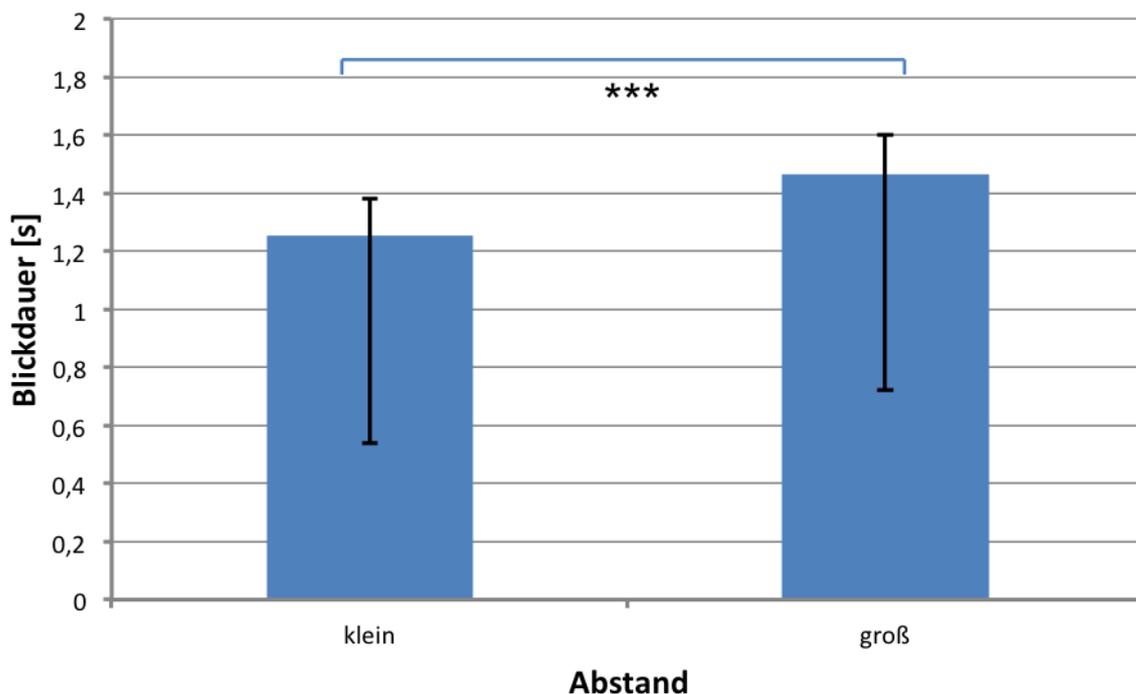


Abbildung 18.: Mittelwerte der Blickdauer bei unterschiedlichen Abstandsbedingungen. Dabei beträgt die Blickdauer im Mittel bei kleinem Abstand 1,13s und bei großem Abstand 1,6s. Der signifikante Unterschied für die verschiedenen Abstands-Bedingungen wird über dem Balken dargestellt (\* $p < 0.001$ ). Der positive Fehlerbalken stellt den Standardfehler und der negative Fehlerbalken die Standardabweichung dar.

### 3.3.2 Interaktionen

#### Interaktionen zwischen Abstand und Delay

Die Mittelwerte der Blickdauer in Hinsicht auf die Interaktion zwischen Abstand und Delay sind Abbildung 19 zu entnehmen. Diese betragen für den kleinen Abstand beim Delay 0s 1.16s, beim Delay 0.5s 1.32s und für den Delay 1s 1.27s und für den großen Abstand beim Delay 0s 1.37s, beim Delay 0.5s 1.47s und für den Delay 1s 1.56s. Da der Mauchly-Test auf Sphärizität nicht signifikant war, musste kein Korrekturverfahren durchgeführt werden. Die ANOVA zeigte keinen signifikanten Einfluss der Interaktion zwischen Abstand und Delay ( $F(2,28) = 2.485$ ,  $p = 0.101$ ), dabei ergab sich eine Effektstärke von  $\eta_p^2 = 0.151$ .

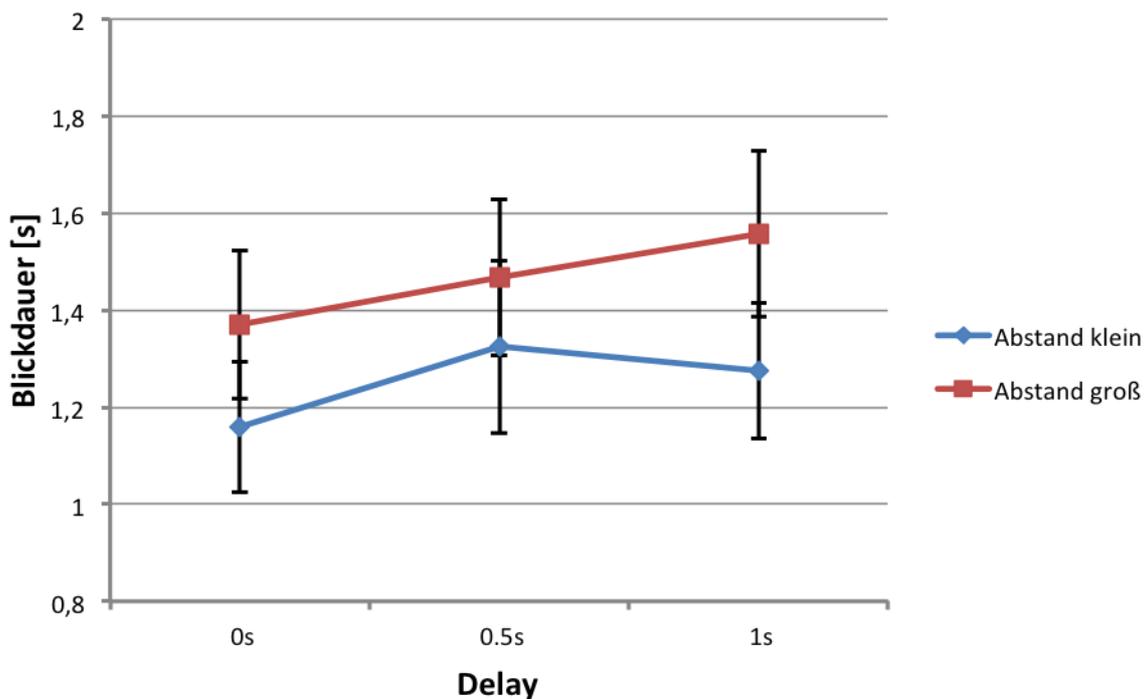


Abbildung 19.: Interaktionen zwischen Abstand und Delay hinsichtlich der Blickdauer. Es werden die Mittelwerte der Blickdauer für die jeweiligen Bedingungen gezeigt. Der positive Fehlerbalken stellt den Standardfehler und die negative Fehlerbalken die Standardabweichung dar.

### Interaktionen zwischen Abstand und Symboltyp

Abbildung 20 zeigt die Mittelwerte der Blickdauer für die Interaktion zwischen Abstand und Symboltyp. Diese betragen für den Symboltyp Farbe bei kleinem Abstand 1.03s und bei großem Abstand 1.22s und für den Symboltyp Objekt bei kleinem Abstand 1.47s und bei großem Abstand 1.71s. Da es sich hier um jeweils zwei Faktorstufen handelt, ergab der Mauchly-Test kein Ergebnis. Es musste kein Korrekturverfahren durchgeführt werden. Durch die 3-faktorielle ANOVA stellt sich heraus, dass die Interaktion zwischen Abstand und Symboltyp keinen signifikanten Einfluss auf die Blickdauer zeigte ( $(F(1,14) = 0.883, p = 0.363)$ ). Die Effektstärke betrug  $\eta_p^2 = 0.059$ .

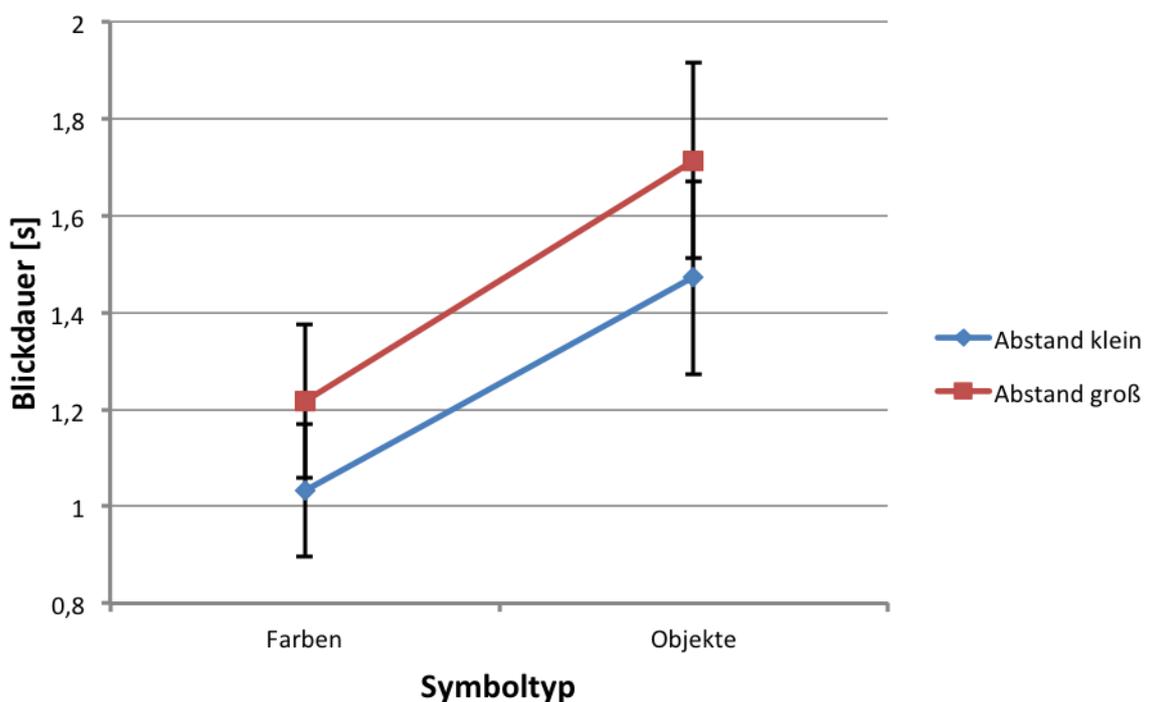


Abbildung 20.: Interaktionen zwischen Abstand und Symboltyp bezüglich der Blickdauer. Es werden die Mittelwerte der Blickdauer für die jeweiligen Bedingungen gezeigt. Die positiven Fehlerbalken stellen den Standardfehler und die negativen Fehlerbalken die Standardabweichung dar.

### Interaktionen zwischen Delay und Symboltyp

In Abbildung 21 werden die Mittelwerte der Blickdauer für die Interaktion zwischen Delay und Symboltyp aufgetragen. Im Mittel betrug die Blickdauer für den Delay 0s im Farben-Experiment 1.09s und für das Objekt-Experiment 1.44s. Bei dem Delay 0.5s lag der Durchschnitt beim Farben-Experiment 1.13s und beim Objekt-Experiment 1.67s. Der Mittelwert für den Delay 1s ergab im Farben-Experiment 1.16s und im Objekt-Experiment 1.68s. Der Mauchly-Test auf Sphärizität hatte keinen signifikanten Einfluss, somit musste kein Korrekturverfahren durchgeführt werden. Die 3-faktorielle ANOVA zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Interaktion zwischen Delay und Symboltyp-Eigenschaft ( $F(2,28) = 3.045$ ,  $p = 0.064$ ), dabei ergab sich eine Effektstärke von  $\eta_p^2 = 0.179$ .

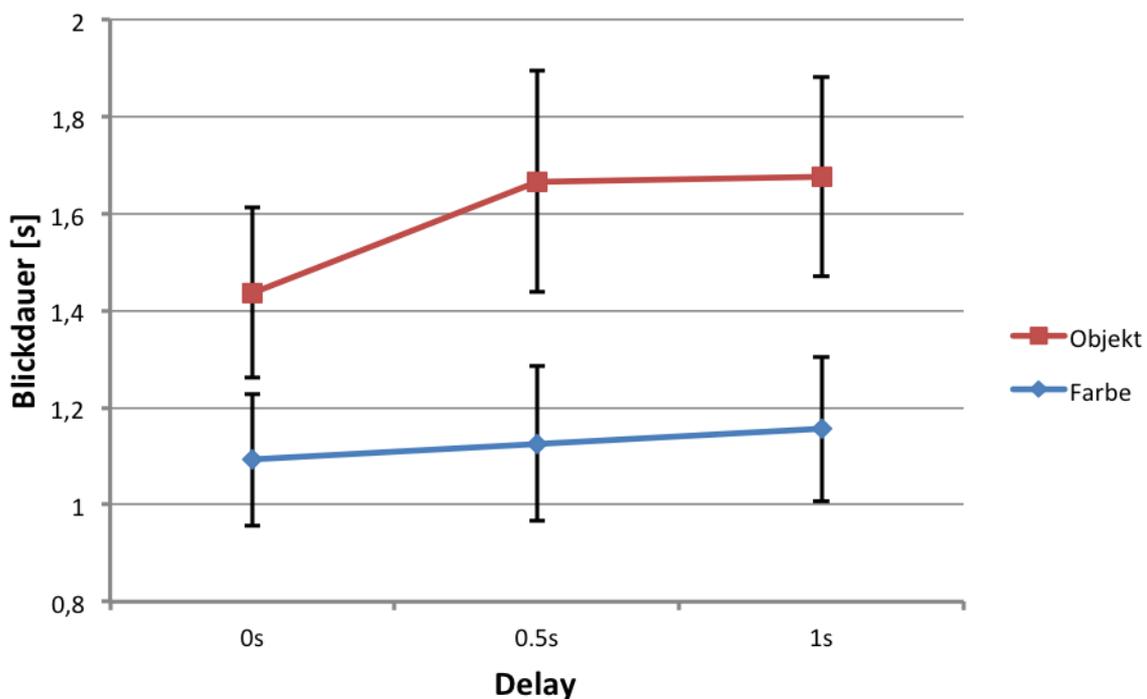


Abbildung 21.: Interaktionen zwischen Delay und Symboltyp hinsichtlich der Blickdauer. Es werden die Mittelwerte der Blickdauer für die jeweiligen Bedingungen gezeigt. Die positiven Fehlerbalken stellen den Standardfehler und die negativen Fehlerbalken die Standardabweichung dar.

### 3.4 Korrelation zwischen AG-Spanne und abhängige Variable

Nachdem die VP den Corsi-Task durchgeführt hatten, wurde die AG-Spanne ermittelt. Diese wurde mit den verschiedenen Bedingungen korreliert.

#### *Blickwechsel*

Der Mittelwert des Bestimmtheitsmaßes ( $R^2$ ) betrug für die AG-Spanne und den Blickwechsel  $R^2 = 0.139$ . Von einem linearem Zusammenhang spricht man, wenn  $R^2 = 1$  ist. Bei  $R^2 = 0$  besteht kein linearer Zusammenhang. Deshalb war in diesem Fall zwischen der AG-Spanne und dem Blickwechsel kein linearer Zusammenhang anzunehmen.

#### *Blickdauer*

Das Bestimmtheitsmaß umfasst im Mittel für die AG-Spanne und die Blickdauer  $R^2 = 0.137$ . Auch für dieses Maß war kein linearer Zusammenhang zu finden.

### 3.5 Trade-off zwischen Blickdauer und Blickwechsel

In Abbildung 22 werden die Mittelwerte aller VP aller Bedingungen (Symboltyp, Abstand und Delay) aufgeführt. Die verschiedenen Farben der Kreise beschreiben die unterschiedlichen Symboltypen. Der rote Kreis weist auf den Symboltyp Farbe hin und der blaue Kreis den Symboltyp Objekt. Es wird die Blickdauer gegen die Anzahl der Blickwechsel aufgetragen. Die horizontalen Fehlerbalken zeigen den Standardfehler des Blickwechsels und die vertikalen Fehlerbalken den Standardfehler der Blickdauer.

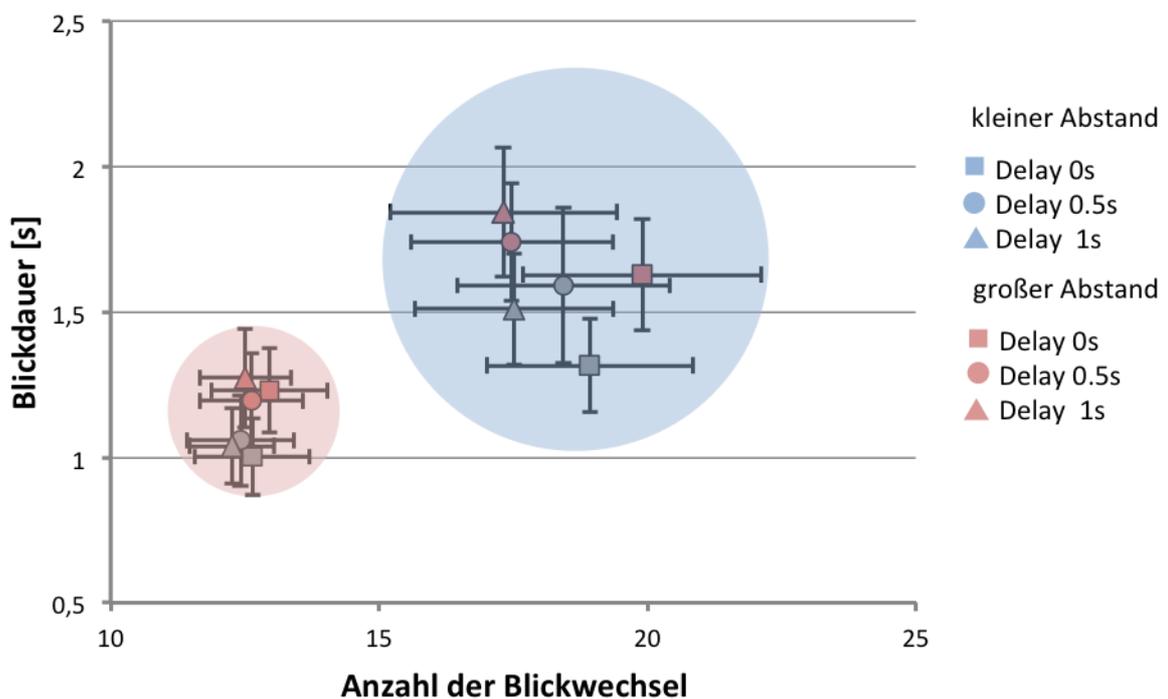


Abbildung 22.: Mittelwerte aller VP über alle Bedingungen. Es wird die Blickdauer gegen die Anzahl der Blickwechsel aufgetragen. Der rote Kreis stellt den Symboltyp Farbe dar und der blaue Kreis den Symboltyp Objekt. Die horizontalen Fehlerbalken weisen auf den Standardfehler des Blickwechsels und die vertikalen Fehlerbalken auf den der Blickdauer hin.

In Abbildung 23 werden die Mittelwerte für alle Bedingungen von allen VP abgebildet. Die Anzahl der Blickwechsel wird gegen die Blickdauer aufgetragen. Die Regressionsgerade ist  $y = 49,638x^{-1,382}$  und der Korrelationskoeffizient beträgt  $r = 0,837$ . Die horizontalen Fehlerbalken zeigen den Standardfehler des Blickwechsels und die vertikalen Fehlerbalken den Standardfehler der Blickdauer.

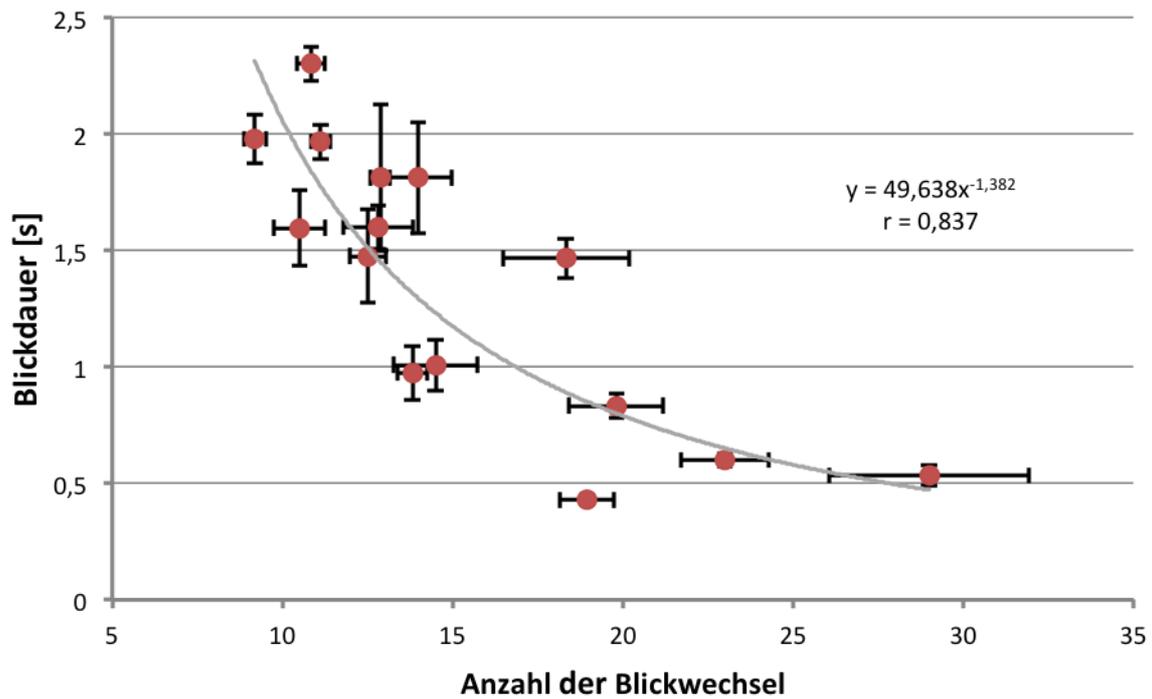


Abbildung 23.: Mittelwerte für alle Bedingungen von allen VP. Dabei wird die Anzahl der Blickwechsel gegen die Blickdauer aufgetragen. Die horizontalen Fehlerbalken beschreiben den Standardfehler des Blickwechsels und die vertikalen Fehlerbalken den der Blickdauer.

## 4. Diskussion

### 4.1 Fehlerrate

Jede VP sollte nach jedem Durchlauf des Stimulus-Bildes die Anzahl der darin enthaltenen Fehler nennen. Diese spielten eine sekundäre Rolle und dienten der Motivation der VP, damit sie die kompletten Stimulus- Bilder absuchen.

Bezüglich der Fehlerrate war starker Unterschied zwischen beiden Symboltypen sichtbar. Die Fehlerrate lag im Mittel für den Symboltyp Farben bei 4,88 % und für den Symboltyp Objekten bei 17,88 %. Durch die generell niedrige Fehlerrate kann darauf geschlossen werden, dass alle VP die Aufgabe des Experiments verstanden hatten, sie folglich nicht zu schwierig war. Die starken Schwankungen zwischen beiden Symboltypen machten jedoch deutlich, dass die Farben einfacher zu untersuchen waren als die Objekte.

### 4.2 Einfluss der Bedingungen auf die abhängigen Variablen

#### Symboltyp

Beide abhängigen Variablen, sowohl die Anzahl der Blickwechsel als auch die Blickdauer, zeigten für den Symboltyp signifikante Effekte. Bei der Anzahl der Blickwechsel konnte ein hochsignifikanter Effekt mit einem Signifikanzniveau von  $p < 0.001$  festgestellt werden. Auch war eine sehr hohe Effektstärke von 60.5% zu vermerken. Daraus lässt sich schließen, dass die Eigenschaft Symboltyp starke Auswirkungen auf die VP hatten. Es war eine höhere Anzahl an Blickwechseln für Objekte zu beobachten, als für den Symboltyp Farben (vgl. Abbildung 4). Im Gegensatz zu der Anzahl der Blickwechsel hatte die Eigenschaft Symboltyp auf die Blickdauer eine geringere Effektstärke. Diese lag bei 35% und war geringer als die der Blickwechsel. Dennoch kann man davon ausgehen, dass der Symboltyp einen starken Effekt auf die Blickdauer hat. Dabei wurden für die Blickdauer beim Symboltyp Objekte längere Zeiten gemessen als für die Farben. Diese Veränderungen könnten auf die erhöhte Komplexität der Objekte hindeuten, da Farben im Allgemeinen einfacher und schneller zu verarbeiten und zu memorieren sind als die komplexen Konturen von Tieren. Bezüglich der Verarbeitungstiefe kann man bei Farben von nur einer Wahrnehmungsdimension ausgehen

wobei bei Objekten mehrere Dimensionen gemeinsam verarbeitet werden müssen (z.B. Kanten, Orientierung, Kontrast, usw.). Vergleichend zu diesen Ergebnissen wurde in der Block-Kopier-Aufgabe von Hardiess et. al (2011) herausgefunden, dass einfache Muster das AG geringer beanspruchen als komplexe Muster. Somit wird das AG bei den Objekten stärker beansprucht als bei den Farben. Um bessere Vergleiche für die Symboltypen zeigen zu können und auch den Schwierigkeitsgrad zu erhöhen, könnten für zukünftige Studien Farbsymbole mit unterschiedlichen Konturen wie z.B. Rechtecke, Kreise und Dreiecke dargestellt werden.

### Delay

Bei der Betrachtung des Delays zeigen sich bei den abhängigen Variablen (Anzahl der Blickwechsel und Blickdauer) ebenfalls signifikante Effekte (vgl. Abbildung 10 und 17). Diese beiden abhängigen Variablen brachten hohe Effektstärken mit sich, diese lagen für die Anzahl der Blickwechsel bei 37% und für die Blickdauer bei 30%. Die Anzahl der Blickwechsel sank mit steigendem Delay. Zwischen dem Delay 0s und 0.5s war die Differenz zwischen der Anzahl der Blickwechsel höher als zwischen dem 0.5s und 1s Delay, was den Ergebnissen von Inamdar & Pomplun (2003) entspricht. Die Autoren vermuteten, dass bei dem 0.5s Delay und 1s Delay die VP, bei jedem Halbfeld-Wechsel das AG im hohen Maße füllen. Dabei steigen die Akquisitionskosten mit dem Delay an und die VP führen demzufolge weniger Blickwechsel durch. Weiterhin steigt die Blickdauer und die Memorierungskosten sinken. Es wurden außerdem signifikante Effekt zwischen zwei Konditionen (Delay 0s und Delay 0.5s; Delay 0s und Delay 1s) aufgezeigt. Für den 0.5s Delay und 1s Delay konnten keine signifikanten Effekte gezeigt werden (vgl. Abbildung 10). Hinsichtlich der Blickdauer war dieser Effekt ebenfalls zu messen. Hierbei waren die signifikanten Unterschiede jedoch geringer und es konnte nur zwischen dem 0s Delay und 1s Delay ein signifikanter Effekt festgestellt werden. Auch für diesen Fall entsprachen die Ergebnisse denen von Inamdar & Pomplun (2003). Die Autoren stellten fest, dass die VP durch die Kapazitätslimitierung des AG, sich dennoch nur eine bestimmte Anzahl an Symbolen merkten. Somit wurde die Kapazität bei einem Delay von 0.5s und 1s schneller ausgeschöpft als bei keinem Delay.

Höchstwahrscheinlich könnte man für einen noch längeren Delay signifikantere Effekte als die zwischen dem Delay 0.5s und Delay 1s finden. Dadurch lässt sich darauf schließen, dass

VP die Akquisitionskosten gering halten, deshalb weniger Blickwechsel und längere Blickdauern durchführen um somit mehr in die Memorierung zu investieren.

### Abstand

Bei dem Faktor Abstand konnten hochsignifikante Effekte nur hinsichtlich der Blickdauer festgestellt werden, nicht aber bei der Anzahl der Blickwechsel. Hier lag eine kleine Effektstärke von 1,3% vor, bei der Blickdauer war diese jedoch sehr groß und betrug 67.3%. Auch war eine längere Blickdauer bezüglich des großen Abstandes im Gegensatz zum kleinen Abstand zu beobachten. Dies entsprach ebenfalls den Ergebnissen von Inamdar & Pomplun (2003), wobei diese meinten, dass die VP mit größerem Abstand die Blickdauer (Memorierungskosten) erhöhten um kostspieligen Blickwechsel (Akquisitionskosten) gering zu halten.

Im Hinblick auf die Ergebnisse von Inamdar & Pomplun (2003) wäre zu vermuten, dass mit größer werdendem Abstand die Anzahl der Blickwechsel sinkt. Die vorliegenden Ergebnisse lassen dabei jedoch nur eine Tendenz zu erkennen. Möglicherweise könnte man signifikante Effekte durch eine höhere Anzahl an VP oder auch durch noch größere Abstände mittels zwei großen nebeneinander stehenden Monitoren finden (vgl. hierzu Hardiess et. Al, 2011).

### Interaktionen

Bei der Anzahl der Blickwechsel konnten signifikante Interaktionen zwischen Abstand und Delay (vgl. Abbildung 12) und zwischen Delay und Symboltyp gezeigt werden (vgl. Abbildung 14). Wie auch in diesen Abbildungen zu sehen ist, zeigte sich lediglich eine Tendenz. So macht es wenig Sinn bei einer disordinalen Interaktion (vgl. Abbildung 12) eine Aussage darüber zu machen, dass VP bei keinem Delay und kleinem Abstand weniger Blickwechsel machen als beim großen Abstand, denn dies ist bei dem Delay 0.5s nicht zu erkennen. Zwischen Delay und Symboltyp ist eine ordinale Interaktion (vgl. Abbildung 14) zu sehen. Es wäre zu erwarten, dass mit steigendem Delay der Symboltyp Farben zu weniger Blickwechseln führt und somit mehr in die Memorierung investiert wird. Dies ist auch bei dem Symboltyp Objekte zu sehen, doch der Ausreißer bei dem Delay 0.5s lässt eine Tendenz vermuten.

Alle weiteren Interaktionen waren nicht signifikant, zeigen jedoch einen Trend.

### 4.3 Trade-off zwischen Blickdauer und der Anzahl der Blickwechsel

Blickdauer war durch die Zeit definiert, die jeder Proband innerhalb eines Halbfelds verbrachte. Die Anzahl der Blickwechsel wurde durch die Anzahl der Mausklicks bestimmt. Obwohl die VP vor dem Experiment darauf hingewiesen wurden, sich auf den Monitor zu konzentrieren, war es leider nicht möglich während des Experimentes festzustellen, ob sich die VP ausschließlich auf die Stimuli konzentrierten. Dieses Problem könnte man umgehen, indem man einen Eye-Tracker nutzt, welcher die genaue Augenbewegung und die Fixation der Augen aufzeichnet.

Nach dem Experiment wurde von einigen VP berichtet, dass sie spezielle Strategien zum Ausführen der (Such-)Aufgabe entwickelten. Sie bildeten z.B. 3er- oder 4er-Blöcke der Symbole, merkten sich diese, wechselten auf das andere Halbfeld und verglichen die gemerkten Symbole miteinander. Wenn sich die Symbole als identisch erwiesen, konnten die gemerkten Symbole verworfen und das AG neu beladen werden. Diese Strategie führt zur Senkung der Akquisitionskosten bei gleichzeitiger Steigerung der Memorierungskosten. Diese Ergebnisse entsprechen denen von Hardiess et. al (2008) und Inamdar und Pomplun (2003).

Durch die Variationen der Akquisitions- und Memorierungskosten konnte der *trade-off* zwischen Augenbewegung und Arbeitsgedächtnis durch eine vergleichende visuelle Suchaufgabe veranschaulicht werden.

Aufgrund der Nebenaufgabe, das Sprechen der Silben „bla-blu-blä“, wurde der Prozess des sogenannten *rehearsal* unterbunden. Dies sollte dazu dienen, die phonologische Schleife des AG zu blockieren. Somit war es den VP nicht möglich, den Farben oder Objekten Namen zu geben, um diese einfacher memorieren zu können.

Wie bereits erwähnt, zeigte der Faktor Symboltyp sowohl bei der Blickdauer als auch bei der Anzahl der Blickwechsel signifikante Effekte. Wie in Abbildung 22 zu sehen ist, werden beide abhängigen Variablen gegeneinander aufgetragen, dabei wurden die Mittelwerte aller 15 VP über alle Bedingungen verwendet. Es wird deutlich, dass die verschiedenen Symboltypen

unterschiedliche Auswirkungen auf das Verhalten der VP hatten. Die Varianz für die Symboltypen zeigten starke Schwankungen. So war diese bei den Objekten sichtbar größer als bei den Farben, was auf die Leistungsunterschiede zwischen den VP zurückzuführen sein könnte. Auch ist in Abbildung 22 eine geringere Verteilung der einzelnen Bedingungen für den Symboltyp Farbe (roter Kreis) zu erkennen als bei dem Symboltyp Objekte (blauer Kreis). Dies ist auf die einfachere Verarbeitung des Symboltyps Farben zurückzuführen. Sowohl bei den Farben als auch bei den Objekten sind bei der großen Abstandsbedingung längere Blickdauern und bei der kleinen Abstandsbedingung kürzere Blickdauern gemessen worden. Dies lässt darauf schließen, dass die VP bei großem Abstand die Blickdauern (Memorierungskosten) erhöhten um die Anzahl an kostspieliger gewordenen Blickwechsel (Akquisitionskosten) zu senken. In Abbildung 22 ist die steigende Anzahl an Blickwechseln mit sinkendem Delay gut zu erkennen. Die Akquisitionskosten waren bei sinkendem Delay geringer, wodurch weniger memoriert und öfter verglichen wurde. In allen Bedingungen wurden die Kosten sowohl für die Akquisition als auch für die Memorierung variiert und die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sich jeweils ein (optimaler) *trade-off* zwischen AG und Blickbewegung einstellte.

Noch besser stellt Abbildung 23 den *trade-off* zwischen Anzahl der Blickwechsel und der Blickdauer (gemittelt über alle Bedingungen) für jede einzelne VP dar. Die Varianz zwischen den 15 VP war deutlich größer als die innerhalb einer VP. Es wird sichtbar, dass jede VP einen eigenen Bereich für den *trade-off* besitzt, innerhalb dessen sie den eigenen *trade-off* anpasst (optimiert), wenn die Kosten variieren. Es wurde auch der Korrelationskoeffizient ( $r = 0.837$ ) berechnet, welcher den Zusammenhang zwischen Anzahl der Blickwechsel und der Blickdauer wiedergibt. In Abbildung 23 kann man von einem starken Zusammenhang zwischen den beiden abhängigen Variablen sprechen, da  $r > 0.7$  ist. Dieser Zusammenhang besteht darin, wenig Blickwechsel mit langen Blickdauern oder auch viele Blickwechsel mit kurzen Blickdauern auszuführen. In Abbildung 23 werden auch die verschiedenen Verteilungen der einzelnen VP sichtbar. Es gab zwei Extreme, zum einen eine geringe Anzahl an Blickwechseln bei langer Blickdauer, zum anderen viele Blickwechsel mit kurzer Blickdauer. Letzteres könnte auf die „just-in-time“-Strategie zurückzuführen sein (Ballard, Hayhoe, & Pelz, 1995; Hayhoe, Bensinger, & Ballard, 1998), welche besagt, dass die VP in dem Moment, in dem sie die Information benötigen (in diesem Fall die Symbole) viele Blickwechsel durchführen um somit die Memorierungskosten gering zu halten.

Es werden auch zwei Bereiche in Abbildung 23 erkennbar, welche keine Daten von VP enthalten. Im Bereich unten links würden die VP eine geringe Anzahl an Blickwechseln und eine kurze Blickdauer als Strategie anwenden. Diese Strategie wäre möglich, jedoch schwierig umzusetzen, da diese Vorgehensweise zu vielen Fehlern führen würde. Der andere Bereich (oben rechts) würde viele Blickwechsel und lange Blickdauern beinhalten. Diese Strategie ist einfach umzusetzen und würde eine geringe Fehlerrate hervorbringen, doch die VP würden sehr viel Zeit in Anspruch nehmen. Diese beiden Strategien wurden durch die Instruktion unterbunden, welche besagt, die vergleichende visuelle Suchaufgabe so genau und zügig wie möglich auszuführen.

Sowohl in der Studie von Inamdar und Pomplun (2003) als auch in der von Hardiess et. al (2011), ebenso wie im aktuellen Experiment konnte der *trade-off* und dessen aufgabenspezifische Anpassung zwischen AG und Blickwechsel in einer vergleichenden-visuellen-Suchaufgabe gezeigt werden. Wie jedoch jede einzelne Person ihren individuellen *trade-off* einstellt und woher diese weiß, ob mehr in Akquisition oder in Memorierung zu investieren ist, konnte nicht näher beleuchtet werden. Jedoch muss es Prozesse im Gehirn geben, welche die Kosten der Aufgabe (Akquisitions- und Prozessierungs/Memorisierungskosten) aufgrund von Vorerfahrung und Gelerntem präzise einschätzen und den entsprechenden Einsatz der beiden Verhaltensstrategien (Blickdauer und Blickwechsel) stabil, unbewusst und optimal steuern. Hier könnte man sich auf die Beschreibung des *trade-off* von Droll und Hayhoe (2007) berufen. Diese meinten, dass der *trade-off* auf ein intrinsisches, unbewusstes, stabiles, menschliches Verhalten zurückzuführen ist. Es wäre dennoch sehr interessant, wenn sich herausfinden ließe, wie der *trade-off* letztlich gesteuert und reguliert wird.

---

## Literaturverzeichnis

- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, pp. 556-559.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews, Neuroscience*, 4, pp. 829-839.
- Baddeley, A. D. (1978). The trouble with levels: A reexamination of Graik and Lockhart's framework for memory research. *Psychological Reviews*, 85, pp. 139-152.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, pp. 417-423.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 8, pp. 47–90.
- Baddeley, A., Hayhoe, M., & Pelz, J. (1995). Memory Representations in Natural tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, pp. 66-80.
- Corsi, P. (1972). Human memory amd the medial temporal region of the brain. *Dissertation Abstracts international*. 34(02), 891B.(University Microfilms No.AAI05-77717).
- Hardiess, G., Gillner, S., & Mallot, H. (2008). Head and eye movments and the role of memory limitations in a visual search paradigma. *Journal of Vision*, (8(1):7), pp. 1-13.
- Hardiess, G., Gillner, S., & Mallot, H. (2011). Acquisition vs. Memorization Trade-Offs Are Modulated by Walking Distance and Pattern Complexity in a Large-Scale Copying Paradigm. *PLoS ONE* 6(4): e18494.
- Hayhoe, M., Ballard, D., Triesch, J., & Shinoda, H. (2002). Vision in natural and virtual enviroments. *Eye Tracking Research & Application*, pp. 7-13.
- Inamdar, S., & Pomplun, M. (2003). Comparative Search Reveals the Tradeoff between Eye Movements and Working Memory Use in Visual Tasks. *Proceedings of the Twenty-Fifth Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, pp. 599–604.
- Karnath, H.-O., & Thier, P. (2012). Kognitive Neurowissenschaften. *Springer*, pp. 542-543.
- Land, M., Mennie, N., & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*, pp. 1311-1328.

- Luck, J. S., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, *390*, pp. 279–281.
- Miyake, A., & Shah, P. (2007). Models of Working Memory Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control. *Cambridge University Press*, pp. 28-32,63-65.
- Phillips, W. (1974). On the distinction between sensory storage and short term visual memory. *Perception & Psychophysics*, *16*, pp. 283-290.
- Pomplun, M. (1998). Analysis and models of eye movements in comparative visual search. *Göttingen: Cuvillier*.
- Pomplun, M., Reingold, E., & Shen, J. (2001). Investigating the visual span in comparative search: The effects of task difficulty and divided attention. *Cognition*, *81*, pp. B57-B67.
- Pomplun, M., Sichelschmidt, L., Wagner, K., Clermont, T., Rickheit, G., & Ritter, H. (2001). Comparative visual search: a difference that makes difference. *Cognitive Science*, *25*, pp. 3-36.
- Simons, D. (2000). Change Blindness and Visual Memory: A Special Issue of the Journal Visual Cognition. *Psychology Press*.
- Zimmer, H. D. (2010). Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis: Eine emergente Eigenschaft der Repräsentation von Reizen im Netzwerk visueller Informationsverarbeitung. *Psychologische Rundschau*, *61 (1)*, pp. 25-32.

## Anhang

### Versuchsanleitung

#### 1.Aufgabe

- Ihre Aufgabe ist es, in jedem Durchlauf zwei (fast) identische Spalten, die jeweils 24 Symbole enthalten, auf Unterschiede zu überprüfen
- Eine der Spalten ist dabei immer durch ein graues Rechteck verdeckt, welches Sie während der Suchaufgabe verschieben können
- In jedem Durchlauf müssen entweder **ein oder zwei Fehler** (d.h. nicht identische Symbole) gefunden werden
- Es gibt zwei Arten von Durchgängen:
  - a) **Alle Objekte unterscheiden sich nur in der Farbe**
  - b) **Alle Objekte unterscheiden sich nur in der Form**

#### 2.Ablauf

- Sie absolvieren insgesamt 60 Durchläufe
- Nach jeweils 20 Durchläufen können Sie eine Pause einlegen
- Zu Beginn jedes Durchgangs wird in der Mitte des Bildschirms ein Kreuz für 3 Sekunden angezeigt
- Bitte fixieren Sie dieses Kreuz bis die Suchaufgabe beginnt
- Um die Sicht auf die verdeckte Spalte freizugeben drücken Sie bitte
  - **...die rechte Maustaste um die rechte Hälfte freizugeben**
  - **...die linke Maustaste um die linke Hälfte freizugeben**
- Drücken Sie die **Leertaste sobald Sie alle Fehler gefunden** haben (der Durchlauf wird daraufhin beendet) und nennen Sie die Anzahl der Fehler (ein oder zwei) dem Versuchsleiter
- Der Versuchsleiter wird Ihre Antwort notieren
- Danach folgt der nächste Durchlauf
- Während jedem Durchgang werden kontinuierlich verschiedene Silben aufgesagt
  - **Durchlauf 1-20** „Bla-Blu-Blä“
  - **Durchlauf 21-40** „Di-Du-Da“
  - **Durchlauf 41-60** „Bli-Blu-Bla“

#### 3.Testdurchlauf

- Bevor das Experiment beginnt, absolvieren Sie 3 Übungsdurchläufe
- Bei Fragen wenden Sie sich bitte an den Versuchsleiter

**Bitte führen Sie die Suchaufgabe so zügig und so genau wie möglich aus!**

**Viel Spaß beim Suchen!**

## Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei Herrn Prof. Mallot bedanken, dass er mir die Möglichkeit bot, am Lehrstuhl Kognitive Neurobiologie, die Bachelorarbeit schreiben zu dürfen. Somit ist auch der gesamten Arbeitsgruppe ein Dank auszusprechen. Bei Herrn Dr. Dahmen möchte ich mich ebenfalls für die außergewöhnlich interessanten Gespräche bedanken.

Und ein besonderer Dank geht an Dr. Gregor Hardiess, welcher sich stets die Zeit nahm, um jede Art von Fragen oder Problemen hilfsbereit und geduldig zu lösen.

Natürlich ist meiner Familie und meinen Freunde zu danken, die mich immer unterstützten und ermutigten. Sowie Marisa Diehl möchte ich danken, meiner Leidensgenossin, für die unzähligen Stunden die wir gemeinsam verbracht und durchgehalten haben.