

**Individuelle, strategieabhängige Beeinflussung  
des Trade-offs zwischen Akquisition und  
Memorisierung im Paradigma der  
visuellen Suche**

**Bachelorarbeit  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der  
Eberhard Karls Universität Tübingen**

**vorgelegt von**

**Linda Bräutigam**

**Tübingen, September 2018**

## 1 Erklärung

Hiermit erkläre ich, Linda Bräutigam,

- dass ich diese Arbeit selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.
- dass alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommenen Aussagen als solche gekennzeichnet sind,
- dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens gewesen ist oder bereits veröffentlicht wurde.

Tübingen, den 28.09.2018

## 2 Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Erklärung</b> .....	<b>I</b>
<b>2</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
4.1	Wissensstand.....	2
4.1.1	Einteilung des Gedächtnisses .....	2
4.1.2	Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis.....	3
4.1.3	Limitationen des Arbeitsgedächtnisses.....	4
4.1.4	Individuelle Unterschiede in der Arbeitsgedächtnisleistung .....	5
4.1.5	Verhaltensauswahl mithilfe der <i>Trade-off</i> Strategie .....	6
4.1.6	Untersuchungen der <i>Trade-off</i> Strategie beim Menschen .....	7
4.1.7	Strategien innerhalb eines CVS .....	7
4.1.8	Akquisitionsstrategie zur Erlangung der externen Information .....	7
4.1.9	Memorisierungsstrategie zur internen Aufrechterhaltung der Information .....	8
4.2	Synthese des Wissensstandes mit dem Forschungsvorhaben .....	9
4.3	Hypothesen .....	10
<b>5</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>11</b>
5.1	Vorversuche .....	11
5.2	Versuchspersonen .....	11
5.3	Versuchsdetails .....	12
5.4	Versuchsablauf .....	12
5.4.1	<i>Stroop</i> Test .....	13
5.4.2	Hauptaufgabe.....	13
5.4.3	Operation Span.....	18
5.5	Programme .....	19
5.6	(Mess-) Geräte .....	19
5.7	Auswertung .....	19
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>21</b>
6.1	<i>Stroop</i> Test .....	21
6.2	Hauptversuch .....	23

6.2.1	Fehlerraten.....	23
6.2.2	Trialdauer.....	26
6.2.3	Zeit zwischen Klicks.....	29
6.2.4	Klickanzahl.....	32
6.2.5	Zusammenhang zwischen Klickanzahl und Zeit zwischen Klicks.....	35
6.2.6	Augentracking.....	47
6.2.7	Fragebögen.....	49
6.3	Operation Span.....	50
6.4	Korrelationen zwischen den Aufgaben.....	53
<b>7</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>55</b>
7.1	Ergebnisdiskussion.....	55
7.1.1	<i>Stroop</i> Test.....	55
7.1.2	Hauptversuch.....	56
7.1.3	Operation Span.....	65
7.1.4	Interfaktorielle Korrelationen.....	66
7.2	Literaturdiskussion.....	67
7.2.1	Gedächtnis.....	67
7.2.2	Trade-off.....	69
7.3	Zukunftsaussichten.....	70
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>72</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>74</b>
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	74
9.2	Tabellenverzeichnis.....	75
9.3	Versuchsanweisungen.....	75
9.3.1	Hauptaufgabe.....	75
9.3.2	Operation Span.....	76
9.4	Fragebögen.....	77
9.4.1	Block 1.....	77
9.4.2	Block 2.....	77

### 3 Zusammenfassung

Das Arbeitsgedächtnis ist an einer Vielzahl von kognitiven Prozessen, wie zum Beispiel Problemlösungsaufgaben beteiligt. Eine solche Aufgabe ist das *Comparative Visual Search* Paradigma von Pomplun und Ritter (1999). Innerhalb dieser Arbeit wurde, unter Nutzung eines solchen Paradigmas, die individuelle, strategieabhängige Verhaltensauswahl zwischen Akquisition und Memorisierung untersucht. Dabei lag das Augenmerk auf der Beeinflussung des *Trade-offs* zwischen Akquisition und Memorisierung durch Variation der Kosten der Strategien und der äußeren Umstände. Mithilfe von vier Bedingungen, die jeweils zwei Variationen in der Zeitverzögerung zwischen dem Wechsel der Bildschirmhälfte und der Objektkomplexität beinhalteten, wurden die individuellen Strategiezusammensetzungen untersucht. Während die zeitliche Verzögerung nur geringe Auswirkungen auf die Performance der Probanden hatte, offenbarten sich deutliche Unterschiede zwischen den Durchläufen mit simplen und komplexen Objekten.

Die aufgetretenen individuellen Strategiezusammensetzungen unterschieden sich deutlich zwischen den Versuchspersonen und ließen sich mithilfe von *Trade-off* Kurven darstellen und in einen schematischen Zusammenhang bringen. Vor allem die Untersuchung des Standardfehlers erbrachte neue Erkenntnisse zu den Hintergründen der Verhaltensauswahl und der Performance und eröffnet neue Möglichkeiten der Voraussage solchen Verhaltens.

In einem zweiten Versuchsteil wurde eine, auf den Klickanzahlen des ersten Blocks basierende Klickbegrenzung implementiert, die zu einer Verschiebung der Strategiezusammensetzung auf die Seite der Memorisierung führte. Dabei wurde eine Korrelation zwischen dem Standardfehler aus Block 1 und der Veränderung der Strategie in Block 2 gefunden.

## 4 Einleitung

### 4.1 Wissensstand

#### 4.1.1 Einteilung des Gedächtnisses

Erinnern ist ein als selbstverständlich erachteter Gedächtnisprozess, welcher jedoch eine enorme Komplexität aufweist und noch lange nicht endgültig erforscht ist. Begonnen hat die wissenschaftliche Untersuchung des Gedächtnisses 1885 mit der Forschung von Hermann Ebbinghaus. Innerhalb dieser Studien untersuchte er bei sich die Akquisition und das Vergessen von Informationen (Ebbinghaus, 1885). In den folgenden 133 Jahren befassten sich unzählige Wissenschaftler damit, das Gedächtnis, sowie das Gehirn im Allgemeinen, zu verstehen. Die Erforschung dieses Themengebietes gehört zu den bedeutendsten und sich durch technische Neuerungen am schnellsten entwickelnden Forschungsgebieten der Biologie, Psychologie und Medizin.

Angefangen hat die Charakterisierung des Gedächtnisses mit der Differenzierung in ein primäres und ein sekundäres Gedächtnis (James, 1890). Heutzutage ist die Ansicht verbreitet, dass sich das Gedächtnis in drei Typen einteilen lässt: Das Langzeit-, das Kurzzeit-, welches das Arbeitsgedächtnis beinhaltet, und das Ultrakurzzeitgedächtnis, welche sich durch die Dauer der Informationsspeicherung charakterisieren lassen.

Das Langzeitgedächtnis ist in der Lage eine enorme Menge von Informationen, Wissen und Erinnerungen für einen langen Zeitraum, teilweise über Jahrzehnte hinweg, zu speichern (Cowan, 2008). Es unterscheidet sich vom Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis durch eben diese nichtexistierenden sowohl zeitlichen als auch kapazitätsbezogenen Begrenzungen.

Das Kurzzeitgedächtnis oder auch Arbeitsgedächtnis hingegen, auf welches in der folgenden Arbeit eingegangen wird, ist, wie der Name bereits besagt, für die kurzzeitige Speicherung von Informationen (im Bereich von Sekunden bis wenigen Minuten) zuständig. Die gespeicherten Informationen sind in einer leicht zugänglichen Form gespeichert und können direkt wieder abgerufen werden (Atkinson und Shiffrin, 1968, Cowan, 2008). Im Allgemeinen unterscheidet sich das Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis jedoch vom Langzeitgedächtnis durch eine zeitlich limitierte Speicherdauer der Informationen, sowie einer mengenmäßigen Limitierung bezüglich der aufgenommenen und verarbeitenden Objekte. Im englischsprachigen wird der damit verbundene Prozess des „Vergessens“ als ‚decay‘ bezeichnet.

Eine einheitliche Definition sowie Trennung von Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis existiert nicht. In dieser Arbeit beschränken wir uns größtenteils auf die Definition des Arbeitsgedächtnisses von Miller et al. (1960). Sie verstehen unter dem Arbeitsgedächtnis einen Teil des Kurzzeitgedächtnisses, der dazu verwendet wird Verhalten zu planen und durchzuführen. Der

Begriff Arbeitsgedächtnis bezieht sich in dieser Definition demnach auf einen temporär genutzten Teil des Gedächtnisses, welcher zur Verrichtung einer direkten, also unmittelbar zu absolvierenden Aufgabe verwendet wird (Pribram et al., 1960), indem es die Aufrechterhaltung und Manipulation von nicht mehr verfügbaren Informationen für die anstehenden Aufgaben sichert (Hardiess und Mallot, 2015). Es behält, wie das Kurzzeitgedächtnis selbst, Informationen für eine kurze Zeit in einem leicht abrufbaren Zustand und ermöglicht so ihre direkte Nutzung für kognitive Aufgaben (Cowan, 2008; Eriksson et al., 2015). Zusätzlich dazu bedienen wir uns Engles (2002) Annahmen, die besagen, dass Aufmerksamkeit ein entscheidender Faktor in der Betrachtung des Arbeitsgedächtnisses ist. Die Fähigkeit Aufmerksamkeit bewusst zu steuern spielt demnach eine entscheidende Rolle in der Leistung (engl. ‚*performance*‘) des Arbeitsgedächtnisses. Unabhängig davon, welche Definition von Arbeitsgedächtnis verwendet wird und wie dieses ins Kurzzeitgedächtnis eingebettet ist, stellt das Arbeitsgedächtnis einen kognitiven Kernprozess dar, welcher eine Vielzahl von Verhaltensweisen beeinflusst. Zu solchen Verhaltensweisen zählen beispielsweise Planen, Lernen, Schlussfolgern, Lösen von Problemen oder Aktionskontrolle (Braisby und Gellatly, 2012; Ma et al., 2014). Des Weiteren konnte, unabhängig von der Definition, gezeigt werden, dass Arbeitsgedächtnisrepräsentationen anfällig für Störungen und Interferenzen sind (Eriksson et al., 2015).

Der letzte der drei Typen, in welche sich das Gedächtnis einteilen lässt, ist das Ultrakurzzeitgedächtnis. Es bezeichnet jenen Bereich, welcher die gesamte sensorische Erregung über einen Zeitraum von 300 ms speichern kann, ohne sie zu manipulieren (Cornette et al., 2002).

#### **4.1.2 Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis**

Beim Arbeitsgedächtnis sind im Allgemeinen drei Phasen involviert: i) Enkodieren, ii) Speichern bzw. Aufrechterhalten und iii) Wiederaufrufen und Verwenden der Information (Braisby und Gellatly, 2012). Innerhalb dieser Phasen können die Informationen auf verschiedenste Weise manipuliert werden. Sie spielen eine entscheidende Rolle im Verständnis der Ergebnisse.

Enkodierung beschreibt dabei die Art und Weise, wie Objekte und Erlebnisse im Gedächtnis repräsentiert werden (Braisby und Gellatly, 2012). Laut Eriksson et al. (2015) ist die Enkodierung von Objektinformationen das Ergebnis von Interaktionen zwischen selektiven Aufmerksamkeitsprozessen und perzeptuellen Objektrepräsentationen, welche assoziierte Objektrepräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis aktivieren. Diese Arbeitsgedächtnisrepräsentationen sind anfällig für Ablenkung und Interferenz (Eriksson et al., 2015).

Sobald der wahrgenommene Input nicht mehr direkt verfügbar ist, wird durch Wiederholungsprozesse sowie Aufrechterhalten der Aufmerksamkeit die Information im Arbeitsgedächtnis behalten (Eriksson et al., 2015). Dabei sind parietale Gehirnregionen beteiligt (Liesefeld et al.,

2014). Diese Aufrechterhaltung der Information wird, so vermuten Eriksson et al. (2015), durch eine Interaktion zwischen verschiedenen Bausteinen des Arbeitsgedächtnisses erreicht. Dabei spielt erneut selektive Aufmerksamkeit eine entscheidende Rolle. Die Kapazität der Aufrechterhaltung bzw. Speicherung ist, wie im Folgenden näher erläutert wird, limitiert (Braisby und Gellatly, 2012).

Die letzte Phase zeichnet sich dadurch aus, dass gemerkte Information zum Zeitpunkt des Gebrauchs reaktiviert und manipuliert wird (Braisby und Gellatly, 2012). In dieser Phase treten erneut selektive Aufmerksamkeitsprozesse auf, mit deren Hilfe aufrechterhaltene Information unter Zuhilfenahme des Langzeitgedächtnisses abgerufen sowie in weiteren Schritten genutzt und verändert wird (Eriksson et al., 2015).

### **4.1.3 Limitationen des Arbeitsgedächtnisses**

Das Arbeitsgedächtnis zeichnet sich, wie bereits angesprochen, durch verschiedene Limitationen aus. Zum einen sind Gedächtnisprozesse in der Dauer, für die Information ohne Verlust gespeichert werden kann, limitiert (Cowan, 2008, Broadbent, 1958, Zhang und Luck, 2008, Ploner et al., 1998). Die Genauigkeit bzw. die Anzahl der gemerkten Objekte, je nachdem welche Hypothese der Limitierung man vertritt, nimmt demnach mit der Zeit ab, bis diese, sollte kein aktives Wiederholen stattfinden, komplett vergessen werden (McAfoose und Baune, 2009, Eriksson et al., 2015).

Zum anderen existiert eine weitere Limitierung der Gedächtnisprozesse, wobei zwei Hypothesen bezüglich der Ausprägung bestehen. Klassischerweise geht man bei der ‚*fixed-resource*‘ Theorie (Zhang und Luck, 2008) von einem Kapazitätslimit aus, innerhalb dessen nur eine begrenzte Anzahl von zusammengehörigen Objektentitäten (sogenannte ‚*items*‘) im Gedächtnis behalten werden kann (Ma et al., 2014). Dieses Limit beim sogenannten ‚*slot*‘-Modell reicht je nach Untersuchung von drei bis vier Objekten (Broadbent, 1975; Cowan, 2000) bis hin zu Millers (1956) sieben plus minus zwei Objekten. Durch Strategien der Gruppierung von Informationen (im englischen als ‚*chunking*‘ bezeichnet) und Verwendung des Langzeitgedächtnisses (Miller, 1956), sowie Wiederholungen des Memorandums (Baddeley, 1986) und nicht kapazitätsbegrenzten Möglichkeiten der Speicherung treten jedoch Schwierigkeiten bei der genauen Bestimmung dieses Kapazitätslimits auf (Cowan, 2008). Innerhalb dieser *fixed-resource* Theorie (Zhang und Luck, 2008) ist die Entität der Items unabhängig. Wird ein Objekt innerhalb dieses Modells vergessen, so wird es komplett mit all seinen Merkmalen aus dem Gedächtnis entfernt.

Entgegen der Annahme, dass ein Kapazitätslimit existiert, weisen immer mehr Indizien darauf hin, dass es sich bei den beobachteten Phänomenen eher um ein Prozessierungslimit handelt (Ma et al., 2014). Die Verarbeitungsleistung des Arbeitsgedächtnisses wird demnach im



sogenannten ‚*resource*‘-Modell als limitierte Ressource gesehen, welche flexibel auf alle Objekte einer Szene verteilt wird (Bays und Husain, 2008, Bays et al., 2009, Gorgoraptis et al., 2011). Durch Ressourcenallokation ist es dabei möglich, die Genauigkeit der Repräsentation eines Objekts zu beeinflussen (Ma et al., 2014). Belegt wird diese These durch mehrfache Beobachtungen, in denen die Genauigkeit der Erinnerung mit der Anzahl der Objekte abnimmt und von der Relevanz des zu merkenden Objekts abhängt (Ma et al., 2014). Ein Objekt wird nicht direkt vergessen, sondern die memorierten Details dieses Objektes nehmen mit der Zeit ab. Im Gegensatz zu dem vorher genannten Ansatz wird die Effizienz des Arbeitsgedächtnisses nicht durch die Quantität der Arbeitsgedächtnisrepräsentationen, sondern durch ihre Qualität festgelegt.

#### **4.1.4 Individuelle Unterschiede in der Arbeitsgedächtnisleistung**

Individuen weisen erhebliche Unterschiede zwischen ihrer Arbeitsgedächtnisleistung auf. Diese Unterschiede sind über die Zeit hinweg stabil und scheinen eine Grundeigenschaft des Individuums zu sein (Eriksson et al., 2015, Kane und Engle, 2002). Solche Unterschiede fallen vor allem in den Bereichen abstraktes Denken, mathematische Fähigkeiten und Sprachfertigkeit, sowie allgemein in akademischen Leistungen auf (Cowan et al., 2005). Grund dafür scheint die Fähigkeit zu sein, Aufmerksamkeit zu fokussieren und nicht die absolute Speicherplatzlimitation an sich (Kane und Engle, 2002). Einteilen lassen sich Individuen in ‚*low-capacity*‘ (Eriksson et al., 2015, Fukuda und Vogel, 2011) bzw. ‚*low-span*‘ (Conway et al., 2001) Individuen und ‚*high-capacity*‘ bzw. ‚*high-span*‘ Individuen.

Zu erkennen ist, dass es *low-span* Individuen schwerer fällt ablenkende Informationen zu ignorieren (Vogel et al., 2005). Erklärt werden kann dieses Phänomen durch die Fähigkeit, effizient Aufmerksamkeitskontrolle einzusetzen (Vogel et al., 2005, Gold et al., 2006). *High-span* Individuen zeichnen sich letztendlich nicht durch höhere neuronale Kapazität aus, sondern durch effektivere exekutive Kontrollmechanismen, die für das Ausblenden von irrelevanten Informationen genutzt werden (Liesefeld et al., 2014). Die Fähigkeit störende Faktoren ausblenden zu können besteht jedoch zwangsläufig auf Kosten der Aufmerksamkeit der Umwelt gegenüber (Conway et al., 2001).

#### 4.1.5 Verhaltensaushwahl mithilfe der *Trade-off* Strategie

Entscheidungen müssen in jeder Situation des Lebens getroffen werden und sind Hauptaugenmerk dieser Arbeit. Sie werden maßgeblich durch das Arbeitsgedächtnis beeinflusst. Meistens betreffen kurzfristige Entscheidungen das weitere Verhalten in einer bestimmten Situation. Betrachtet man Entscheidungsprozesse genauer, fällt auf, dass es sich oftmals um eine Verhaltensaushwahl handelt. Es wird vermutet, dass Menschen für die Wahl eines Verhaltens mit einer Vielzahl von Strategien ausgestattet sind, aus denen die Passende ausgewählt werden kann (Marewski und Link, 2014). Bei verschiedenen Hypothesen wie ‚*heuristic-and-bias*‘ von Lichtenstein et al. (1982), der ‚*adaptive-decision-marker*‘ von Payne et al. (1993) oder die ‚*fast-and-frugal-heuristic*‘ von Gigerenzer et al. (1999) stehen unterschiedliche Kriterien der Entscheidungsfindung im Vordergrund. Die Letztgenannte besagt beispielsweise, dass eine Entscheidung vor allem schnell und ausreichend gut getroffen werden muss, aber nicht zwangsläufig optimal (Gigerenzer et al., 1999). Mögliche Strategien, derer man sich bei der Verhaltensaushwahl bedienen kann, sind beispielsweise: 1) Maximierungs-Modelle (engl. ‚*maximization models*‘), bei denen die Alternative mit dem höchsten zu erwarteten „Gewinn“ gewählt wird oder 2) Kosten-Nutzen Ansätze, im englischen ‚*cost-benefit approaches*‘, bei denen, wie der Name bereits besagt, die Kosten und Nutzen eines bestimmten Verhaltens gegeneinander abgewogen werden (Marewski und Link, 2014). Im Folgenden wird letztere Strategie näher betrachtet.

Bei vielen Entscheidungen wird eine Abwägung, ein sogenannter ‚*Trade-off*‘, verwendet, innerhalb dessen die aufkommenden Konsequenzen der Entscheidung (z. B. die Kosten der einzelnen Verhaltensweisen) betrachtet werden. Oftmals gehen dabei wünschenswerte, „positive“ Konsequenzen mit unerwünschten „negativen“ einher. Der Prozess des Abwägens der vermuteten Konsequenzen ist dabei der eben genannte *Trade-off* und stellt eine exekutive Funktion des präfrontalen Kortex dar (Liesefeld et al., 2014). Bei einem *Trade-off* handelt es sich um einen Optimierungsprozess, innerhalb dessen, unter Anbetracht der äußeren Umstände, eine für das Individuum „optimale“, bzw. adäquate Entscheidung getroffen wird (Mcfarland, 1977, Marewski und Link, 2014). Der Ausgang des *Trade-offs* ist dabei von einer Vielzahl von Faktoren abhängig (Mcfarland, 1977). Dabei ist jedoch vor allem die subjektive Evaluation der Situation unter Berücksichtigung der eigenen Fähigkeiten und Präferenzen sowie die Abschätzung der Konsequenzen einer bestimmten Entscheidung, welche oftmals auf Erfahrungen basiert, von Bedeutung (Mcfarland, 1977; Marewski und Link, 2014; Hardiess und Mallot, 2015). Schon Mcfarland (1977) betonte dabei, dass Individuen diese Abwägung vermutlich nicht als aktiven und willentlich herbeigeführten kognitiven Prozess durchführen. Oftmals basiert ein solcher *Trade-off* auf unterbewussten Informationen und der Entscheidungsprozess wird den Individuen nicht bewusst (Hardiess und Mallot, 2015).

#### **4.1.6 Untersuchungen der *Trade-off* Strategie beim Menschen**

*Trade-offs* sind selbstverständlich nicht nur bei niederen Tieren zu finden. Bei Menschen gibt es einige Möglichkeiten den *Trade-off* als Strategie zur Verhaltensauswahl zu untersuchen. Eine dieser Möglichkeiten ist das *comparative visual search* (CVS) Paradigma. Es wurde von Pomplun und Ritter (1999) entwickelt und bietet eine neuartige Herangehensweise an visuelle Vergleichsaufgaben. Innerhalb dieses Ansatzes werden den Probanden zwei Displayhälften präsentiert, die sich in einem (oder mehreren) der präsentierten Objekte unterscheiden. Aufgabe der Probanden ist es, diese(n) Fehler zu finden (Pomplun et al., 2001, Pomplun und Ritter, 1999). Genutzt werden kann dieses Paradigma zum einen, um die Prozesse der Wahrnehmung sowie Kognition zu untersuchen. Zum anderen kann man innerhalb dieser CVS Aufgabe die Augenbewegung messen. Dies bietet Einsichten in die Interaktion mentaler Prozesse (Pomplun und Ritter, 1999). Vor allem jedoch handelt es sich um eine Möglichkeit, Entscheidungsprozesse und somit auch einen *Trade-off* als Strategie, mit welcher Entscheidungen getroffen werden, zu erforschen (Hardiess und Mallot, 2015).

#### **4.1.7 Strategien innerhalb eines CVS**

Inamdar und Pomplun (2003) haben innerhalb einer CVS einen *Trade-off* zwischen Speicherung der Informationen im visuellen Kurzzeitgedächtnis (VSTM) und Blickverlagerung gezeigt (Inamdar und Pomplun, 2003). Darauf aufbauend erweiterten Hardiess et al. (2008) dieses Paradigma unter Einbezug der Kopfbewegung und erkannten, wie auch Inamdar und Pomplun (2003), dass zwei unterschiedliche Strategien (Akquisitions- vs. Memorierungsstrategie) angewendet werden. Korrespondierend wurden solche Strategiemuster auch von Kibbe und Kowler (2011), Droll und Hayhoe (2007) sowie Hardiess und Mallot (2015) in anderen visuellen Aufgaben gefunden. Solche Strategien treten demnach nicht nur bei CVS Aufgaben auf, sondern scheinen fundamental für das menschliche Entscheidungsverhalten zu sein.

Die Gesamtkosten, welche durch die Zuweisung der beiden Strategien optimiert werden, können als Zeit-, Energie- sowie Prozesskosten aufgefasst werden (Solman und Kingstone, 2014).

#### **4.1.8 Akquisitionsstrategie zur Erlangung der externen Information**

Die erste der beiden Strategien ist die Akquisitionsstrategie und dient allgemein zur Erlangung der extern vorliegenden Information über motorisches Verhalten. Im CVS zeichnet sich diese Strategie durch vermehrte Kopf- und Augenbewegungen zwischen den zu vergleichenden Objekten aus. Wird der *Trade-off* nur mittels der Akquisitionsstrategie gelöst, spricht man auch von der ‚*just-in-time*‘ Strategie der Objektperzeption, in der Information immer dann aufgenommen werden, wenn diese gebraucht werden (Ballard et al., 1995). Die *just-in-time* Strategie

stellt bei der Akquisition somit einen Extremfall dar und minimiert die Kosten für das interne Speichern von Information und der damit verbundenen Gedächtnisleitung und ermöglicht so die Nutzung der freien Arbeitsgedächtniskapazität für andere Aufgaben (Hardiess und Mallot, 2015).

Die Kosten dieser Strategie könnten einerseits durch zeitlichen Aufwand, durch Verlängerung der Wartezeit zwischen zwei Stimuli (Kibbe und Kowler, 2011) oder der Dauer der Reakquisition (Hardiess et al., 2008) zustande kommen. Andererseits spielen sicher die Energiekosten für die Augen- und gerade auch Kopfbewegung bzw. allgemeine motorische Kosten (Hardiess et al., 2008; Kibbe und Kowler, 2011) eine entscheidende Rolle.

Die Akquisitionsstrategie wird in den meisten Experimenten mithilfe von Augentrackern messbar und somit auch quantifizierbar. Grund dafür ist der Umstand, dass Blickwechsel mit Aufmerksamkeitswechseln korreliert sind. Der Blick kann jeweils nur auf einen für die Aufgabe wichtigen Bereich gerichtet sein, weswegen die Blickrichtung als ein Indiz für den Aufmerksamkeitsfokus gilt (Droll und Hayhoe, 2007).

#### **4.1.9 Memorierungsstrategie zur internen Aufrechterhaltung der Information**

Sobald sich die Kosten für die Akquisition, beispielsweise durch Vergrößerung der Distanz zwischen zwei Stimuli (Hardiess und Mallot, 2015) oder durch Zunahme der Komplexität zweier Objekte (Droll und Hayhoe, 2007), erhöhen, wird oftmals von der Akquisitionsstrategie zur Memorierungsstrategie gewechselt (Droll und Hayhoe, 2007; Hardiess et al., 2008, Hardiess und Mallot, 2015). Bei ihr wird eine höhere Gedächtnisleistung festgestellt und die Anzahl der Augen- sowie Kopfbewegungen ist deutlich geringer als bei der reinen *just-in-time* Akquisitionsstrategie (Hardiess et al., 2008; Hardiess und Mallot, 2015). Anstatt die beiden Bilder innerhalb einer CVS oft zu vergleichen, wird bei dieser Strategie auf die Merk- und Erinnerungsfähigkeit gesetzt (Hardiess et al., 2008) – wodurch die Anzahl der Blicksprünge reduziert werden kann.

Kosten aufseiten der Memorierung könnten zum einen mit den Kosten für das Prozessieren bei der Wahrnehmung und Memorierung (Haxby et al., 2000; Hardiess und Mallot, 2015) zusammenhängen. Dabei wird die Wahrnehmung kostenintensiver, wenn sich die Komplexität der Objekte erhöht (Hardiess und Mallot, 2015), während sich die Kosten für die Memorierung mit der Anzahl der gespeicherten Informationen (Hardiess et al., 2008), sowie der Dauer für die sie gespeichert werden, erhöhen. Es wird vermutet, dass neben der Redirektion von Aufmerksamkeit (Yantis et al., 2002), Wahrnehmungs- oder Aufmerksamkeitsauslastung (Lavie et al., 2004), sowie den metabolischen Kosten für die Speicherung der Information (Haxby et al., 2000) noch weitere Einflussfaktoren existieren (Kibbe und Kowler, 2011).

Ohne Veränderung der äußeren Umstände besitzt jedes Individuum einen präferierten Strategiemix der Akquisitions- und der Memorierungsstrategie im Einsatz (Droll und Hayhoe, 2007; Hardiess und Mallot, 2015). Dieser ist abhängig von den Fähigkeiten des betroffenen Individuums und den Kosten der beiden Strategien (Gray et al., 2005, Gray et al., 2006) Hardiess et al., 2008; Hardiess und Mallot, 2015). Es handelt sich folglich um einen adaptiven *Trade-off* (Kibbe und Kowler, 2011) zwischen Akquisition und Memorisierung, bei dem verfügbare Ressourcen umverteilt werden (Gray et al. 2006; Droll und Hayhoe, 2007; Hardiess und Mallot, 2015). Im Allgemeinen wird jedoch derjenige Strategiemix bevorzugt, welcher vor allem die zeitlichen Kosten minimiert (Hardiess et al., 2008; Hardiess et al., 2011), was sich mit der zuvor erläuterten ‚*fast-and-frugal-heuristic*‘ der Verhaltensauswahl von Gigerenzer et al. (1999) begründen ließe.

## **4.2 Synthese des Wissensstandes mit dem Forschungsvorhaben**

Um weitere Einsichten bzgl. der oben beschriebenen Strategien zu erlangen, wurde in der vorliegenden Arbeit ein *comparative visual search* Paradigma verwendet. Dabei musste von den Versuchspersonen, wie auch im ursprünglichen Versuch beschrieben, eine Suchaufgabe mit verschiedenen Variationen bearbeitet werden. Durch die Variationen ließen sich die Kosten für die beiden Strategien gezielt verändern. In einem zweiten Schritt wurden eine Klickbegrenzung und damit eine Limitation der Akquisitionsstrategie implementiert, wodurch sich die Grundannahmen für den Strategiemix veränderten. Es wurde untersucht, ob und wie sich diese Veränderungen auf das individuelle Verhalten bzw. die Strategie der Probanden auswirken.

Ein zweigeteilter Fragebogen sollte weiterführend Aufschluss darüber geben, inwieweit sich die einzelnen Probanden über die eigene Strategiewahl und -änderung bewusst waren. Zusätzlich wurde die regelkonforme Bearbeitung der Aufgaben nach der Aufgabenstellung durch Implementierung einer Augenbewegungsmessung überprüft.

Durch zwei weitere Tests wurde versucht Korrelationen zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und Strategiemix sowie Aufmerksamkeit und Effizienz in Bezug auf die Hauptaufgabe zu identifizieren.

### 4.3 Hypothesen

Wir vermuten, dass jeder Proband einen individuellen Strategiemix besitzt, der sich durch unterschiedliche Gewichtung der Akquisitions- und Memorisierungsstrategie beschreiben lässt und mithilfe der Zeit zwischen Klicks und der Anzahl der Klicks ermittelt werden kann. Trägt man den Logarithmus der Zeit zwischen Klicks als Bearbeitungszeit und demnach Memorisierung gegen den Logarithmus der Klickanzahl als Quantifizierung für Akquisition auf, wird, wie vorhergegangene Arbeiten gezeigt haben, ein linearer Zusammenhang erwartet. Wir hypothesisieren, dass diese Strategien über die verschiedenen Bedingungen und Blöcke konstant sein werden.

Bei den Klickanzahlen sowie den Zeiten pro Klick, welche sich nahe dem Nullpunkt befinden, vermuten wir eine geringe Standardabweichung zu finden, da die Probanden keinen „Spielraum“ mehr besitzen, innerhalb dessen sie ihre Strategie weiter „verbessern“ können. Sie haben ihr persönliches Optimum gefunden. Ein großer Standardfehler zeigt hingegen, dass die Probanden nicht an ihrem Optimum arbeiten, weswegen sich ihr Strategiemix im zweiten Block stark verschieben wird.

In Block 2 (Limitierung der Akquisitionsstrategie) erwarten wir im Allgemeinen, neben der durch die Aufgabenstellung induzierten Verschiebung hin zu weniger Klicks, eine Verschiebung des Strategiemixes hin zu mehr Zeit zwischen Klicks. Versuchspersonen mit einem hohen Standardfehler in der Anzahl der Klicks werden dabei weniger Klicks als vorgegeben benötigen.

Wir hypothesisieren des Weiteren, dass es signifikante Unterschiede in der Performance für die verschiedenen Bedingungen geben wird. Vor allem die Performance für die Trials mit komplexen Objekten sollte schlechter sein. Widerspiegeln wird sich dies darin, dass mehr Klicks und mehr Zeit zwischen Klicks benötigt werden als für die simplen Objekte. Weiterhin sollten die Versuchspersonen bei langem Delay eine schlechtere Performance aufweisen. Die Anzahl der in Block 2 nicht verwendeten (übrigen) Klicks könnte dabei ein weiteres Indiz dafür sein, wie schwer die Variationskombination bzw. wie gut die Performance ist.

Zusätzlich vermuten wir, dass die Performance innerhalb der *Operation Span* Aufgabe mit dem Strategiemix korreliert ist. Versuchspersonen, die sich besser viele Objekte merken können, tendieren demnach zur Memorisierungsstrategie, während die Individuen, die sich nur wenige Objekte gut merken, eher aufseiten der Akquisitionsstrategie arbeiten werden.

Wir erwarten, dass Versuchspersonen, die im *Stroop* Test wenige Fehler gemacht haben, auch weniger Fehler in der Hauptaufgabe machen werden.

## 5 Material und Methoden

### 5.1 Vorversuche

Mithilfe von Vorversuchen mit sieben Versuchspersonen wurde entschieden, die ursprünglich geplante zweite Arbeitsgedächtnisaufgabe, *Memory Updating* aus der *Working Memory Battery* von Lewandowsky et al. (2010), durch einen verkürzten *Stroop* Test, welcher erstmals von *Stroop* (1935) vorgestellt wurde, zu ersetzen. Probanden zeigten bei der als letzter Versuch geplanten *Memory Updating* Aufgabe eindeutige Anzeichen mangelnder Konzentration und Motivation. Drei Versuchspersonen haben den Versuch abgebrochen, da sie nach eigenen Angaben zu übermüdet waren und sich nicht mehr konzentrieren konnten. Zusätzlich kam die Tatsache hinzu, dass eine Messsitzung nicht länger als 1,5 Stunden dauern sollte und diese Zeit durch verwenden des *Operation Span* und des *Memory Updating* Tests überschritten wurde. Um eine Einschätzung der Motivation und Aufmerksamkeit der Probanden vornehmen zu können, wurde vor Beginn der Hauptexperimente ein verkürzter *Stroop* Test durchgeführt.

Des Weiteren wurde nach den Vorversuchen entschieden, dass sich die Objekte jeweils in einer variierenden Anzahl an Merkmalen voneinander unterscheiden sollten. Grund dafür war, dass die Probanden, sofern sich die Objekte immer in allen Merkmalen unterschieden, schnell lernten, dass es ausreicht, nur ein Merkmal zu betrachten und dementsprechend ein anderes Suchverhalten gezeigt wurde, als beabsichtigt. Die verschiedenen Objektkomplexitäten zeigten so keine Wirkung. Unterschieden sich die Objekte in allen Merkmalen, gaben vier Probanden an, folgende Strategie verwendet zu haben: Es wurde sich ein Merkmal ausgesucht und erstmals auf der linken Seite gezählt, wie oft es vorhanden ist. Die Anzahl der Objekte mit diesem Merkmal wurde sich gemerkt und daraufhin die Bildschirmhälfte gewechselt. Nun wurden auch auf dieser Seite die Häufigkeit des Merkmals gezählt und mit der gemerkten Zahl verglichen. Sowohl die sehr hohen Fehlerraten um die 50 % als auch die Augentracking Daten korrespondierten mit der genannten Strategie.

### 5.2 Versuchspersonen

An den Versuchen nahmen 18 Versuchspersonen im Alter von 19 bis 23 Jahren ( $21,06 \pm 1,18$ ) teil. Acht dieser Versuchspersonen waren weiblich. Alle Versuchspersonen waren den Aufgaben gegenüber naiv.

Um eine Grenze zu finden, ab der man sicher sein kann, dass die Versuchspersonen nicht geraten haben, wurde mithilfe einer beidseitigen Binomialverteilung mit  $n = 40$  Wiederholungen ein Grenzwert von maximal 14 Fehlern ermittelt ( $p = 0,0192$ ). Somit kann mit einer Sicherheit von 96,61% behauptet werden, dass die Probanden, wenn 14 oder weniger Fehler gemacht wurden, nicht geraten und die Hauptaufgabe verstanden haben. Dies entspricht einer



Fehlerquote von 35%. Aufgrund dieser Schwelle musste ein Proband ausgeschlossen werden, da er 17 Fehler hatte. Zusätzlich wurde ein weiterer Proband aus der Auswertung ausgeschlossen. Zwar hatte dieser 14 Fehler und wäre dementsprechend nicht wegen oben genannter Richtlinie auszuschließen, jedoch zeigte er beim *Stroop* Test die höchste Fehlerrate. Diese zwei Tatsachen lassen darauf schließen, dass die Versuchsperson unmotiviert oder unaufmerksam war, wodurch die Messergebnisse nicht repräsentativ sind.

Bei der Auswertung des Fragebogens konnten nur 15 Versuchspersonen gewertet werden, da eine den Fragebogen für Block 2 nicht ausgefüllt hatte.

### **5.3 Versuchsdetails**

Die Messungen fanden im Zeitraum vom 28. Juni bis zum 12. Juli 2018 unter der Woche zwischen 9 und 13 Uhr statt. Eine Sitzung dauerte zwischen 45 und 90 Minuten, abhängig davon, wie ausgedehnt die Pausen zwischen den Aufgaben waren und wie schnell die Versuchspersonen die Aufgaben bearbeiteten.

Alle Versuche fanden in einem mit Dimmbeleuchtung ausgestatteten und schallisolierten Versuchsraum im E-Bau auf der Morgenstelle 28 der Universität Tübingen statt. Der Raum war mit einer Belüftungsanlage ausgestattet, die für eine konstante Temperatur sorgte und etwaige Geräusche übertönte.

Während der Versuche war durchgehend die Versuchsleiterin anwesend, um Fragen zu beantworten und das Augenbewegungsmessgerät zu kalibrieren. Alle Versuchsanweisungen wurden den Probanden ausgedruckt präsentiert (siehe Anhang: Versuchsanweisungen) und konnten in eigenem Tempo durchgearbeitet werden. Nach Beantwortung aller weiteren Fragen begannen die Versuche jeweils mit einem Probedurchlauf, welcher im Hauptversuch mehrmals, in den anderen Versuchen nur einmal, durchgearbeitet werden konnte.

### **5.4 Versuchsablauf**

Begonnen wurde die Messsitzung mit einem verkürzten *Stroop* Test, wobei erstmals eine Anleitung präsentiert wurde, auf die 16 Übungsdurchläufe folgten. Nach Beendigung des *Stroop* Test wurde das Augenbewegungsmessgerät kalibriert und die Aufgabenstellung des ersten Hauptversuchsteils präsentiert und Fragen beantwortet. Es folgte ein Testdurchlauf mit vier Trials, welcher beliebig oft wiederholt werden konnte. Nachdem die Probanden sich in der Lage fühlten den Versuch zu beginnen, wurde der erste Block des zweigeteilten Hauptversuches gestartet. Nach Abschluss des ersten Blocks wurde ein Fragebogen ausgeteilt, welcher zu beantworten war. Es folgte eine beliebig lange Pause, nach der mit dem zweiten Block begonnen wurde. Hierbei wurde erneut eine Anleitung präsentiert. Nach dem zweiten Block wurde die zweite Hälfte des Fragebogens zur Beantwortung ausgegeben. Die



Versuchspersonen durften danach erneut eine Pause machen. Als letztes wurde ein *Operation Span* Test durchgeführt. Wie zuvor wurde eine Aufgabenstellung ausgegeben und Fragen dazu beantwortet. Ein Übungsdurchlauf ermöglichte die Auseinandersetzung mit dem kommenden Aufgabentyp. Innerhalb der folgenden Aufgabe hatten die Versuchspersonen nach jeweils 3 Trials die Möglichkeit eine Pause zu machen.

#### **5.4.1 Stroop Test**

Mithilfe eines vereinfachten *Stroop* Test sollte die Aufmerksamkeit sowie Motivation der Probanden ermittelt werden. Bei diesem Test mussten Probanden auf dem schwarzen Bildschirm auftauchende Farbwörter, welche in den Farben rot, gelb, grün und blau geschrieben waren, erkennen und die zur Schriftfarbe passende Taste drücken. Begonnen wurde die Aufgabe mit 16 Versuchsdurchläufen, worauf 80 Durchläufe folgten. Stimmt die eingetippte Farbe mit der gesehenen Farbe überein, war ein hoher Ton zu hören. War die eingegebene Farbe nicht korrekt wurde ein tiefer Ton abgespielt.

Insgesamt gab es 20 kongruente Fälle, bei denen das Wort und die Farbe, in der es geschrieben war, gleich waren, sowie 60 inkongruente Fälle, in denen dies nicht der Fall war.

Aufgezeichnet wurden für beide Fälle sowohl die gemittelten Fehlerraten als auch die gemittelte Zeit bis zu einer Antwort.

#### **5.4.2 Hauptaufgabe**

Der Hauptversuch war in Block 1 und 2 eingeteilt. Beide Blöcke bestanden aus jeweils 20 Trials, in denen den Versuchspersonen Stimuli-Bilder präsentiert wurden. Jedes Stimulus-Bild enthielt 15 Objekte, die mittig gespiegelt und in 2 Spalten angeordnet waren (Abbildung 2 und Abbildung 3). Aufgabe war es, die Anzahl der sich pro Zeile unterscheidenden Objekte, im Folgenden auch Fehler genannt, zu nennen. Dabei konnten entweder ein oder zwei Fehler pro Stimulus-Bild vorhanden sein. Die Objekte unterscheiden sich entweder nur in einem Merkmal oder in allen Merkmalen. Es handelt sich somit um ein 2x2 Design mit den Faktoren Anzahl der Fehler und Schwere der Fehler, die pseudorandomisiert wurden.

In der Aufgabenstellung wurde hervorgehoben, dass die Aufgaben „so gut und so zügig“ wie möglich zu bearbeiten seien und dass die einzelnen Objekte bestenfalls nur ein einziges Mal betrachtet werden sollten. Es gab keinerlei Einschränkungen, wie das individuelle Suchverhalten auszusehen habe.

Aufgezeichnet wurde jeweils die Anzahl der Klicks (bei denen ein Seitenwechsel stattfand), die Zeit zwischen den Klicks (abzüglich des Delays), die Anzahl der Fehler, sowie die Augenbewegungen.

### a. Kalibrierung

Bevor der Hauptversuch begonnen werden konnte, wurde das Gerät zur Aufnahme der Augenbewegung kalibriert. Hierzu platzierten die Versuchspersonen Kinn und Stirn auf einer Kopfstütze und betrachteten den Bildschirm (Abbildung 1). Diese Position wurde später auch im folgenden Hauptversuch eingenommen. Zuerst wurde überprüft, ob der Infrarot-Kontrast zwischen Iris und Pupille ausreichend groß und das Auge mittig in der Kameraeinstellung zu sehen war. Nachdem all diese Parameter überprüft und gegebenenfalls angepasst wurden, mussten die Versuchspersonen auf dem Bildschirm auftauchende blaue Kreise fixieren. Sofern die Kalibrierung ohne Probleme erfolgte, wurde mit der Hauptaufgabe begonnen. Bei Schwierigkeiten wurde das andere Auge eingestellt und die Kalibrierung erneut durchgeführt. Während des Delays wurden keine Augentracking Daten aufgenommen.

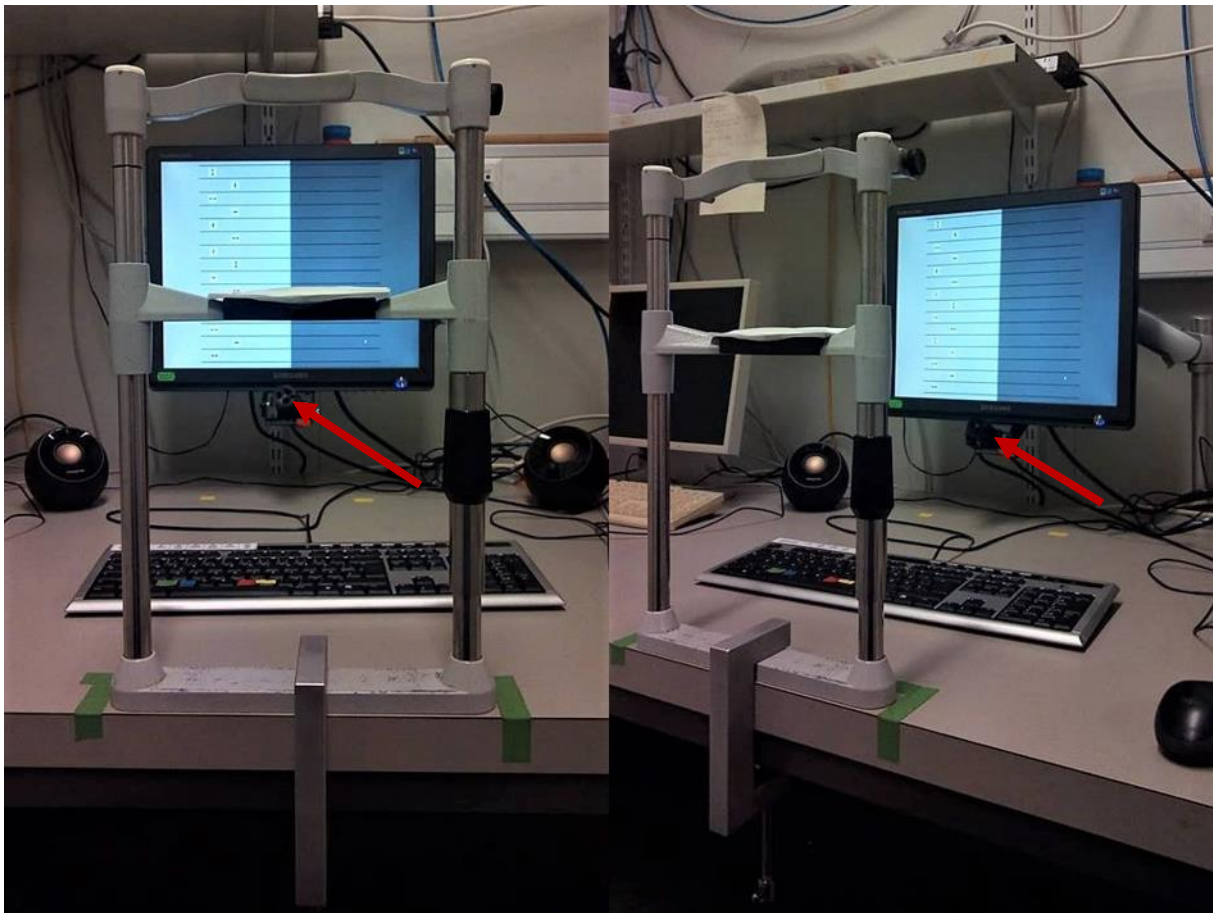


Abbildung 1: Versuchsaufbau des Hauptversuches für Block 1 und 2  
Zu sehen ist die Platzierung der Kopfstütze und die Kamera, mit der die Augenbewegungen aufgenommen wurden (rote Pfeile).

## b. Durchführung

Zu Beginn jedes Blockes wurde auf dem Bildschirm erneut eine kurze Anleitung präsentiert. Jeder Trial begann mit einem Fixationskreuz sowie der Beschreibung der Variationskombination (Abbildung 2). Nach einer Sekunde wurde die Beschreibung ausgeblendet und nur noch das Fixationskreuz war für weitere eineinhalb Sekunden zu sehen. Nach den zweieinhalb Sekunden Vorbereitung wurde das erste Stimulus-Bild mit einer undurchsichtigen, grauen Maske auf der rechten Seite präsentiert. Zu erkennen waren die 15 versetzten Objekte der linken Spalte mit den Leitlinien in gleichem Abstand. Durch Klicken der rechten Maustaste konnte die Maske verschoben werden und die rechte Seite wurde nach einer Verzögerung (eng. 'Delay') sichtbar. Sobald die Versuchspersonen alle Fehler gefunden hatten, musste die Leertaste gedrückt werden um den Trial zu beenden. Danach nannten die Versuchspersonen die Anzahl der gefundenen Fehler, die von der Versuchsleitung notiert wurde. Es folgte direkt der nächste Trial.

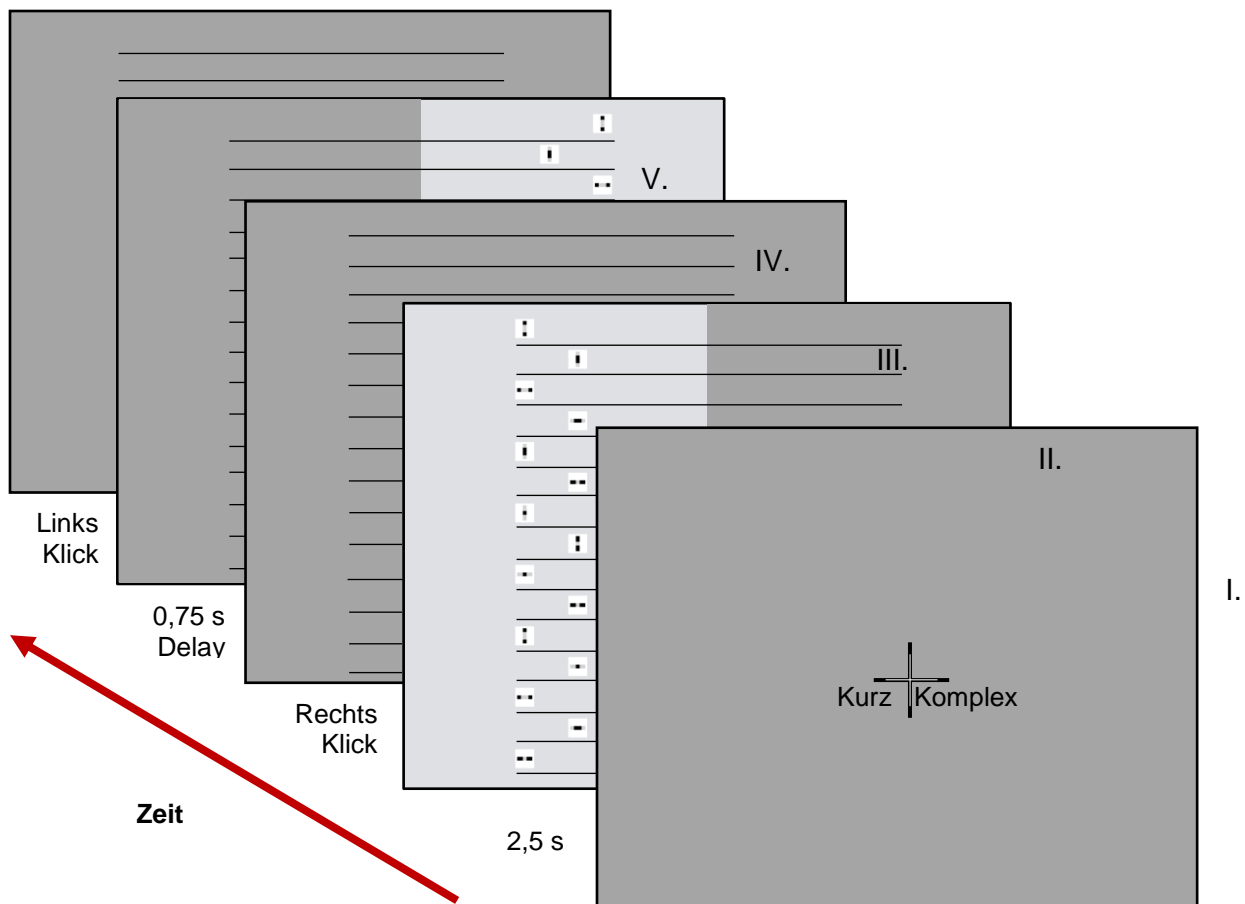


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf eines Trials

- I. Fixationskreuzpräsentation (2,5 s) mit Kennzeichnung der Trial-Bedingungen: ‚Kurzer Delay‘ (entspricht 0,75 s) und ‚Komplexe Objekte‘ (entspricht 3 Merkmalen). Der Text wird nach 1 s ausgeblendet, sodass nur noch das Fixationskreuz für weitere 1,5 s zu sehen ist.
- II. Präsentation der Stimuli mit initialer Verdeckung der rechten Seite und Leitlinien in regelmäßigen Abständen.
- III. Nach Rechtsklick: Maske über die gesamte Breite für die Länge des entsprechenden Delays (in diesem Fall 0,75 s). Leitlinien bleiben sichtbar.
- IV. Präsentation der Stimuli mit Verdeckung der linken Seite und Leitlinien in regelmäßigen Abständen.
- V. Nach Linksklick: Maske über die gesamte Breite für die Länge des Delays (0,75 s). Leitlinien bleiben sichtbar.

Nach 20 Trials wurde das Programm automatisch mit Drücken der Leertaste beendet und alle erhobenen Daten gespeichert. In Block 1 wurden zusätzlich die gemittelten Klickanzahlen für die vier Bedingungen gespeichert. Die Bedingungen werden im Folgenden näher erläutert.

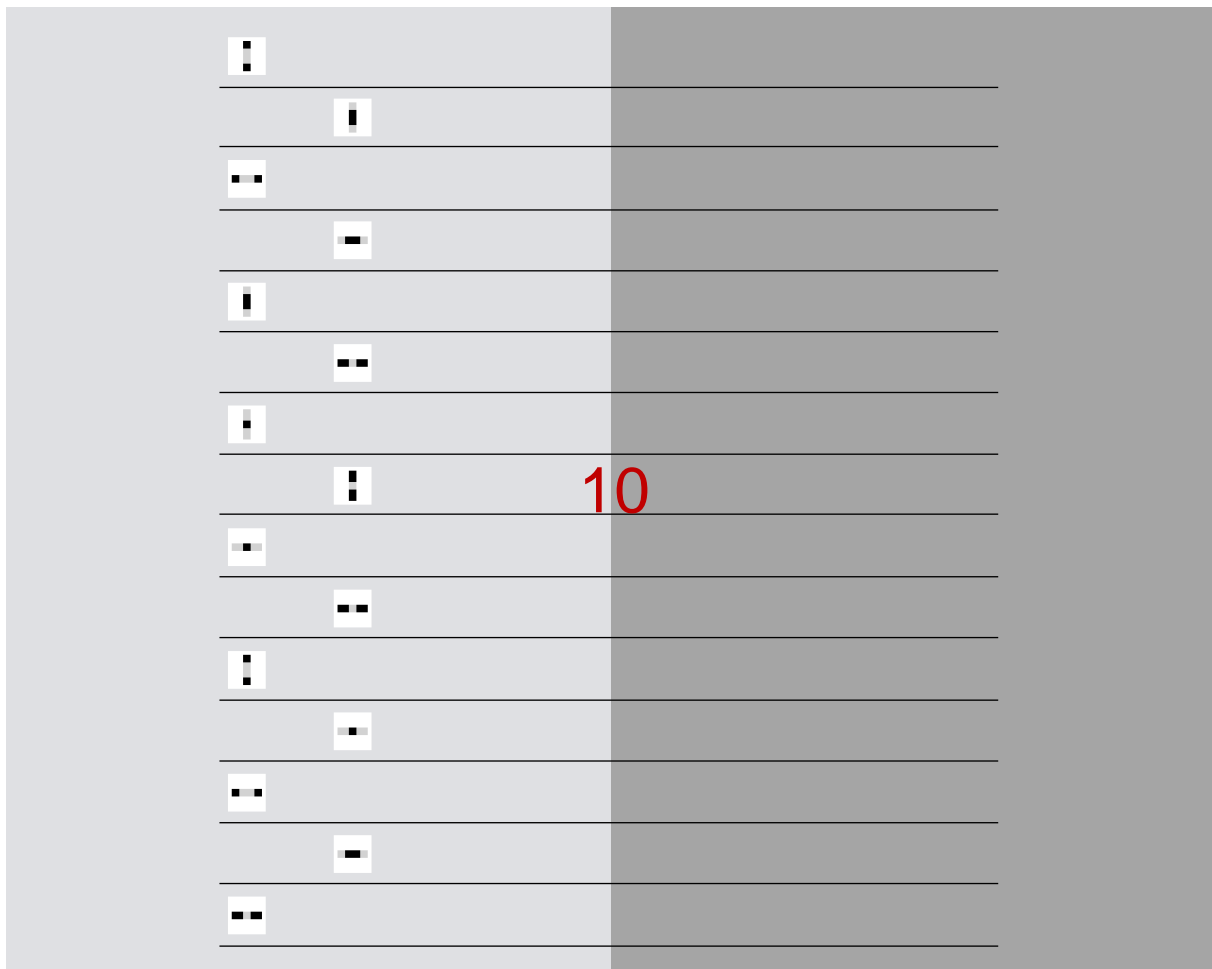


Abbildung 3: Stimuli-Bild Trial 1 Block 2

Bild der Stimuli mit initialer Verdeckung der linken Seite, Leitlinien und mittig in Rot präsentierte Anzahl der verwendbaren Klicks (10). Die Anzahl verringert sich pro Klick und ist durchgehend sichtbar, auch wenn die Maske während des Delays über die gesamte Breite geht. Die Anzeige wechselt direkt zum nächsten Trial sobald die verbleibende Anzahl an Klicks auf null fällt.

In der folgenden kurzen Pause wurde ein Fragebogen (Anhang: Fragebögen Block 1) ausgefüllt. Im darauffolgenden zweiten Versuchsblock wurde die Anzahl der verwendbaren Klicks, abhängig von den zuvor verwendeten Klicks, begrenzt. Dabei wurde für jede Bedingung der im ersten Block errechnete Mittelwert auf 80 % reduziert und die so errechnete Anzahl zur nächsthöheren ganzen Zahl aufgerundet. Diese Zahl wurde durchgängig, auch während die Maske über die gesamte Breite angezeigt wurde, in roter Farbe mittig auf dem Bildschirm angezeigt. Sie reduzierte sich mit jedem Klick, bis bei null „verfügbaren“ Klicks direkt der nächste Trial begonnen wurde (Abbildung 3). Erneut mussten 20 Trials bearbeitet werden. In der folgenden kurzen Pause wurde ein Fragebogen zu Block 2 (Anhang: Fragebögen Block 2) ausgefüllt.

### c. Bedingungen

Jede der vier Bedingungen tauchte jeweils fünf Mal randomisiert pro Block auf. Es wurde sowohl die Komplexität der Objekte (*Simpel* = 2 Merkmale und *Komplex* = 3 Merkmale) als auch der Delay (*Kurz* = 0,75 Sekunden und *Lang* = 1,5 Sekunden) variiert. Somit ergaben sich die Bedingungen: ‚Kurz Simpел‘, ‚Kurz Komplex‘, ‚Lang Simpел‘ und ‚Lang Komplex‘ (Tabelle 1)

Tabelle 1: Bedingungsmatrix

Zwei Delay-Zeiten: Kurz oder Lang sowie zwei Objektkomplexitäten: Simpел und Komplex.

		Delay	
		Kurz (0,75 s)	Lang (1,5 s)
Komplexität	Simpel (2 Merkmale)	‚Kurz Simpел‘	‚Lang Simpел‘
	Komplex (3 Merkmale)	‚Kurz Komplex‘	‚Lang Komplex‘

### d. Objekte

Für beide Versuchsteile wurden insgesamt 12 verschiedene rechteckige Objekte verwendet, die in ein weißes Quadrat der Größe 40 x 40 px eingebettet waren. Vier der Objekte besaßen zwei Merkmale, diese wurden als *Simpel* betitelt, wohingegen acht der Objekte drei Merkmale besaßen und als *Komplex* bezeichnet wurden (Abbildung 4). Die drei verwendeten Merkmale der komplexen Objekte: 1) Orientierung, 2) Größe des Mittelstücks sowie 3) Farbe der äußeren Teile hatten jeweils zwei Ausprägungen. Die Orientierung des Objekts war entweder horizontal oder vertikal. Die Größe des Mittelstücks variierte zwischen groß, was 16 px entsprach und klein (8 px), wobei die Größe des eingebetteten Objekts immer 32 x 8 px betrug (Abbildung 5). Die Objekte mit 2 Merkmalen waren entweder schwarz oder grau und variierten wie die Objekte zuvor in der Orientierung.

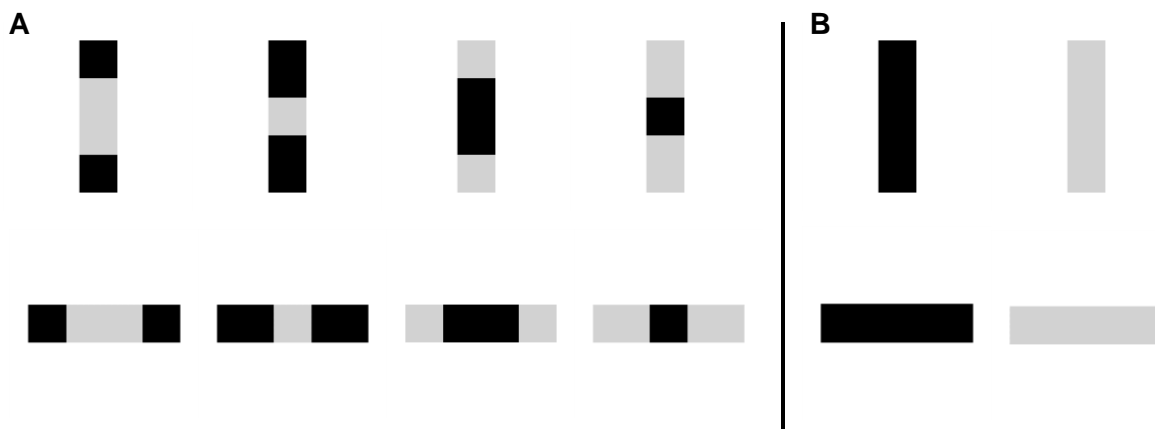


Abbildung 4: alle 12 verwendeten Objektbilder (Originalbild: 40 x 40px)

**A:** Abbildungen aller Merkmalskombinationen für die Objekte mit 3 Features. 1) Orientierung mit horizontaler und vertikaler Ausrichtung, 2) Größe des Mittelstücks mit Groß und Klein sowie 3) Farbe der äußeren Teile mit schwarz außen und grau außen.

**B:** Abbildungen aller Merkmalskombinationen für die Objekte mit 2 Features. 1) Orientierung mit vertikaler und horizontaler Ausrichtung sowie der Farbe schwarz und grau.

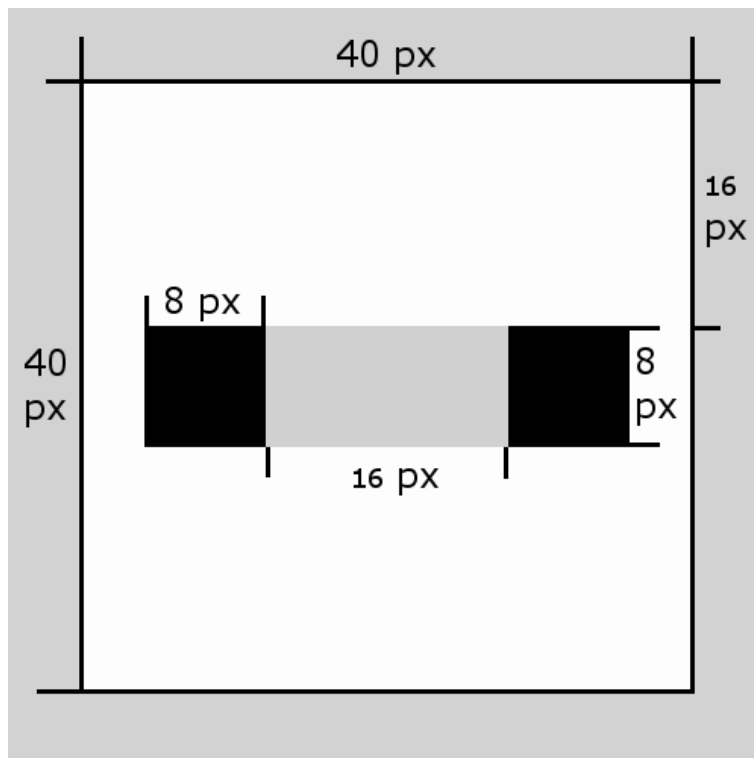


Abbildung 5: Längen-Beschriftetes Objekt mit drei Features  
 Feature: 1) vertikale Orientierung, 2) großes Mittelstück und 3) schwarz im äußeren Bereich.

### e. Fragebögen

Innerhalb der beiden Fragebögen (Anhang: Fragebögen) sollten die Versuchspersonen auf einer Skala von eins („trifft gar nicht zu“) bis sieben („trifft voll zu“) Fragen zu der empfundenen Schwierigkeit der Aufgaben, dem empfundenen Stress sowie ihrer Strategie beantworten. Die Fragen wiederholten sich im zweiten Fragebogen, wobei eine weitere Frage bzgl. eines möglichen Strategiewechsels hinzugefügt wurde.

#### 5.4.3 Operation Span

Der *Operation Span* Test wurde aus der Test-Batterie von Lewandowsky (2010) entnommen und wurde als letzte Aufgabe der Versuchsreihe durchgeführt. Innerhalb dieser Aufgabe mussten die Versuchspersonen einfache mathematische Gleichungen im Zahlenbereich 1 bis 15 mit Richtig „J“ oder Falsch „F“ beantworten und sich die darauffolgend gezeigten Buchstaben merken. Für die Beantwortung einer Gleichung hatten die Versuchspersonen jeweils drei Sekunden Zeit. Fragzeichen signalisierten dabei, wann die gemerkte Buchstabenreihe eingetippt werden soll. Die Anzahl der zu lösenden Gleichungen und zu merkenden Buchstaben variierte dabei von vier bis acht.

Aufgezeichnet wurden für die Gleichungen und die Buchstaben sowohl die Antworten als auch die Dauer bis zu einer Antwort.

## 5.5 Programme

Zum Erstellen der Objekte sowie der Stimulus-Bilder wurden Vorlagen von Hardiess et. al 2015 verwendet, welche mithilfe von Gimp2 Version 2.8 angepasst wurden.

Der Versuch wurde mithilfe der Psychtoolbox 3 (Brainard und Vision, 1997) in Matlab Version R2017a erstellt und durchgeführt. Dabei wurde ein Grundgerüst von Hardiess et. al 2015 um das Augentracking sowie die Klickbegrenzung erweitert und für die Aufgabenstellung angepasst. Alle Daten wurden mit Matlab erhoben, aufgezeichnet und gespeichert.

Der *Stroop* Test wurde über die Psychtoolbox 3 in Matlab Version R2017a ausgeführt.

*Operation Span* Test aus der Working Memory Battery von Lewandowsky et al. (2010) wurde erneut mithilfe von Matlab ausgeführt.

## 5.6 (Mess-) Geräte

Bei dem Bildschirm handelte es sich um einen handelsüblichen 1280 x 1024 px Monitor. Das Betriebssystem des Computers war Windows 2010. Die Töne des *Stroop* Tests wurden über handelsübliche Lautsprecher ausgegeben.

Die Augenbewegungen wurden mithilfe eines monokularen ‚remote‘-Systems mit einer Messfrequenz von 60Hz (Eyegaze System, LC Technologies, Inc.) aufgenommen.

## 5.7 Auswertung

Alle Verteilungs(variations)maße werden als Mittelwert  $\pm$  SE angegeben, sofern nichts anderes angegeben ist. Die Effektstärken sind immer mithilfe des partiellen Eta-Quadrat  $\eta^2$  angegeben.

Für die statistische Auswertung wurde größtenteils IBM SPSS Statistics 23 eingesetzt. Durchgeführt wurden ein- und mehrfaktorielle ANOVAs mit Messwiederholung inkl. Tests auf Normalverteilung, Sphärizität und Korrelationen. Bei Mehrfachtests derselben Variable wurde der Alpha(Fehler)inflation durch Bonferroni Korrektur vorgebeugt. Nach Bestätigung einer Normalverteilung der Daten (Kolmogorov-Smirnov-Test) und der Sphärizität (Mauchly-Test), wurden die ANOVAs durchgeführt.

Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test wurden die Variablen auf eine etwaige Abweichung von der Normalverteilung getestet. Bei Vorliegen einer Normalverteilung wurden keine weiteren Angaben beim Bericht der Statistik gemacht.

Auf Sphärizität wurde mit dem Mauchly-Test getestet. Sofern die Sphärizität verletzt war, wurden die Freiheitsgrade der ANOVA mithilfe der Greenhouse-Geisser Korrektur angepasst und diese entsprechend beim Statistikbericht angegeben.

Auf Korrelationen wurde mithilfe der Korrelation nach Pearson und paarweisem Listenausschluss geprüft. Dabei ist durchgehend die Signifikanz für einen zweiseitigen Test angegeben.

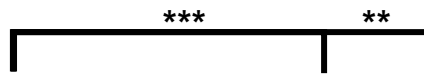


Abbildung 6: Darstellung von Signifikanzen

Signifikanzen werden in den folgenden Abbildungen mit Sternchen gekennzeichnet ( $p < 0,05 = *$ ;  $p < 0,01 = **$ ;  $p < 0,001 = ***$ ). Eine Signifikanz bezieht sich immer auf das erste mit dem Strich markierte Objekt.

Alle Diagramme wurden mit Excel 2010 erstellt. In den Abbildungen sind die Signifikanzen zwischen den Variablen mit Sternen gekennzeichnet ( $p < 0,05 = *$ ;  $p < 0,01 = **$ ;  $p < 0,001 = ***$ ). Dabei gehen Verbindungen mit mehreren Unterstrichen immer vom ersten Objekt aus, die Sterne beziehen sich demnach auf die Signifikanz zwischen der ersten Variable und dem folgenden vertikalen Strich. (Abbildung 6). Zusätzlich sind in allen Abbildungen die Standardfehler als Fehlerbalken angegeben. In Excel wurden auch t-Tests mit abhängigen Stichproben für die drei später ermittelten Gruppen durchgeführt.

Alle Kurven wurden mithilfe von Matlab R2017a und der Curve-Fitting Option durchgeführt. Die linearen Geraden wurden dabei mithilfe des polynomialen Fits ersten Grades und ohne Robustheit erstellt. Die Exponentialfunktion wurden mithilfe des Power-Fits (mit einem Term) erstellt.

Bei insgesamt 5 Trials drückten die Versuchspersonen direkt die Leertaste ohne auch nur einmal geklickt zu haben und beendeten somit den Versuch. Diese Werte wurden dementsprechend in der Auswertung nicht verwendet und die Anzahlen entsprechend angepasst.



## 6 Ergebnisse

### 6.1 Stroop Test

In der Anzahl der Fehler traten zwischen den 16 Versuchspersonen individuelle Unterschiede auf (Abbildung 7). Während Versuchspersonen 2 und 7 keine Fehler zeigten, wies Versuchsperson 3 mit 10 Fehlern die höchste Anzahl auf. Der Durchschnitt aller Versuchspersonen lag bei 3,06 Fehler  $\pm$  0,64.

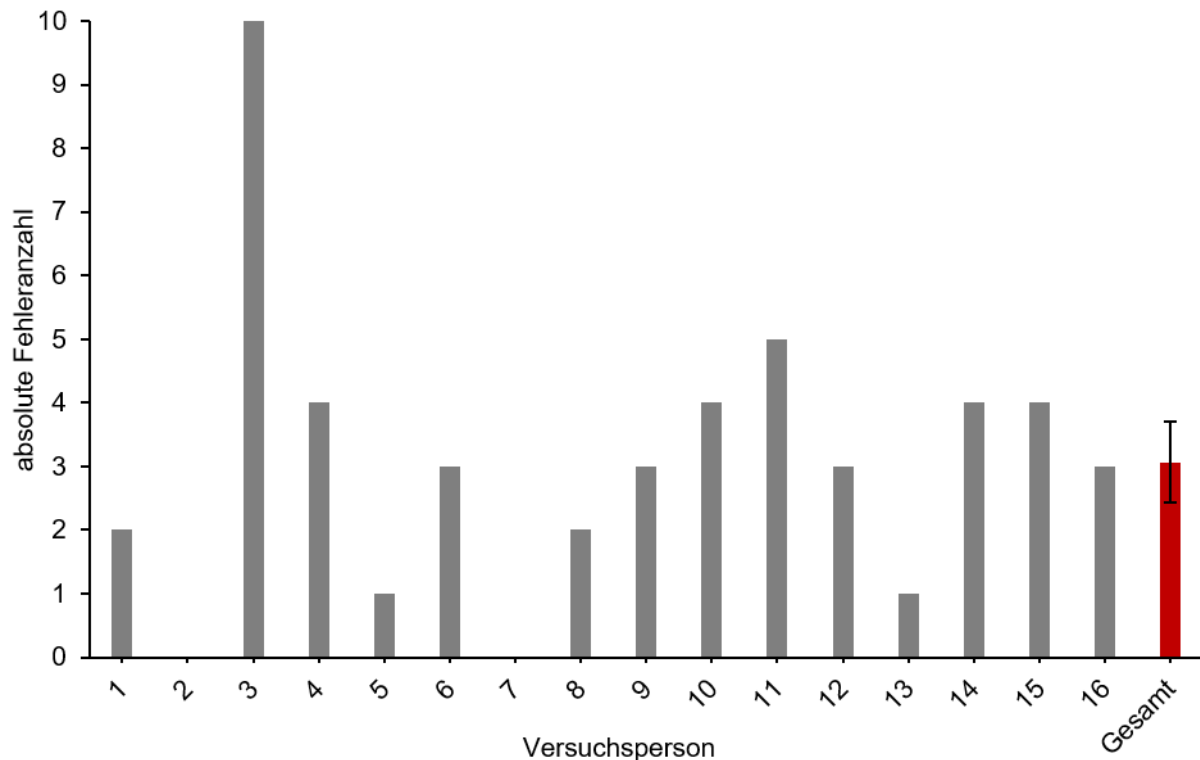


Abbildung 7: Fehleranzahl im Stroop Test

Absolute Anzahl der gemachten Fehler aufgetragen gegen die Versuchspersonen (1-16) (grau) sowie den Mittelwert (rot) aller Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler.

Die relativen Verhältnisse von richtigen zu falschen Antworten für die 20 kongruenten mit Fehlerraten von 3,44 %  $\pm$  0,93 % sowie den 60 inkongruenten Fälle mit Fehlerraten von 3,96 %  $\pm$  1,1 % zeigen, dass im Allgemeinen wenige Fehler gemacht wurden (Abbildung 8A). Die relativen Fehlerraten sind für die kongruente Bedingung ( $W(16) = 0,273$ ;  $p < 0,05$ ) und die inkongruente Bedingung ( $W(16) = 0,275$ ;  $p < 0,05$ ) nicht normalverteilt. Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung fand zwischen den beiden Bedingungen Kongruent und Inkongruent in der relativen Fehlerrate keine signifikanten Unterschiede ( $F(1, 15) = 0,116$ ;  $p = 0,738$ ;  $\eta^2 = 0,008$ ). Es existieren jedoch Unterschiede zwischen den Versuchspersonen ( $F(1, 15) = 40,763$ ,  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,731$ ).

Die Dauer bis zu einer Antwort ist mit durchschnittlich 734,94 ms  $\pm$  32,9 ms für beide Bedingungen ähnlich (Abbildung 8B). Eine einfaktorielle ANOVA ergab, dass es zwischen den beiden Bedingungen Kongruent und Inkongruent in der Dauer bis zu einer Antwort Unterschiede

auftraten ( $F(1, 15) = 7,736$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,340$ ). Der Mittelwert der Dauer für die kongruente Bedingung ist um 31,375 ms geringer. Die Dauer bis zu einer Antwort ist für die Versuchspersonen unterschiedlich (einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung:  $F(1,15) = 246,624$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,943$ ).

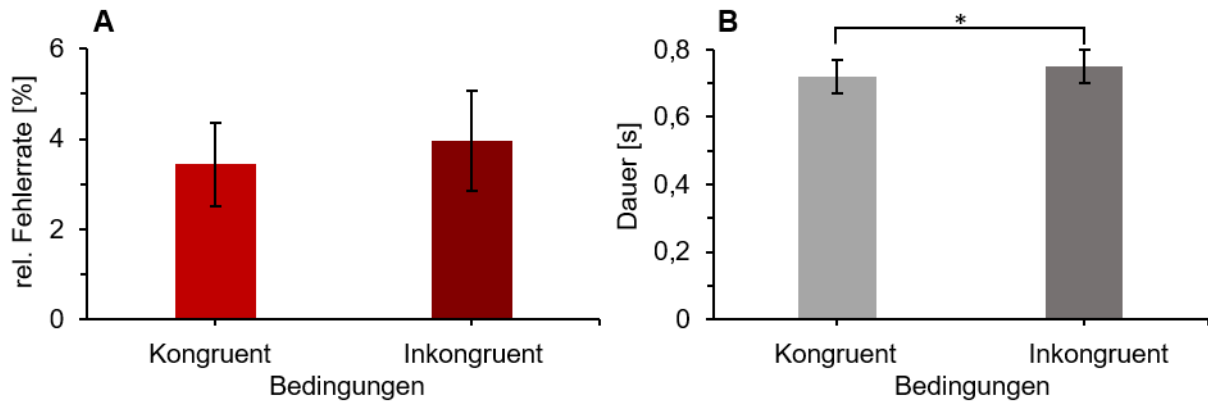


Abbildung 8: erweiterte Performance Maße im Stroop Test für Bedingungen Kongruent und Inkongruent  
**A:** relative gemittelte Fehlerrate [%] ( $n=16$ ) mit Standardfehler  
**B:** gemittelte Dauer [s] ( $n = 16$ ) bis zu einer Antwort mit Standardfehler.

## 6.2 Hauptversuch

### 6.2.1 Fehlerraten

Es zeigten sich deutliche Unterschiede in der durchschnittlichen Fehlerrate zwischen den verschiedenen Versuchspersonen über alle 40 Trials der beiden Blöcke. Versuchsperson 13 machte keinen einzigen Fehler, wohingegen Versuchspersonen 9 und 10 die höchsten Fehlerraten mit 27,5 % erreichten. Im Mittel wurde eine Fehlerrate von 14,51 %  $\pm$  2,14 % erzielt. Die Standardfehler der Fehlerraten der einzelnen Versuchspersonen betrugen zwischen 0 % für Versuchsperson 13 und 7,24 % bei Versuchsperson 6.

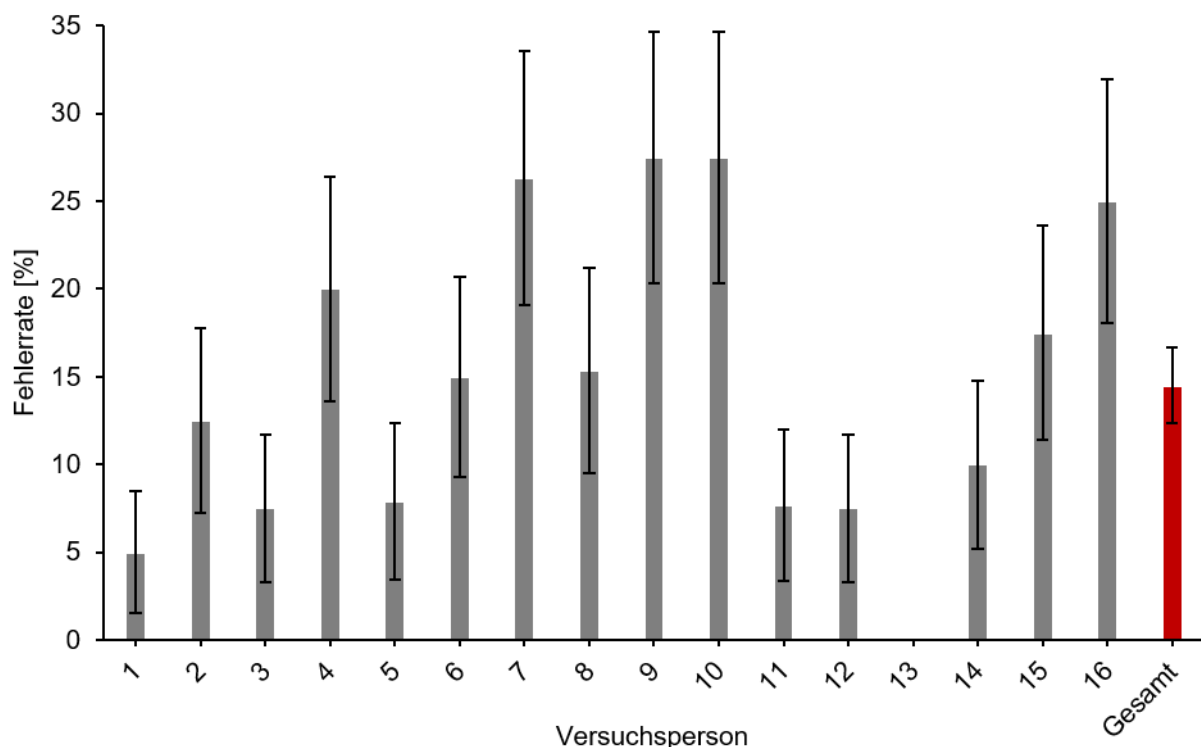


Abbildung 9: Fehlerraten des Hauptversuchs  
Gemittelte Fehlerraten [%] jeweils mit Standardfehler aufgetragen gegen die einzelnen Versuchspersonen (1-16) über alle Trials beider Blöcke ( $n=40$ ) (grau) sowie den Mittelwert (rot) aller Versuchspersonen ( $n=16$ ).

In Block 1 wurden mit nur 13,25 %  $\pm$  2,75 % weniger Fehler als in Block 2 gemacht, während die gemittelte Fehlerrate in Block 2 15,77 %  $\pm$  2,48 % betrug (Abbildung 10A). Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant (einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung:  $F(1, 15) = 657$ ;  $p = 0,430$ ;  $\eta^2 = 0,042$ ).

Bezüglich der vier Bedingungen wurden mit 17,72 %  $\pm$  2,4 % die meisten Fehler bei der Bedingung mit den geringsten Kosten für beide Strategien („Kurz Sempel“) gemacht. Am wenigsten Fehler wurden mit 10,69 %  $\pm$  3,33 % in der Bedingung „Lang Sempel“ gemacht (Abbildung 10C). Ein Kolmogorov-Smirnov-Test zeigte, dass nur die Bedingung „Kurz Sempel“ im Block 2 normalverteilt sind. Die Fehlerraten für die anderen Bedingungen (Abbildung 10D) sind nach dem Kolmogorov-Smirnov-Test nicht normalverteilt („Kurz Sempel“ Block1:  $W(16) = 0,258$ ;  $p <$

0,05; ‚Kurz Komplex‘ Block 1:  $W(16) = 0,343$ ;  $p < 0,001$ ; ‚Lang Simplel‘ Block1:  $W(16) = 0,382$ ;  $p < 0,001$ ; ‚Lang Komplex‘ Block 1:  $W(16) = 0,257$ ;  $p < 0,05$ ; ‚Kurz Komplex‘ Block 2:  $W(16) = 0,238$ ;  $p < 0,05$ ; ‚Lang Simplel‘ Block 2:  $W(16) = 0,343$ ;  $p < 0,001$ ; ‚Lang Komplex‘ Block 2:  $W(16) = 0,376$ ;  $p < 0,001$ ). Durch eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung ließen sich keine signifikanten Unterschiede in den Fehlerraten zwischen den Blöcken ( $F(1, 15) = 0,819$ ;  $p = 0,380$ ;  $\eta^2 = 0,052$ ), zwischen den Bedingungen ( $F(3, 45) = 1,711$ ;  $p = 0,178$ ;  $\eta^2 = 0,102$ ) und in der Interaktion zwischen den Blöcken und Bedingungen ( $F(3, 45) = 0,562$ ;  $p = 0,643$ ;  $\eta^2 = 0,036$ ) erkennen.

Die Fehlerraten für Trials mit nur einem zu findenden Fehler lagen mit  $11,29\% \pm 2,56\%$  unter den  $17,78\% \pm 2,94\%$  bei Trials mit zwei zu findenden Fehlern (Abbildung 10B). Die Fehlerraten für einen zu findenden Fehler waren nicht normalverteilt ( $W(16) = 0,221$ ;  $p < 0,05$ ). Die einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fehlerraten für ein und zwei zu findenden Fehlern ( $F(1, 15) = 3,713$ ;  $p = 0,073$ ;  $\eta^2 = 0,198$ ).

Die höchsten Fehlerraten mit  $25,81\% \pm 9,13\%$  zeigten sich bei den Trials, in denen es zwei zu erkennende Fehler gab, diese aber nur aus der Änderung eines einzelnen Merkmals bestanden. Es wurden  $21,27\% \pm 3,63\%$  Fehler bei zwei zu erkennenden Objekten mit unterschiedlicher Änderung gemacht. Die durchschnittlichen Fehlerraten für einen zu erkennenden Fehler, bei dem nur ein Merkmal des Objekts verändert wurde, liegen bei  $9,9\% \pm 2,66\%$  während die bei einem zu erkennenden Fehler, bei denen alle Merkmale des Objekts verändert wurden bei  $13,39\% \pm 3,03\%$  liegen. Bei zwei zu findenden Fehlern, bei denen sich alle Merkmale des Objekts veränderten, wurden  $8,33\% \pm 3,04\%$  Fehler gemacht. Die Fehlerraten für die verschiedenen Änderungen (Abbildung 10D) sind nicht normalverteilt (Ein Merkmal 1 Fehler:  $W(16) = 0,308$ ;  $p < 0,001$ ; Alle Merkmale 1 Fehler:  $W(16) = 0,288$ ;  $p < 0,001$ ; Ein Merkmal zwei Fehler:  $W(16) = 0,378$ ;  $p < 0,001$ ; Alle Merkmale 2 Fehler:  $W(16) = 0,378$ ;  $p < 0,001$ ; Beides 2 Fehler:  $W(16) = 0,269$ ;  $p < 0,05$ ). Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung ließ Unterschiede für die Änderung in Abhängigkeit der zu findenden Fehler erkennen ( $F(1, 15) = 5,776$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,278$ ). Die Fehlerraten für die Trials in denen bei zwei zu findenden Fehlern alle Merkmale geändert wurden und den Trials in denen bei zwei zu findenden Fehlern beides geändert wurde unterschieden sich ( $F(1, 15) = 2,214$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,252$ ). Keine signifikanten Unterschiede wurden hingegen bei den Fehlerraten nur in Abhängigkeit der Änderung festgestellt ( $F(1, 15) = 1,236$ ;  $p = 0,284$ ;  $\eta^2 = 0,076$ ).

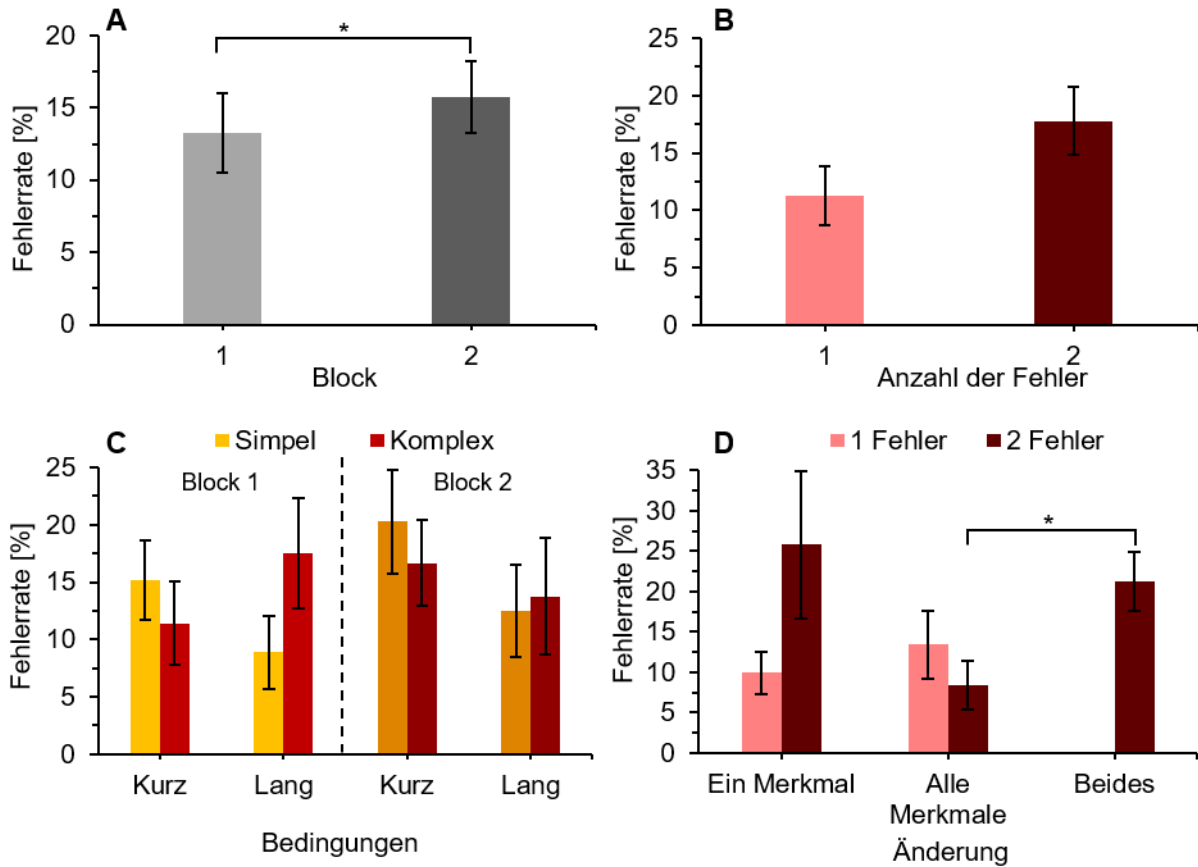


Abbildung 10: Detaillierte Beschreibung der Fehlerraten

**A:** Fehlerraten [%] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen Block 1 (hellgrau) und Block 2 (dunkelgrau).

**B:** Fehlerraten [%] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Anzahl der zu findenden Fehler 1 (rosa) oder 2 (dunkelrot).

**C:** Fehlerraten [%] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpel (gelb) und komplex (rot)) für Block 1 (hell) und Block 2 (dunkel).

**D:** Fehlerraten [%] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Änderung: ein Merkmal, alle Merkmale und Beides sowie Anzahl der zu findenden Fehler 1 (rosa) und 2 Fehler (dunkelrot).

## 6.2.2 Trialdauer

Im Durchschnitt wurden von den 16 Versuchspersonen  $39,41 \text{ s} \pm 4,21 \text{ s}$  benötigt, um einen Trial zu beenden. Versuchsperson 4 benötigte über alle 40 Trials der beiden Böcke mit  $19,44 \text{ s} \pm 1,12 \text{ s}$  die geringste Zeit, wohingegen Versuchsperson 11 mit  $74,1 \text{ s} \pm 5,63 \text{ s}$  am längsten benötigte. Nach dem Kolmogorov-Smirnov Test sind alle Zeiten pro Trial bis auf Versuchsperson 4 ( $W(40) = 0,150$ ;  $p < 0,05$ ), 5 ( $W(38) = 0,144$ ;  $p < 0,05$ ), 7 ( $W(38) = 0,176$ ;  $p < 0,01$ ), 8 ( $W(39) = 0,141$ ;  $p < 0,05$ ), 12 ( $W(40) = 0,102$ ,  $p < 0,05$ ), 13 ( $W(40) = 0,140$ ,  $p < 0,05$ ), 14 ( $W(40) = 0,146$ ,  $p < 0,05$ ) und 15 ( $W(40) = 0,153$ ,  $p < 0,05$ ) normalverteilt. Eine univariate ANOVA zeigte, dass die Versuchspersonen im Durchschnitt unterschiedlich viel Zeit brauchten, um die Aufgabe zu bearbeiten ( $F(1, 15) = 37,437$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,476$  | Abbildung 11).

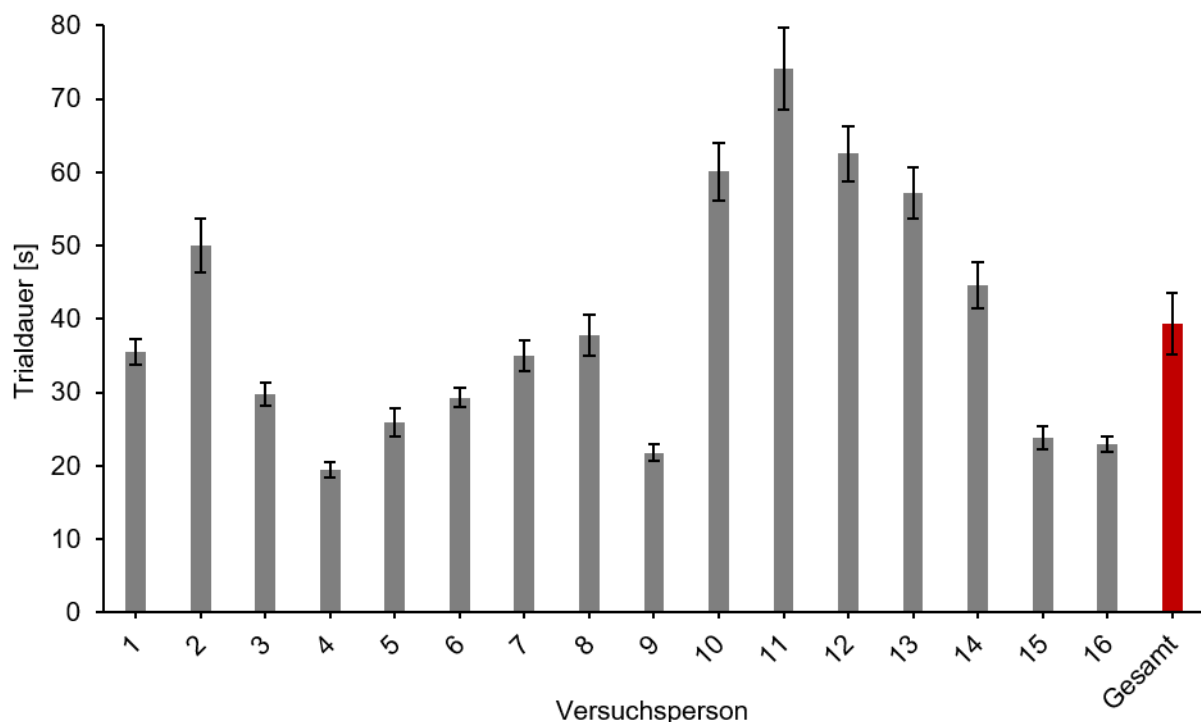


Abbildung 11: Trialdauer des Hauptversuchs

Gemittelte Trialdauer [s] mit Standardfehler aufgetragen gegen die einzelnen Versuchspersonen (1-16) über die Trials beider Blöcke ( $n=40$ ) (grau) sowie den Mittelwert (rot) aller Versuchspersonen ( $n=16$ ).

In Block 1 wurde mit  $33,85 \text{ s} \pm 3,16 \text{ s}$  weniger Zeit für einen Trial gebraucht als in Block 2 mit einer Durchschnittszeit von  $45,07 \text{ s} \pm 5,74 \text{ s}$  ( $F(1, 15) = 10,364$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,409$ ) (Abbildung 12A). Eine einfaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung bestätigte nach Greenhouse–Geisser Korrektur diese Beobachtung ( $F(1, 15) = 10,364$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,409$ ).

Im Durchschnitt wurde mit  $22,47 \text{ s} \pm 2,47 \text{ s}$  mehr Zeit auf der linken Bildschirmhälfte verbracht als auf der Rechten ( $17,05 \text{ s} \pm 1,84$ ) (einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung:  $F(1, 15) = 42,013$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,536$  | Abbildung 12B).

Die Trialdauer war bei der Bedingung ‚Lang Komplex‘ in Block 2 mit  $52,4 \text{ s} \pm 6,38 \text{ s}$  am höchsten. Am wenigsten Zeit wurde in Block 1 bei den Trials mit der Bedingung ‚Lang Simpel‘

benötigt ( $27,6 \text{ s} \pm 2,32 \text{ s}$ ). Während bei den simplen Objekten in Block 1 bei kurzem Delay durchschnittlich  $27,61 \text{ s} \pm 2,52 \text{ s}$  benötigt wurden, benötigten die Versuchspersonen für die komplexen Objekte desselben Blockes  $41,73 \text{ s} \pm 4,04 \text{ s}$ . Bei Block 2 betrug die Trialdauer für die Bedingung ‚Lang Simplel‘  $33,79 \text{ s} \pm 4,23 \text{ s}$  während für die komplexen Objekte pro Trial durchschnittlich  $53,4 \text{ s} \pm 6,38 \text{ s}$  benötigt wurden (Abbildung 12C). Die mittlere Zeit für einen Trial ist gemäß Kolmogorov-Smirnov-Test für die ‚Kurz Komplex‘ Bedingung in Block 2 ( $W(16) = 0,233$ ;  $p < 0,05$ ) nicht normalverteilt. Der Mauchly-Test legt nahe, dass die Annahme der Sphärizität nicht für die beiden Blöcke und die vier Bedingungen gegeben ist, weswegen die Freiheitsgrade korrigiert wurden. Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung zeigte sowohl Unterschiede zwischen der Trialdauer für die beiden Blöcke ( $F(1,15) = 10,255$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,406$ ) als auch zwischen den verschiedenen Bedingungen ( $F(1,15) = 29,187$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,661$ ). Die Interaktion zwischen Block und Bedingung unterschied sich ebenfalls ( $F(1,15) = 5,239$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,259$ ). In den folgenden Abbildungen sind die signifikanten Unterschiede innerhalb von Block 1 (Abbildung 12E) und Block 2 (Abbildung 12F) sowie zwischen den beiden Blöcken zu sehen.

Während bei zwei zu findenden Fehlern durchschnittlich  $36,79 \text{ s} \pm 4,02 \text{ s}$  für einen Trial benötigt wurden, wurden bei einem zu findenden Fehler  $42,11 \text{ s} \pm 4,61 \text{ s}$  benötigt. Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung zeigte, dass unterschiedlich viel Zeit für die verschiedenen Fehlerbedingungen ( $F(1,15) = 23,829$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,614$ ) sowie die Änderungen ( $F(1,15) = 7,634$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,337$ ) benötigt wurde (Abbildung 12D).

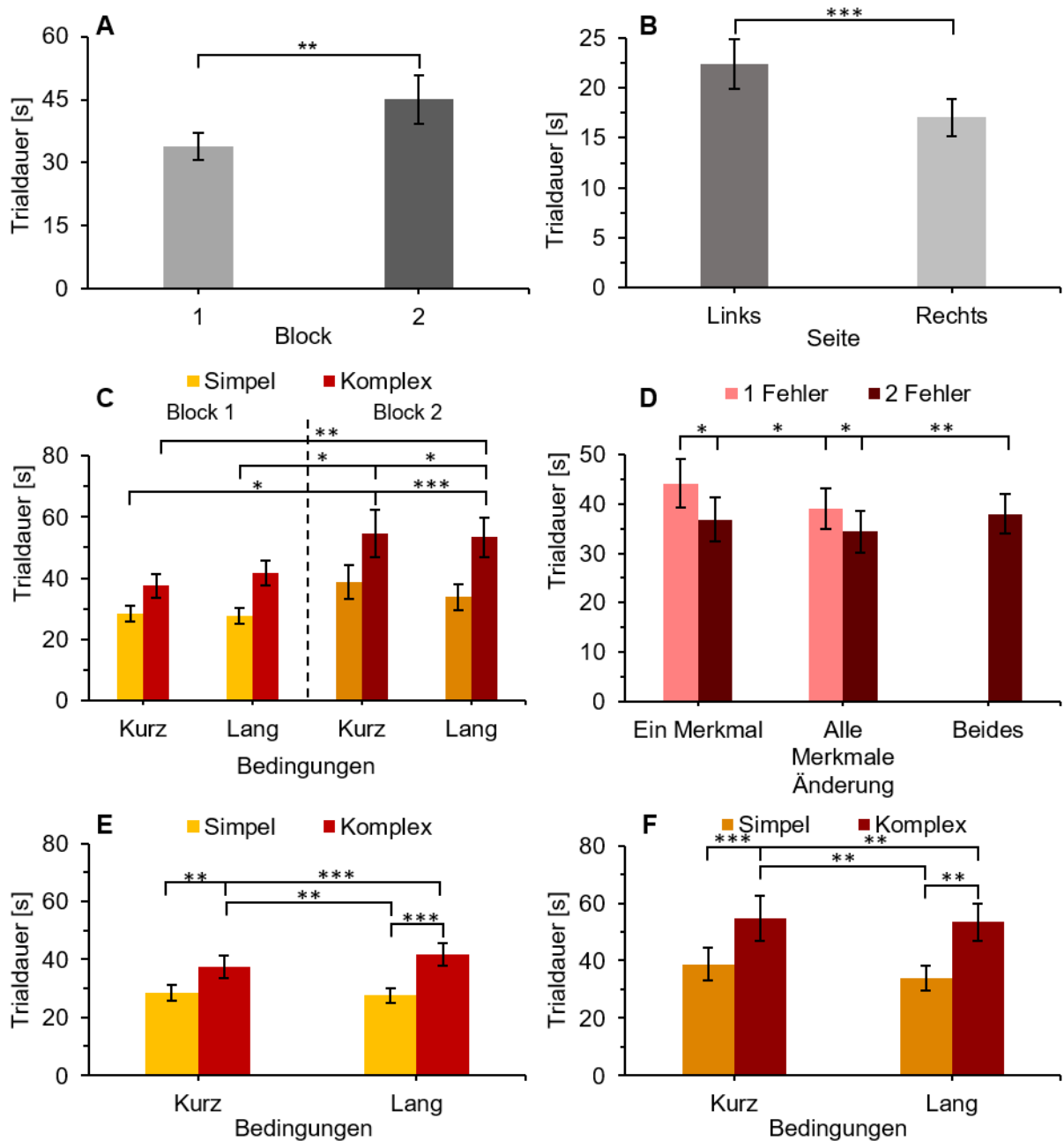


Abbildung 12: Detaillierte Beschreibung der Trialdauer

**A:** Trialdauer [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen Block 1 (hell) und Block 2 (dunkel).

**B:** Trialdauer [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Seite (Links: dunkel; Rechts: hell).

**C:** Trialdauer [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpel (gelb) und komplex (rot)) für Block 1 (hell) und Block 2 (dunkel). In **E** und **F** werden diese Daten nochmals für die beiden Blöcke separat dargestellt.

**D:** Trialdauer [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Änderung: ein Merkmal, alle Merkmale und Beides sowie Anzahl der zu findenden Fehler 1 (rosa) und 2 Fehler (dunkelrot).

**E:** Trialdauer [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpel (gelb) und komplex (rot)) für Block 1.

**F:** Trialdauer [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpel (gelb) und komplex (rot)) für Block 2.



### 6.2.3 Zeit zwischen Klicks

In der über alle Trials und Blöcke gemittelte Zeit zwischen den Klicks gab es Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen (einfaktorielle ANOVA:  $F(1, 15) = 48,720$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,542$  | Abbildung 13). Während Versuchspersonen 1, 3, 4, 5, 6 und 16 unter 4 s pro Klick benötigten, wurde von Versuchsperson 11 mit  $15,42 \text{ s} \pm 7,81 \text{ s}$  am längsten pro Klick gebraucht. Die durchschnittliche Zeit zwischen Klicks betrug  $6,08 \text{ s} \pm 1,05 \text{ s}$ .

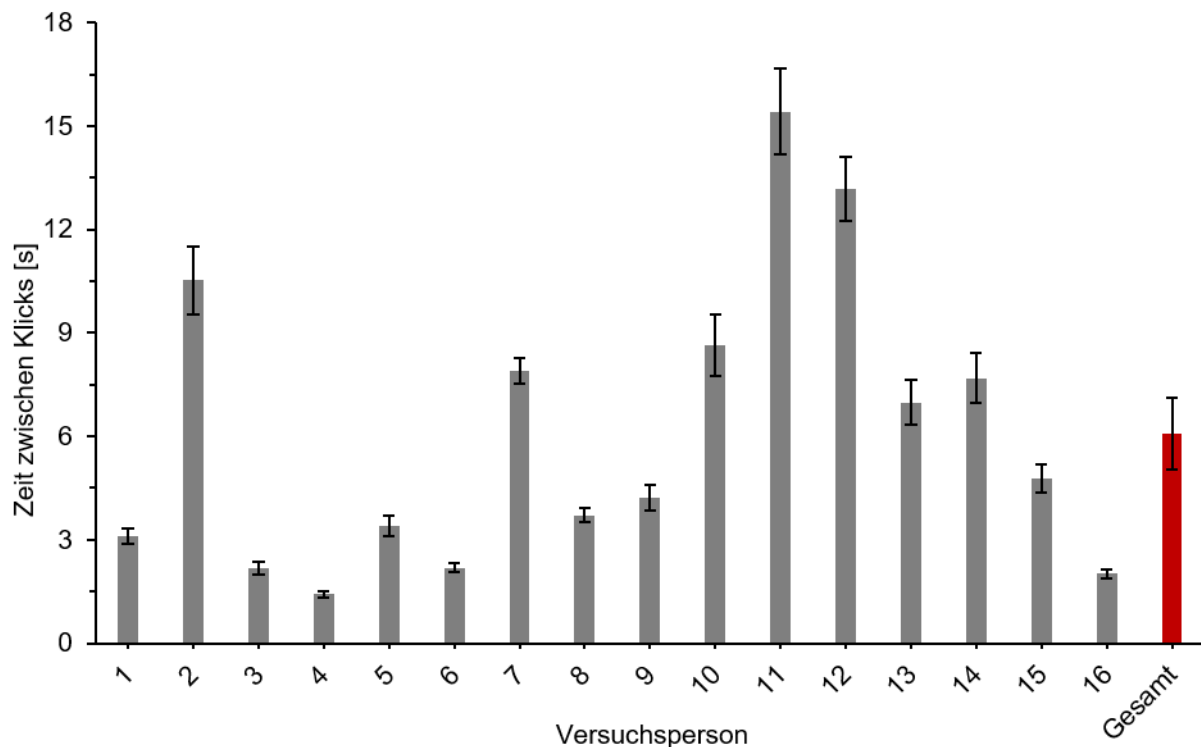


Abbildung 13: Zeit zwischen Klicks im Hauptversuch

Gemittelte Zeit zwischen Klicks [s] im Hauptversuch mit Standardfehler aufgetragen gegen die einzelnen Versuchspersonen (1-16) über die Trials beider Blöcke ( $n=40$ ) (grau) sowie den Mittelwert (rot) aller Versuchspersonen ( $n=16$ ).

Während die Versuchspersonen in Block 1 im Schnitt nur  $3,95 \text{ s} \pm 0,7 \text{ s}$  zwischen Klicks brauchten, betrug diese Zeit in Block 2  $8,2 \text{ s} \pm 1,47 \text{ s}$  (Abbildung 14A). Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung bestätigte, mithilfe der durch Greenhouse-Geisser korrigierten Freiheitsgrade, diesen Unterschied ( $F(1,15) = 22,736$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,602$ ).

Auf der linken Seite wurde von den Versuchspersonen im Durchschnitt zwischen Klicks  $6,45 \text{ s} \pm 1,1 \text{ s}$  benötigt, auf der rechten Seite hingegen nur  $5,86 \text{ s} \pm 1,03 \text{ s}$ . Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung mit wegen Verletzung der Sphärität durchgeführter Greenhouse-Geisser Korrektur bestätigte, dass mehr Zeit zwischen Klicks auf der linken Bildschirmhälfte verbracht wurde ( $F(1,15) = 14,30$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,49$ ) (Abbildung 14B).

Die Werte der Bedingungen ‚Kurz Komplex‘ für Block 1 ( $W(16) = 0,229$ ;  $p < 0,05$ ) und die Werte für ‚Lang Komplex‘ in Block 1 ( $W(16) = 0,221$ ;  $p < 0,05$ ) sind laut Kolmogorov-Smirnov Test nicht normalverteilt. Es wurden innerhalb einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung Unterschiede zwischen den beiden Blöcken ( $F(1, 15) = 22,22$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,60$ ), den Bedingungen ( $F(2,09, 31,37) = 5,48$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,267$ ) und der Interaktion zwischen Block und Bedingungen ( $F(3, 45) = 5,25$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,259$ ) für die Zeit zwischen Klicks gefunden, wobei die Sphärizität bei den Blöcken und den Bedingungen verletzt wurde, weswegen eine Korrektur der Freiheitsgrade durchgeführt wurde (Abbildung 14C).

Die mittlere Zeit zwischen Klicks lag für die Versuchspersonen bei allen zu findenden Fehlern und Änderungen zwischen  $5,92 \text{ s} \pm 1,03$ , für zwei zu findende Fehler und Änderung eines Merkmals und  $6,23 \text{ s} \pm 1,09$  für einen zu findenden Fehler und der Änderung eines Merkmals. Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung ergab weder signifikante Unterschiede in der Zeit für einen Klick abhängig von der zu findenden Fehleranzahl ( $F(1, 15) = 0,960$ ;  $p = 0,343$ ;  $\eta^2 = 0,060$ ) noch von der Änderung ( $F(1, 15) = 0,639$ ;  $p = 0,437$ ;  $\eta^2 = 0,041$ ) oder der Interaktion dieser beiden Faktoren ( $F(1, 15) = 0,424$ ;  $p < 0,525$ ;  $\eta^2 = 0,027$ ) (Abbildung 14D).

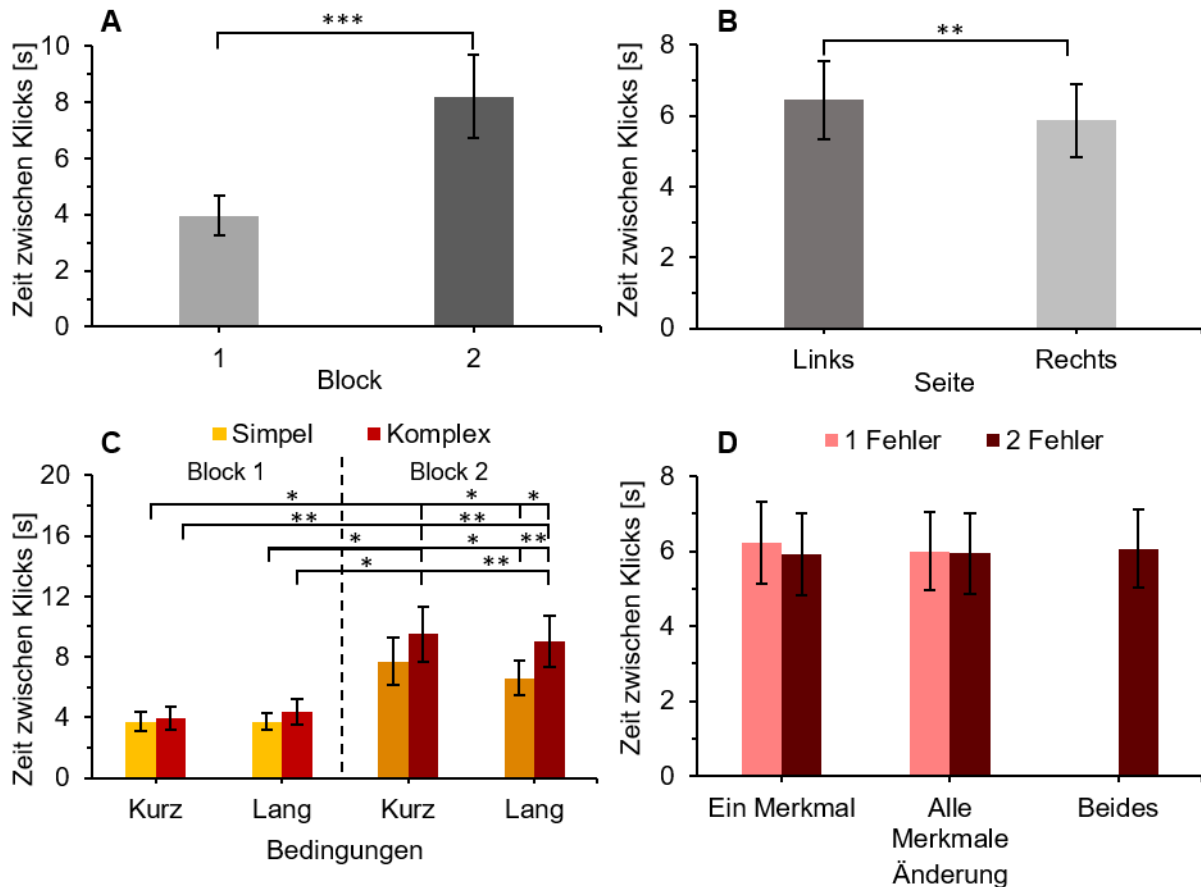


Abbildung 14: Detaillierte Beschreibung der Zeit zwischen Klicks

**A:** Zeit zwischen Klicks gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen Block 1 (hellgrau) und Block 2 (dunkelgrau).

**B:** Zeit zwischen Klicks gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Seite (Links: dunkel; Rechts: hell).

**C:** Zeit zwischen Klicks gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpel (gelb) und komplex (rot)) für Block 1 (hell) und Block 2 (dunkel).

**D:** Zeit zwischen Klicks gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Änderung: ein Merkmal, alle Merkmale und Beides sowie Anzahl der zu findenden Fehler 1 (rosa) und 2 Fehler (dunkelrot).

## 6.2.4 Klickanzahl

Obwohl die Klickanzahlen pro Versuchsperson nicht normalverteilt sind ( $W(634) = 0,155$ ;  $p < 0,001$ ), wurde aufgrund der großen Stichprobe eine einfaktorische ANOVA durchgeführt. Zu erkennen waren Unterschiede zwischen den gemittelten Klickzahlen der einzelnen Versuchspersonen ( $F(1, 15) = 39,31$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,49$ ) über alle 40 Trials der zwei Blöcke (Abbildung 15). Die geringsten durchschnittlichen Klicks hatten Versuchspersonen 2, 7, 9, 11, 12, 14 und 15. Versuchsperson 12 benötigte dabei mit  $3,925$  Klicks  $\pm 0,19$  die wenigsten Klicks. Versuchsperson 3 hingegen verwendete mit durchschnittlich  $14,65$  Klicks  $\pm 0,88$  die Meisten. Im Durchschnitt wurden  $8,16 \pm 1,32$  Klicks benötigt.

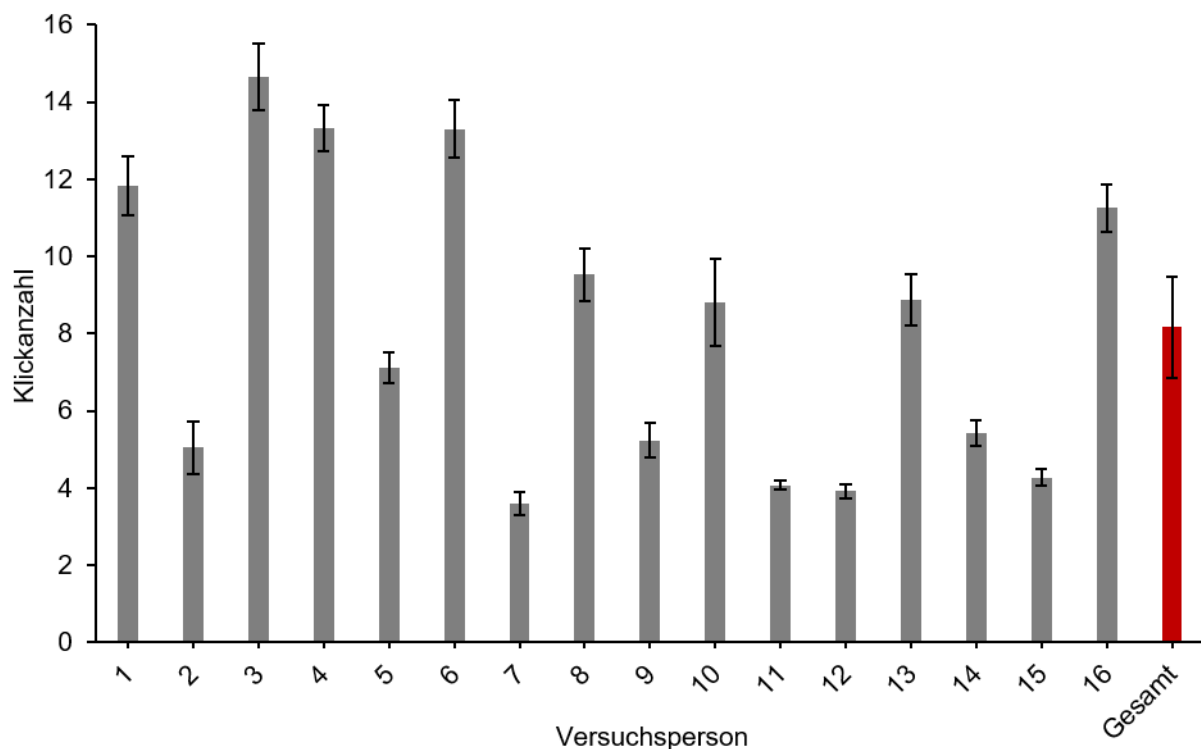


Abbildung 15: Klickanzahlen im Hauptversuch

Gemittelte Klickanzahl mit Standardfehler aufgetragen gegen die einzelnen Versuchspersonen (1-16) über alle Trials beider Blöcke ( $n=40$ ) (grau) sowie den Mittelwert (rot) aller Versuchspersonen ( $n=16$ ).

Während in Block 1 durchschnittlich  $10,51 \pm 1,28$  Klicks pro Trial verwendet wurden, benötigten die Versuchspersonen in Block 2 nur  $5,81 \pm 0,66$  Klicks pro Trial (Abbildung 16A). Rechnet man die 80 % Reduktion für die Klickbegrenzung in Block 2 heraus, indem man die Klicks aus Block 1 mit 80 % multipliziert, wurden  $8,38 \pm 1,02$  Klicks pro Trial verwendet. Durch eine einfaktorische ANOVA mit Messwiederholung wurde festgestellt, dass trotz Herausrechnen der Begrenzung in Block 2 weniger Klicks benötigt wurden, als in Block 1 ( $F(1, 15) = 30,696$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,672$ ).

Die relative Anzahl der in Block 2 nicht verwendeten, übrigen Klicks war für die Variation-Kombination: 'Lang Simplel' korrespondierend mit  $37,18 \% \pm 4,13 \%$  am höchsten (Abbildung 16B). Am wenigsten Klicks wurden mit durchschnittlich  $18,55 \% \pm 3,64 \%$  Klicks pro Trial für die Trials der Bedingung 'Lang Komplex' nicht verwendet. Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung zeigte, dass sowohl Unterschiede zwischen den verschiedenen Delay-Bedingungen ( $F(1, 15) = 4,92$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,247$ ), den Komplexitäten ( $F(1, 15) = 38,16$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,718$ ) als auch in der Interaktion zwischen Delay-Bedingungen von Objektkomplexität auftraten ( $F(1, 15) = 18,57$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,553$ ).

Die Anzahl der verwendeten Klicks pro Trial variierte für die simplen und die komplexen Objekte, unabhängig von der Dauer des Delays (Abbildung 16C). In Block 1 wurden zwischen  $7,09 \pm 0,96$  Klicks für die Trials mit der Bedingung 'Lang Simplel' und  $9,5 \pm 1,12$  Klicks bei den Trials mit der Bedingung 'Lang Komplex' benötigt. In Block 2 hingegen wurden mit  $5,20 \pm 0,57$  am wenigsten Klicks bei den Trials der Bedingung 'Kurz Simplel' verwendet. Die meisten Klicks wurden hier erneut bei den Trials mit der Bedingung 'Lang Komplex' benötigt ( $6,53 \pm 0,796$ ). Die Klickzahlen für die Trials der Bedingung 'Lang Komplex' in Block 2 ( $W(16) = 224$ ;  $p < 0,05$ ) sind nicht normalverteilt. Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung bestätigte, nach Korrektur der Freiheitsgrade, dass es sowohl Unterschiede zwischen den beiden Blöcken ( $F(1, 15) = 30,11$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,668$ ), den Bedingungen ( $F(1,769, 26,542) = 16,923$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,530$ ) als auch einen Interaktionseffekt zwischen Block und Bedingung ( $F(2,035, 30,523) = 4,551$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,233$ ) gab.

Die wenigsten Klicks pro Trial wurden mit durchschnittlich  $7,13 \pm 0,94$  Klicks in den Trials benötigt, in denen es zwei zu findende Fehler gab und sich die beiden Objekte in allen Merkmalen unterschieden (Abbildung 16D). Am meisten Klicks benötigten die Versuchspersonen bei den Trials, in denen nur ein Objekt in einem Merkmal verändert wurde ( $9,05 \pm 1,00$  Klicks). Eine zweifaktorielle ANOVA ergab Unterschiede zwischen einem und zwei zu findenden Fehlern ( $F(1, 15) = 32,087$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,681$ ). Zusätzlich dazu ergaben die verschiedenen Änderungen unterschiedliche Klickzahlen ( $F(1, 15) = 4,551$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,314$ ). Die Klickzahlen bei einem zu findenden Fehler und der Änderung in einem Merkmal waren dabei höher als alle anderen Bedingungen.

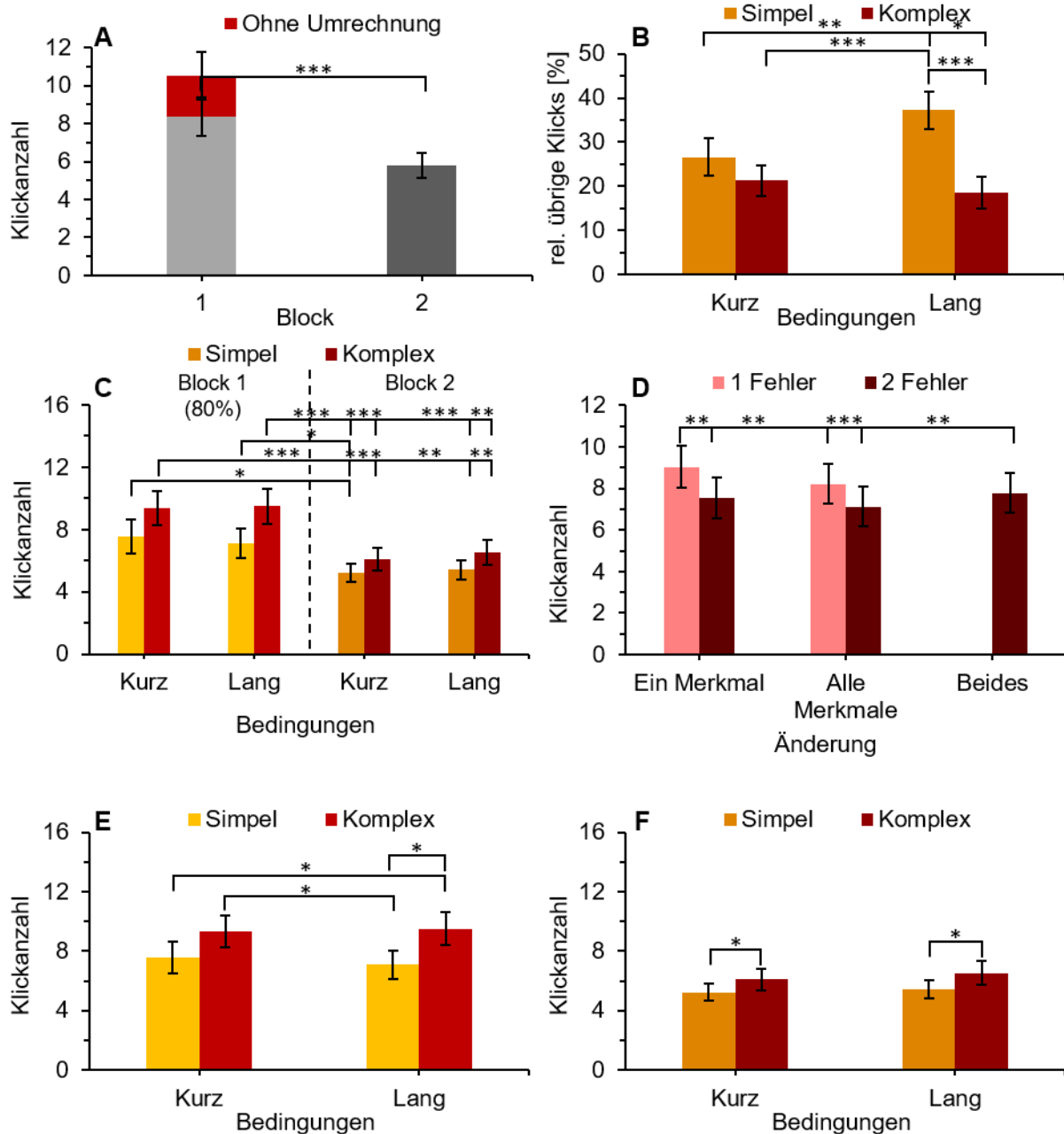


Abbildung 16: Detaillierte Beschreibung der Klickanzahl

**A:** Klickanzahl pro Trial gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen Block 1 (mit 80 % der Klicks in dunklerem Grau und 100 %: hellgrau) und Block 2 (dunkelgrau).

**B:** Relative Anzahl der übrigen Klicks pro Klickgrenze [%] aus Block 2 gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay, 'Kurz' und 'Lang' sowie der Komplexität der Objekte: 'Simpel' (gelb) und 'Komplex' (rot).

**C:** Klickanzahl pro Trial gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpler (gelb) und komplex (rot)) für Block 1 (hell) (mit der Umrechnung auf 80 %) und Block 2 (dunkel). **E** und **F** zeigen diese Ergebnisse nochmals für die einzelnen Blöcke.

**D:** Klickanzahl pro Trial gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Änderung: ein Merkmal, alle Merkmale und Beides sowie Anzahl der zu findenden Fehler 1 (rosa) und 2 Fehler (dunkelrot) über beide Blöcke.

**E:** Klickanzahl pro Trial gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpler (gelb) und komplex (rot)) für Block 1 (mit der Umrechnung auf 80 %).

**F:** Klickanzahl pro Trial gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n = 16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die verschiedenen Bedingungen: Delay (kurz oder lang) sowie der Komplexität der Objekte (simpler (gelb) und komplex (rot)) für Block 2.

## 6.2.5 Zusammenhang zwischen Klickanzahl und Zeit zwischen Klicks

Trägt man die durchschnittliche Zeit zwischen Klicks für beide Blöcke gegen die durchschnittliche Anzahl der Klicks für jede Person gemittelt über alle 40 Trials der beiden Blöcke auf, lassen sich mittels einer einfaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung über die 16 Versuchspersonen Unterschiede zwischen den Versuchspersonen feststellen (Zeit zwischen Klicks:  $F(15, 618) = 48.720$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,542$ ; Klickanzahl  $F(15, 618) = 39,308$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,488$ ) (Abbildung 18). Mithilfe einer Regression über die Versuchspersonen wird deutlich, dass es sich um eine logarithmische Verteilung der Messergebnisse mit der Formel:  $f(x) = 32,67x^{-0,897}$  handelt. Die minimale Regressionskurve bei einem Konfidenzintervall von 95 % betrug  $f(x) = 15,32x^{-1,22}$ , wohingegen die maximale Regressionskurve  $f(x) = 50,01x^{-0,573}$  betrug. Die Anzahl der Klicks korreliert nach Pearson stark negativ mit der Zeit zwischen Klicks ( $r(16) = -0,727$ ;  $p < 0,001$ ).

Der Standardfehler nimmt hier mit dem Abstand vom Nullpunkt zu. An den Extrempunkten, bei denen die maximalen Klicks sowie Zeiten benötigt wurden, ist der Standardfehler bei der entsprechenden Variablen demnach deutlich höher. Für den Abstand der Zeit zwischen Klicks vom Nullpunkt besteht eine stark positive, lineare Korrelation zur Größe des Standardfehlers ( $r(16) = 1,00$ ;  $p < 0,01$ ) (Abbildung 17A). Eine lineare Regression durch die Werte hat die Formel:  $f(x) = 0,081x$ . Auch der Wert der Klickanzahl korreliert stark positiv mit der Größe des Standardfehlers ( $r(16) = 1$ ;  $p < 0,01$ ) (Abbildung 17B). Die Regressionsgerade hat die Formel  $f(x) = 0,064x$ .

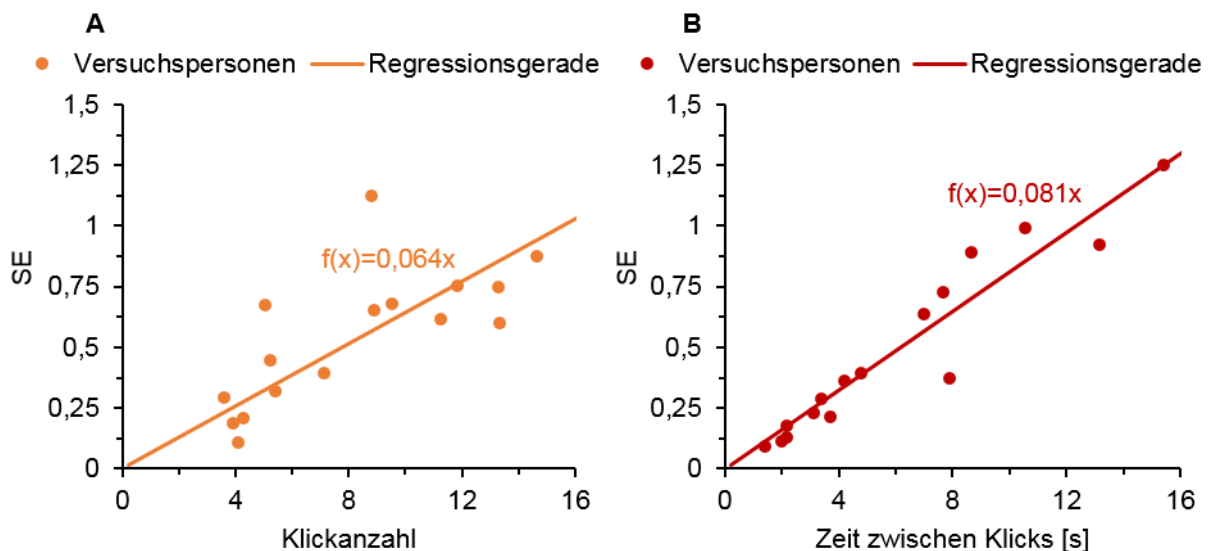


Abbildung 17: Detaillierte Beschreibung des Standardfehlers

**A:** Standardfehler gemittelt über alle Trials einer Person ( $n=40$ ) aufgetragen gegen die Zeit zwischen Klicks gemittelt über alle Trials einer Person ( $n=40$ ) für alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Regressionsgerade (orange).

**B:** Standardfehler gemittelt über alle Trials einer Person ( $n=40$ ) aufgetragen gegen die Klickanzahl gemittelt über alle Trials einer Person ( $n=40$ ) für alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Regressionsgerade (rot).

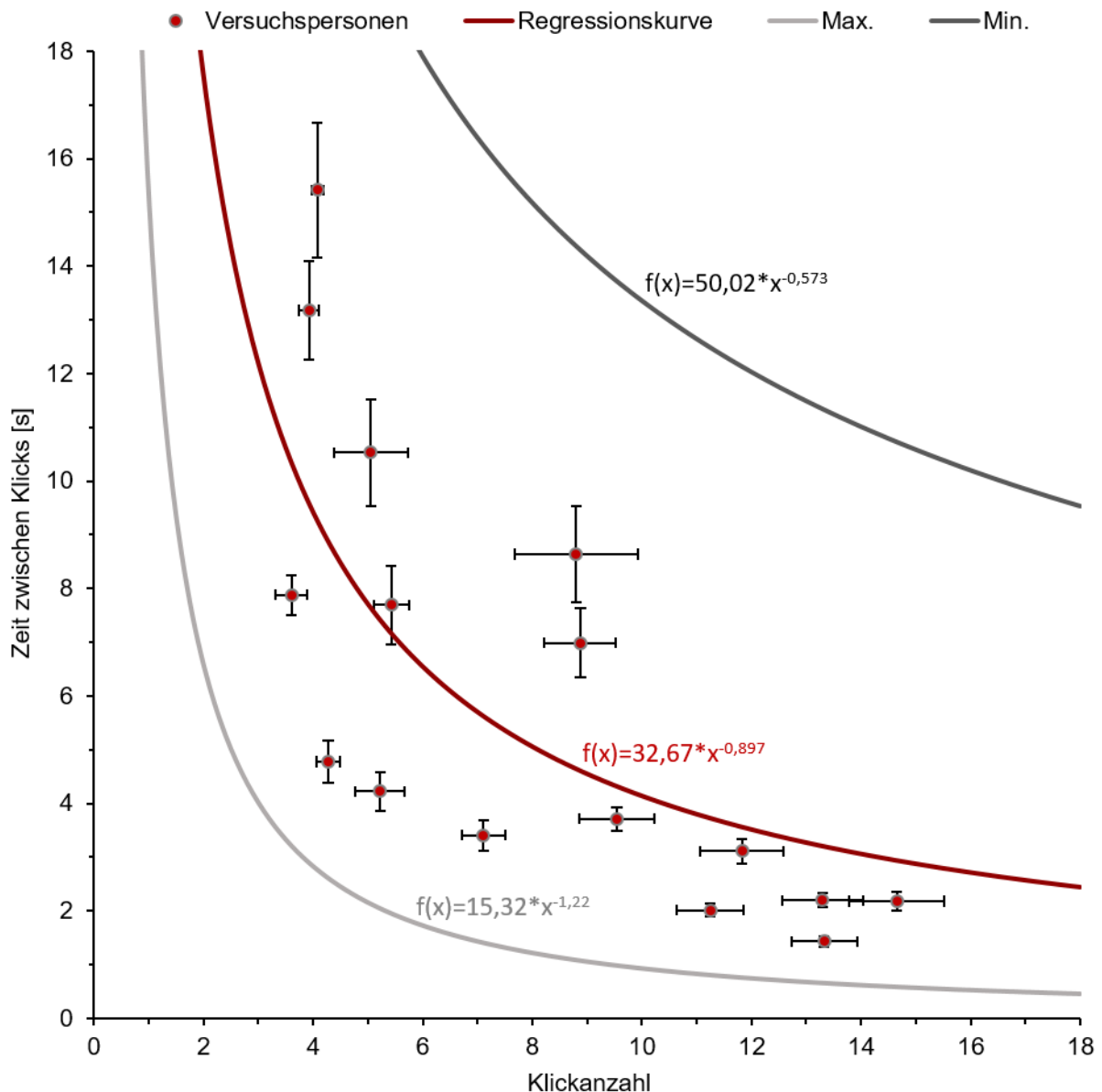


Abbildung 18: Strategieauftragung

Zeit zwischen Klicks [s] aufgetragen gegen die Klickanzahl jeweils mit Standardfehler für die 16 Versuchspersonen gemittelt über alle Trials ( $n = 40$ ). Regressionskurven mit Geradengleichungen: über alle Daten (rot) mit Konfidenzintervall von 95 % (maximal (Max. in dunkelgrau) und minimal (Min. in hellgrau)).

Um den Versuchspersonen die Verwendung der Memorierungs- oder Akquisitionsstrategie zuzuordnen, wird die erste Winkelhalbierende als Grenze zwischen den Strategien verwendet (Abbildung 19). Die letzte Einteilung erfolgt dann nach dem Abstand zur Winkelhalbierenden und liefert drei Gruppen: 1) Memorierungsstrategie, 2) Akquisitionsstrategie und 3) Undifferenziert (Tabelle 2). Der Undifferenzierten Gruppe werden alle Versuchspersonen zugeordnet, bei denen der Abstand zur Winkelhalbierenden unter 1 ist, da bei diesen Personen ( $n = 3$ ) eine klare Differenzierung zwischen den Strategien nicht möglich ist (Abbildung 19). Zu beachten ist, dass im Folgenden Gruppe 3 aus der Statistischen Auswertung ausgeschlossen wird, da eine zuverlässige Aussage aufgrund der geringen Gruppengröße nicht möglich ist.



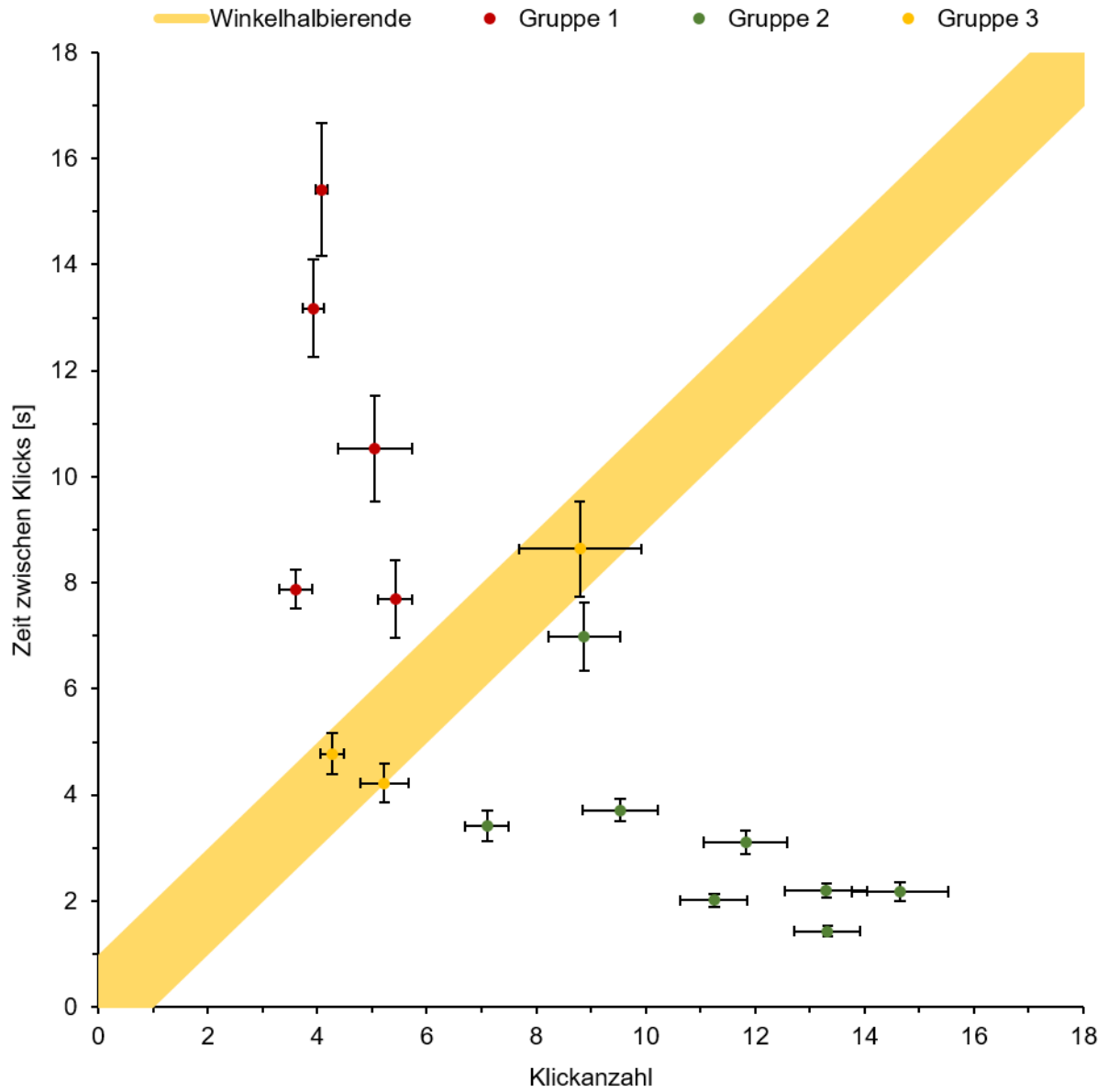


Abbildung 19: Gruppierung der Versuchspersonen visualisiert  
 Zeit zwischen Klicks [s] für jede Person gemittelt über alle Trials (40) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Klickanzahl für jede Person gemittelt über alle Trials (40) mit Standardfehler für alle Versuchspersonen (n=16). Einteilung der Versuchspersonen anhand des Abstands zur ersten Winkelhalbierenden (gelb) in drei Gruppen (Gruppe 1: Memorisierung, Gruppe 2: Akquisition und Gruppe 3: Undifferenziert).

Tabelle 2: Gruppierung der Versuchspersonen

Einteilung der Versuchspersonen anhand des Abstands zur Winkelhalbierenden (Wkh) in drei Gruppen (Gruppe 1: Memorisierung, Gruppe 2: Akquisition und Gruppe 3: Undifferenziert).

VP	Zeit zwischen Klicks	Klickanzahl	Abstand zur Winkelhalbierenden	Gruppe
11	15,42	4,08	8,02	1
12	13,18	3,93	6,54	1
2	10,53	5,05	3,87	1
7	7,88	3,61	3,02	1
14	7,69	5,43	1,60	1
9	4,22	5,23	0,71	3
15	4,78	4,28	0,35	3
10	8,64	8,80	0,11	3
13	6,99	8,88	1,33	2
5	3,41	7,11	2,61	2
8	3,71	9,54	4,12	2
1	3,11	11,83	6,16	2
16	2,01	11,25	6,53	2
6	2,19	13,30	7,85	2
4	1,43	13,33	8,41	2
3	2,18	14,65	8,82	2

Die Einteilung in die Gruppen 1, 2 oder 3 korreliert nach Pearson positiv mit der Anzahl der in dem gesamten Hauptversuch gemachten Fehlern ( $r(16) = 0,666$ ;  $p < 0,01$ ). Während in Gruppe 1 durchschnittlich Fehlerraten von  $7,54\% \pm 2,09\%$  erreicht wurden betragen diese bei Gruppe 3  $23,77\% \pm 3,15\%$  (Abbildung 20).

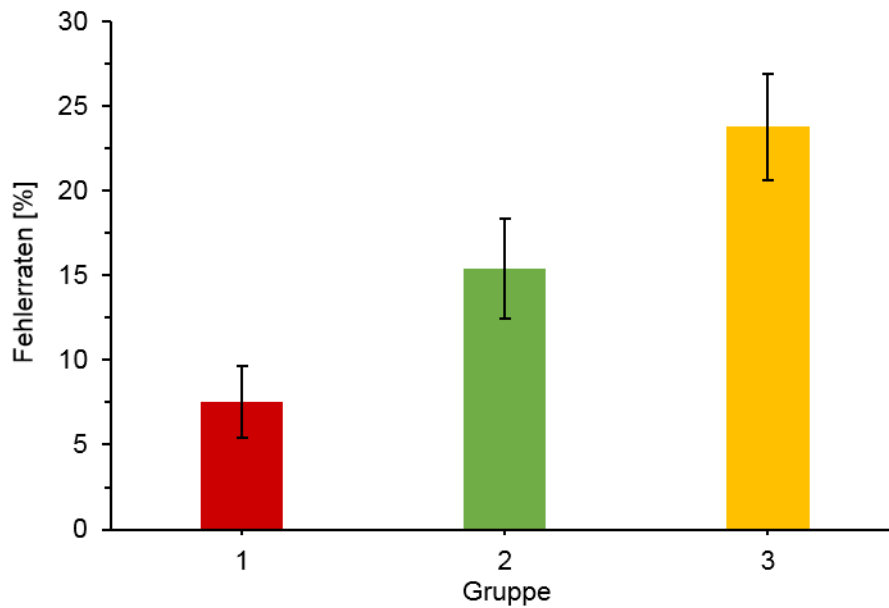


Abbildung 20: Fehlerraten der drei Gruppen

Fehlerraten [%] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die drei Gruppen: Gruppe 1 ( $n=5$ ): Memorisierung (rot), Gruppe 2 ( $n=8$ ): Akquisition (grün) und Gruppe 3 ( $n=3$ ): Undifferenziert (gelb).

Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung und der Gruppe als Innersubjektfaktor zeigte, dass sich die Gruppen in der Zeit zwischen Klicks und der Anzahl der Klicks ( $F(2, 13) = 6,672$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,804$ ) unterschieden (Abbildung 21). In Gruppe 1 wurde ein Mittelwert von  $10,94 \text{ s} \pm 1,5 \text{ s}$  zwischen Klicks und Klickanzahlen von  $4,42 \pm 0,35$  ermittelt. Gruppe 2 hingegen wies Klickanzahlen von  $11,23 \pm 0,91$  und Zeit zwischen Klicks von nur  $3,13 \text{ s} \pm 1,74 \text{ s}$  auf. Gruppe 3 lag mit Klickanzahlen von  $6,1 \pm 1,38$  und Zeit zwischen Klicks von nur  $5,88 \text{ s} \pm 1,39 \text{ s}$  zwischen Gruppe 1 und 2.

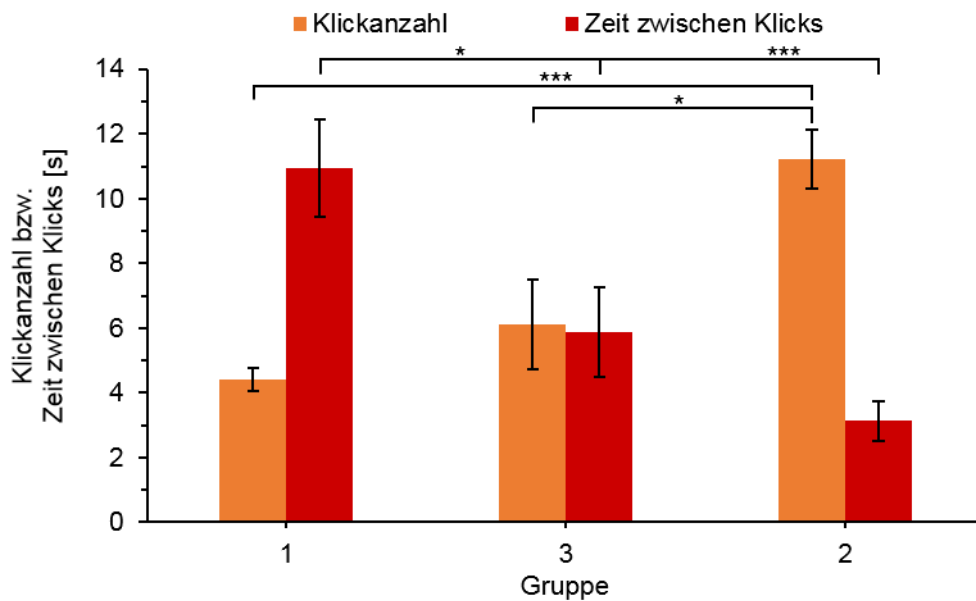


Abbildung 21: Detaillierte Auftragung der drei Gruppen  
 Durchschnittliche Zeit zwischen Klicks (rot) gemittelt über alle Versuchspersonen (n=16) mit Standardfehler und Klickanzahl (orange) gemittelt über alle Versuchspersonen (n=16) mit Standardfehler aufgetragen gegen die drei Gruppen: Gruppe 1 (Memorisierung (n = 5)), Gruppe 2 (Akquisition (n = 8)) und Gruppe 3 (Undifferenziert (n= 3)).

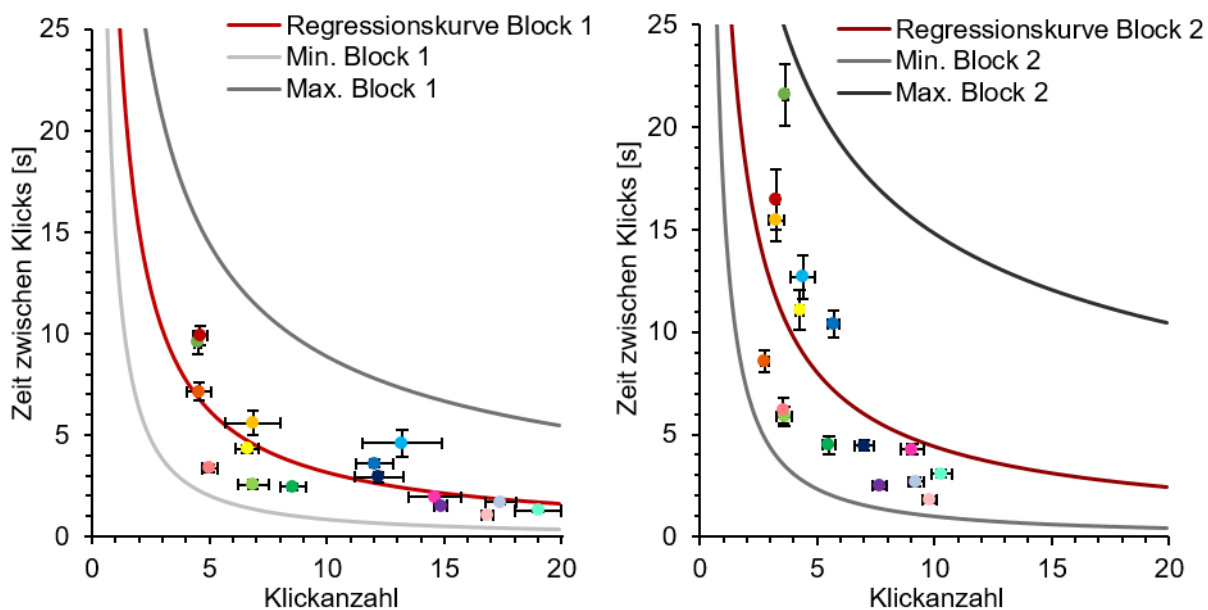


Abbildung 22: Darstellung der Strategien innerhalb der beiden Blöcke (einzeln)  
**A:** Zeit zwischen Klicks [s] für jede Versuchsperson gemittelt über Block 1 (n=20) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Klickanzahl für jede Versuchsperson gemittelt über Block 1 (n=20) mit Standardfehler für alle Versuchspersonen (n=16) sowie Regressionskurven: über alle Daten (rot) mit Konfidenzintervall von 95 % (maximal (Max. Block 1 dunkelgrau) und minimal (Min. Block 1 hellgrau)). Die Farben stellen die Versuchspersonen dar.  
**B:** Zeit zwischen Klicks [s] für jede Versuchsperson gemittelt über Block 2 (n=20) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Klickanzahl für jede Versuchsperson gemittelt über Block 2 (n=20) mit Standardfehler für alle Versuchspersonen (n=16) sowie Regressionskurven: über alle Daten (rot) mit Konfidenzintervall von 95 % (maximal (Max. Block 2 dunkelgrau) und minimal (Min. Block 2 hellgrau)). Die Farben stellen die Versuchspersonen dar.

Beim Vergleich zwischen Block 1 (Abbildung 22A) und Block 2 (Abbildung 22B) ist eine Verschiebung in Richtung weniger Klicks und längerer Zeit zwischen Klicks zu erkennen (Abbildung 23). Der Unterschied in der Interaktion zwischen den Blöcken und den Bedingungen (Klicks bzw. der Zeit zwischen Klicks [s]) wurde durch eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung bestätigt ( $F(1, 13) = 7283$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,848$ ). Die Regressionskurve von Block 1 betrug  $f(x) = 29,97 x^{-0,977}$ , wohingegen die von Block 2  $f(x) = 31,93 x^{-0,8594}$  betrug.

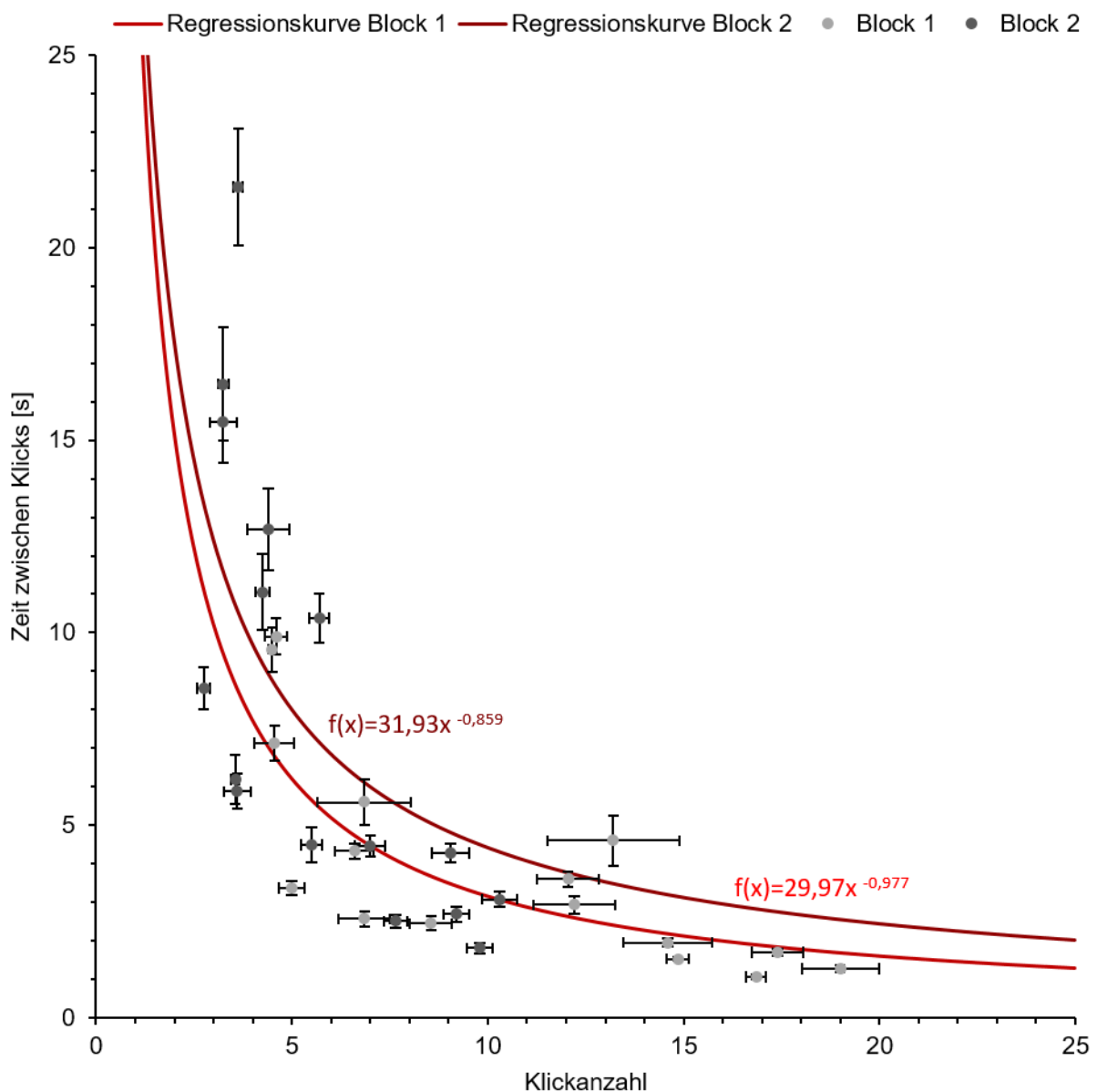


Abbildung 23: Darstellung der Strategien innerhalb der Blöcke  
Zeit zwischen Klicks [s] für jede Versuchsperson gemittelt über einen Block ( $n=20$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Klickanzahl für jede Versuchsperson gemittelt über einen Block ( $n=20$ ) mit Standardfehler jeweils für alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) und die beiden Versuchsblöcke Block 1 (hellgrau) und Block 2 (dunkelgrau). Regressionskurven mit Geradengleichungen: über alle Daten von Block 1 (hellrot) und Block 2 (dunkelrot).

Die doppeltlogarithmische Auftragung der Zeit zwischen Klicks [s] gegen die Klickanzahl weist einen linearen Zusammenhang auf. Während die Regressionsgerade von Block 1 die Formel  $f(x) = -1,087x + 1,149$  aufwies, betrug diese für Block 2  $f(x) = -1,343x + 1,314$ . Die Steigung der Regressionsgeraden von Block 1 ist demnach betragsmäßig geringer als die von Block 2.

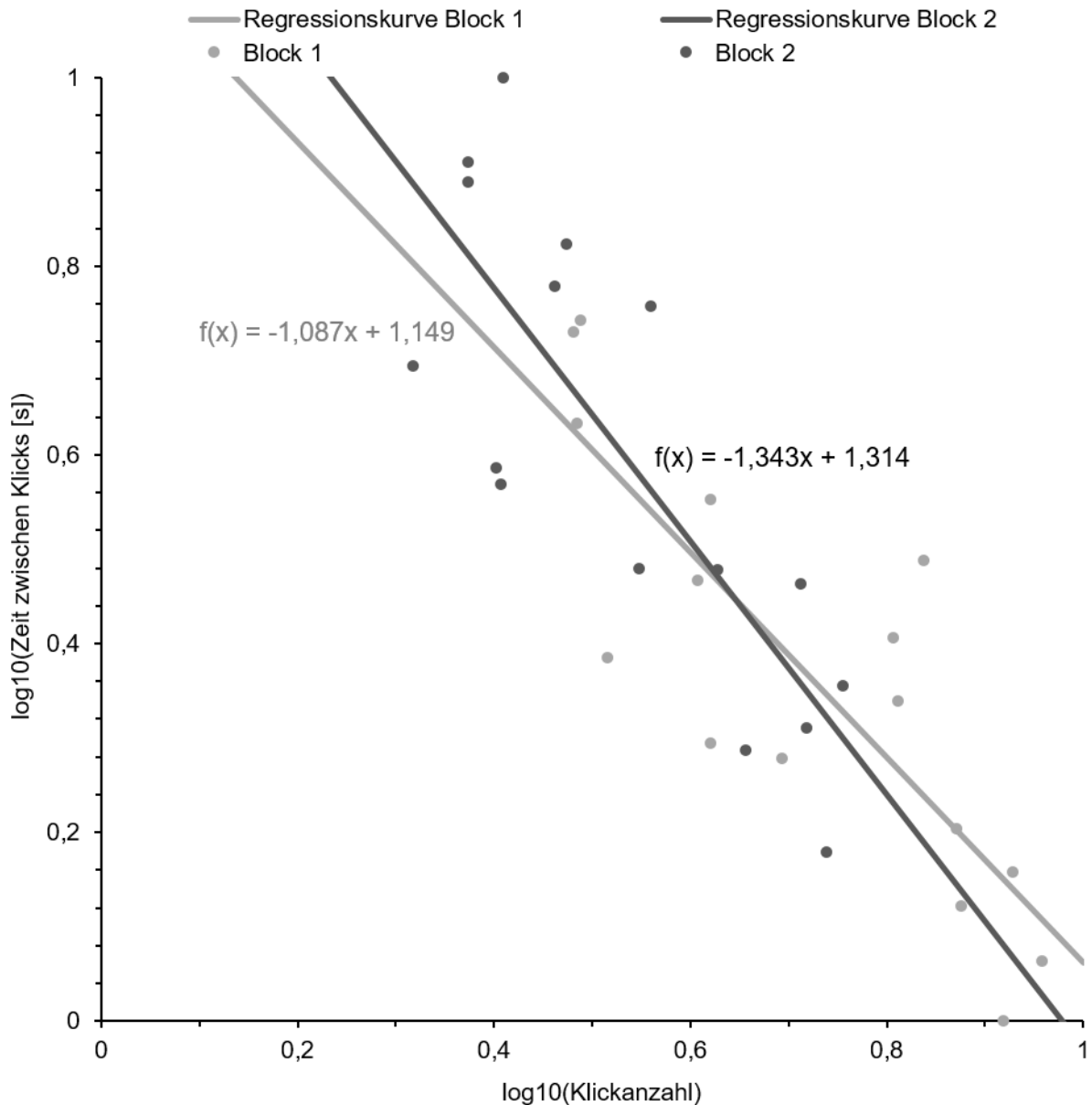


Abbildung 24: Doppeltlogarithmische Auftragung über die Blöcke  
 Normierte Logarithmische Auftragung der Zeit pro Klick [s] gemittelt für eine Versuchsperson über alle Trials eines Blocks ( $n=40$ ) gegen die normierte logarithmische Auftragung der Klickanzahl gemittelt für eine Versuchsperson über alle Trials des Blocks ( $n=40$ ) für alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) und die beiden Blöcke: Block 1 (hellgrau) und Block 2 (dunkelgrau). Regressionskurven über alle Daten des Blocks in entsprechender Farbe.

Es wurden mehrere einfaktorielle ANOVAs durchgeführt, welche zeigten, dass die durchschnittliche Anzahl der verwendeten Klicks pro Trial in Block 1 mit  $10,48 \pm 1,28$  deutlich höher als in Block 2 ( $5,81 \pm 0,66$ ) war ( $F(1, 15) = 44,841$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,749$ ). Auch die Zeit zwischen Klicks zeigte sich in Block 1 geringer als in Block 2 ( $F(1, 13) = 37,002$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,740$ ). In Block 2 erhöhte sich außerdem die durchschnittliche Zeit zwischen Klicks von  $3,97 \text{ s} \pm 0,70 \text{ s}$  auf  $8,22 \text{ s} \pm 1,47 \text{ s}$  ( $F(1, 15) = 22,736$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,602$ ). Der mittlere Standardfehler verringerte sich in Block 2 auch deutlich.

Betrachtet man nun die drei eingeteilten Gruppen genauer, fällt auf, dass innerhalb der Blöcke unter Berücksichtigung der Gruppen Unterschiede auftraten (zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung und Gruppe als Innersubjektfaktor:  $F(2, 13) = 14,438$ ;  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,690$ ). Die Faktoren Block und Bedingung wiesen Unterschiede auf ( $F(1, 13) = 72,283$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,848$ ). Auch die Bedingungen Zeit zwischen Klicks und Klickanzahl unterschieden sich innerhalb der drei Gruppen ( $F(2, 13) = 26,251$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,802$ ). Die Zeit zwischen Klicks in Block 1 unterschieden sich für die Gruppen von der in Block 2 benötigten ( $F(2, 13) = 22,736$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,435$ ). Auch die Klickanzahl wies für die 3 Gruppen Unterschiede zwischen den Blöcken auf ( $F(2, 13) = 6,897$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,515$ ). Wegen geringer Stichprobengröße konnten keine aussagekräftigen statistischen Untersuchungen zu den Unterschieden zwischen Block 1 und 2 von Gruppe 3 durchgeführt werden (Abbildung 25A und Abbildung 25B).

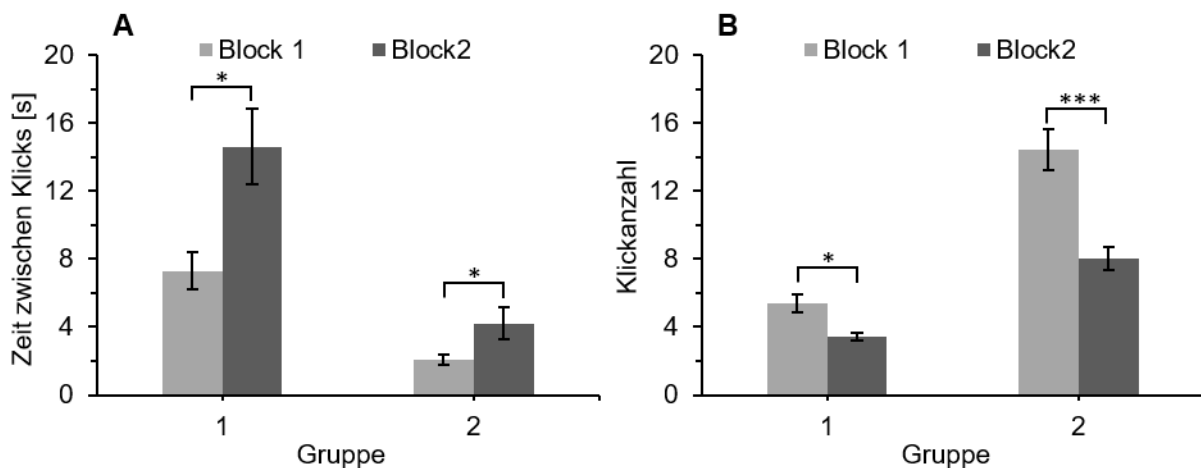


Abbildung 25: Detaillierte Beschreibung der Unterschiede zwischen den Blöcken

**A:** Zeit zwischen Klicks [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler für Block 1 (hellgrau) und Block 2 (dunkelgrau) aufgetragen gegen die Gruppen 1 und 2.

**B:** Klickanzahl gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler für Block 1 (hellgrau) und Block 2 (dunkelgrau) aufgetragen gegen die Gruppen 1 und 2.

Bei der Betrachtung der Differenz der Variable Zeit zwischen Klicks zwischen Block 1 und 2 in (Abbildung 26) zeigte sich eine bivariate, stark positive Korrelation nach Pearson mit dem Standardfehler bei Block 1 ( $r(16) = 0,774$ ;  $p < 0,001$ ). Auch die Differenz der Klickanzahl zwischen Block 1 und 2 korrelierte mit dem Standardfehler aus Block 1 ( $r(16) = 0,520$ ;  $p < 0,039$ ).

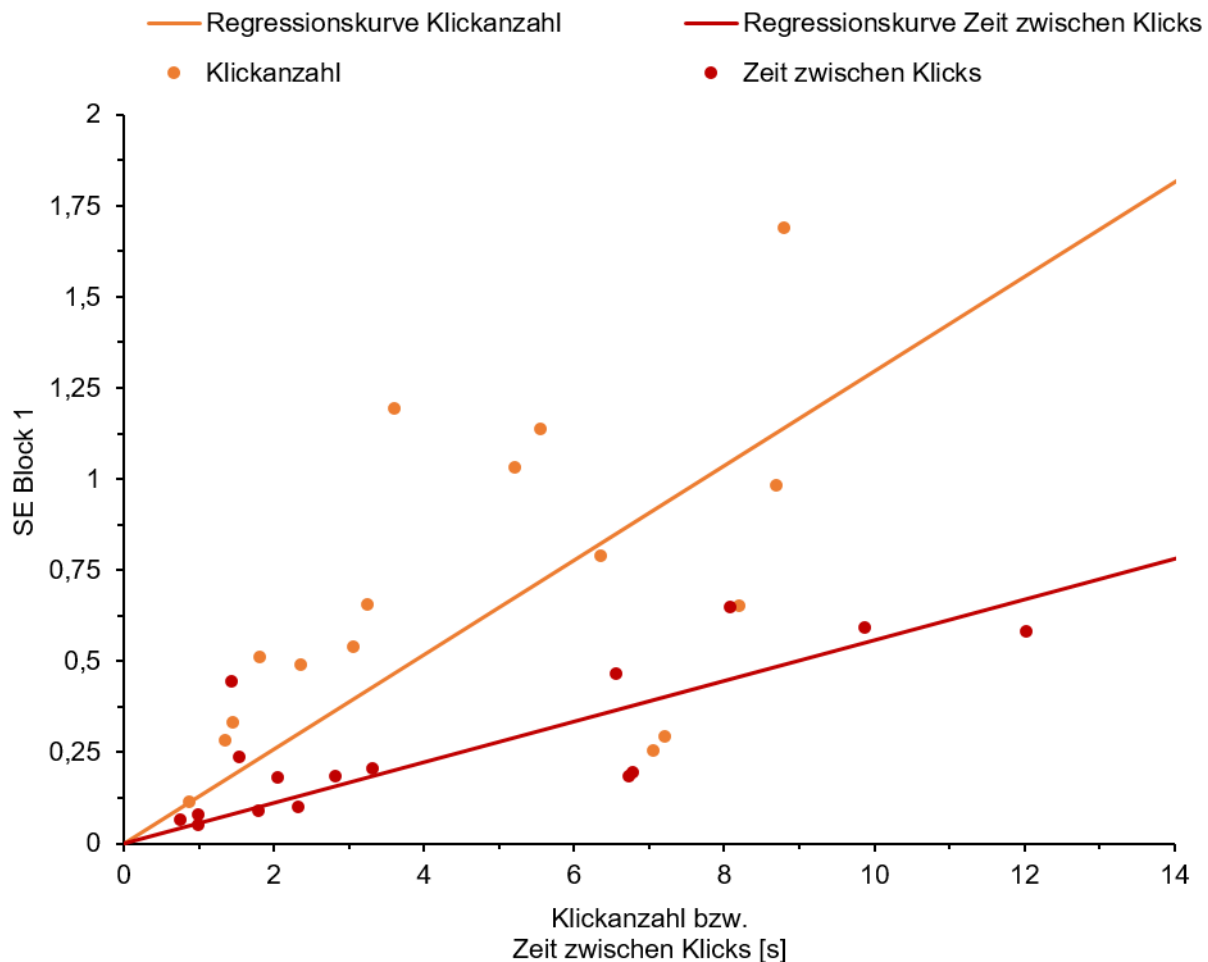


Abbildung 26: Zusammenhang des Unterschieds zwischen den Blöcken und dem SE aus Block 1  
Standardfehler (SE) gemittelt über die Trials aus Block 1 für eine Versuchsperson ( $n=20$ ) aufgetragen gegen die Differenz der Klickanzahl (orange) und Zeit zwischen Klicks [s] (rot) zwischen Block 1 und 2 für alle Versuchspersonen ( $n=16$ ). Regressionsgerade über alle Daten durch den Nullpunkt in entsprechender Farbe.

Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung zeigte für die logarithmische Auftragung der Zeit zwischen Klicks gegen die Klickanzahl für die vier Bedingungen, dass für die komplexen Bedingungen unabhängig vom Delay mehr Zeit zwischen Klicks sowie mehr Klicks im Allgemeinen verwendet wurden ( $F(3, 45) = 74,977$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,833$ ) (Abbildung 27). Dies spiegelt sich auch in den Geradengleichungen wider.



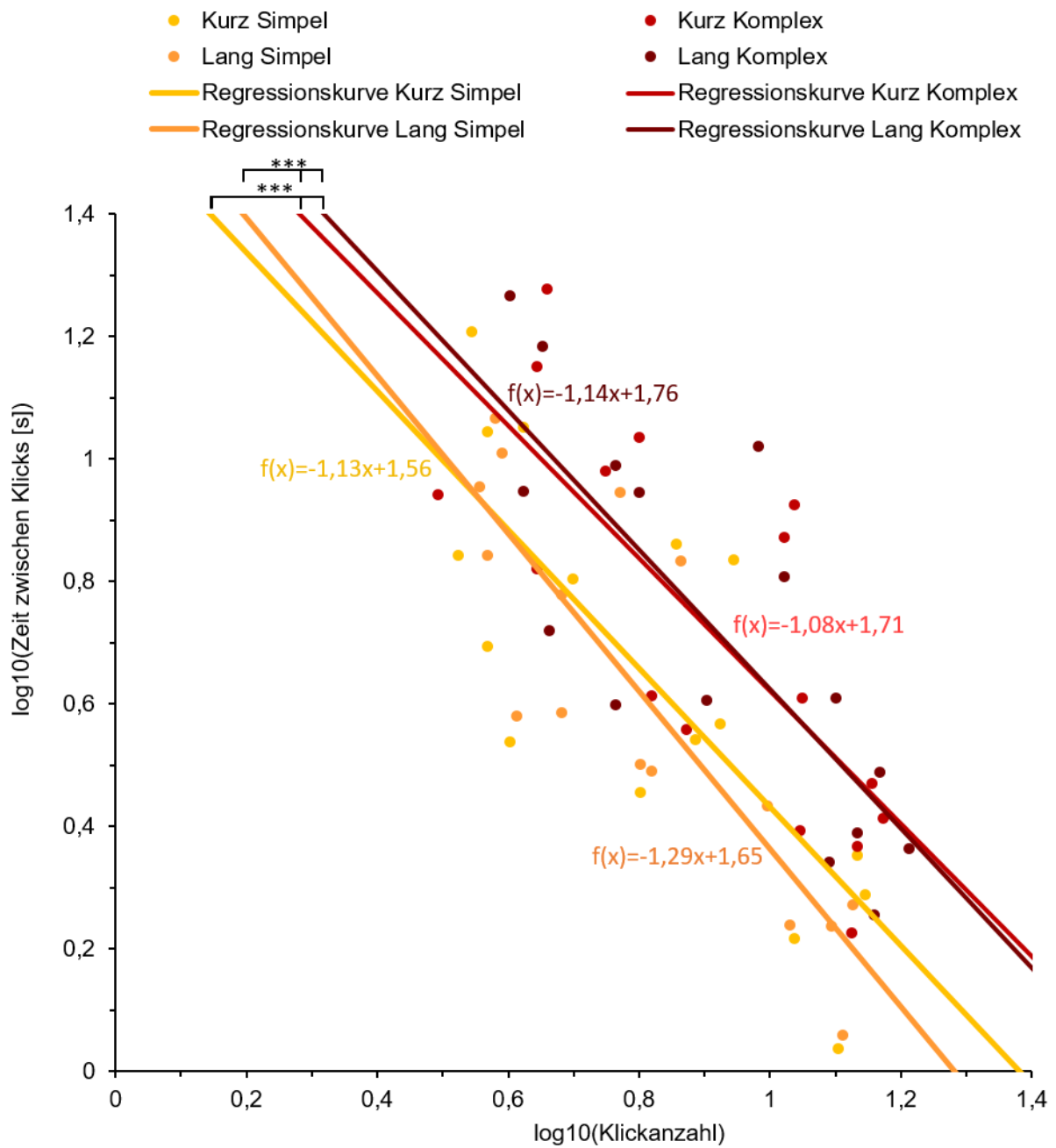


Abbildung 27: Logarithmische Auftragung der Strategie nach Bedingung  
 Logarithmische Auftragung der Zeit pro Klick [s] gemittelt über alle Trials der Bedingung (n=10) gegen die logarithmische Auftragung der Klickanzahl gemittelt über alle Trials der Bedingung (n=10) für alle Versuchspersonen (n=16) und die vier Bedingungen: ‚Kurz Sempel‘ (gelb), ‚Kurz Komplex‘ (orange), ‚Lang Sempel‘ (rot) und ‚Lang Komplex‘ (dunkelrot). Regressionskurven über alle Daten in entsprechender Farbe.

Wie bereits gesehen, benötigte Gruppe 2 grundsätzlich mehr Klicks und weniger Zeit zwischen Klicks als alle anderen Gruppen. Diese Tendenzen ließen sich deutlich für die verschiedenen Bedingungen erkennen. Gruppe 1 hingegen benötigte wenige Klicks aber viel Zeit zwischen Klicks, während Gruppe 3 eine Mischform darstellte. Zu erkennen war innerhalb einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung, nach Korrektur der Freiheitsgrade, dass sich die Klickzahl für die vier verschiedenen Bedingungen innerhalb der drei zugeordneten Gruppen nicht signifikant unterschieden ( $F(3,316, 18,444) = 0,698$ ;  $p = 0,577, 0,097$ ). In Gruppe 2 unterschieden sich jedoch die Zeiten zwischen Klicks für die vier Bedingungen ( $F(1,754, 8,718) = 5,003$ ;  $p < 0,05$ ;  $\eta^2 = 0,417$ ) (Abbildung 28A und Abbildung 28B). Über Gruppe 3 konnte erneut keine statistische Aussage getroffen werden.

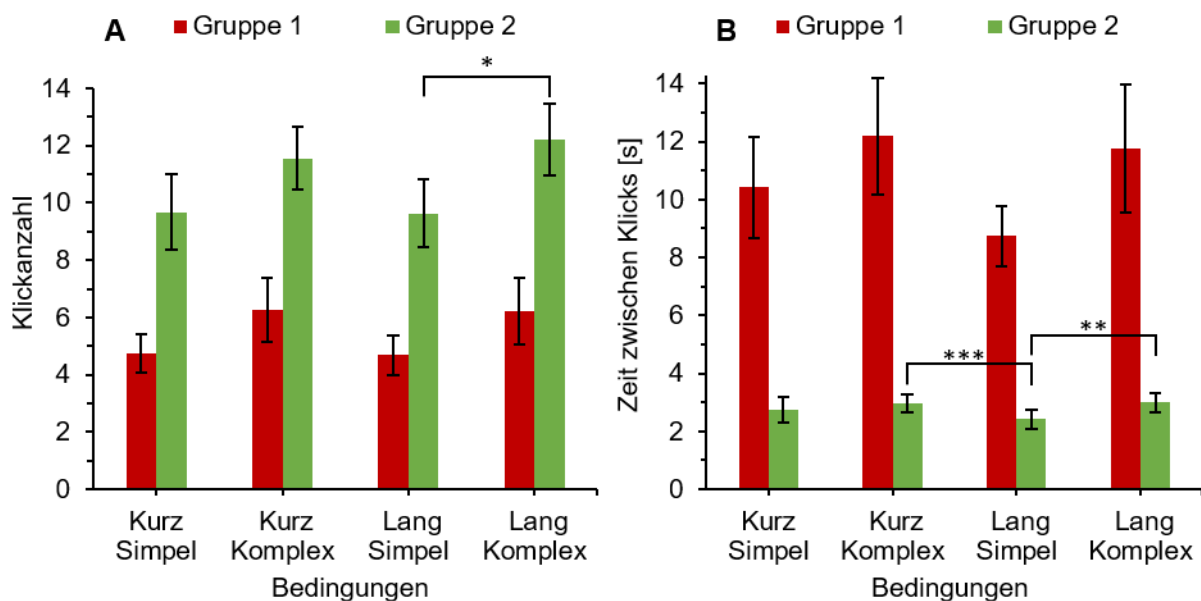


Abbildung 28: Detaillierte Beschreibung der Bedingungen in Abhängigkeit der Gruppe

**A:** Klickanzahl gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die vier Bedingungen: ‚Kurz Simpel‘, ‚Kurz Komplex‘, ‚Lang Simpel‘ und ‚Lang Komplex‘ für Gruppe 1 (rot) und Gruppe 2 (grün).

**B:** Zeit zwischen Klicks [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die vier Bedingungen: ‚Kurz Simpel‘, ‚Kurz Komplex‘, ‚Lang Simpel‘ und ‚Lang Komplex‘ für Gruppe 1 (rot) und Gruppe 2 (grün).

## 6.2.6 Augentracking

Die Auswertung der Augentracking-Daten zeigte, dass einige unerwartete bzw. teilweise unerwünschte Verhaltensweisen auftraten. Beispielsweise fixierten manche Versuchspersonen gegen die Anweisung einzelne Objekte mehrfach (Abbildung 29A). Zusätzlich wurden Trials schon vorzeitig abgebrochen, sobald die 2 Fehler gefunden waren, ohne die verbleibenden Objekte zu betrachten (Abbildung 29B).

Die Augentracking-Daten verdeutlichten, welchen Strategiemix die Versuchspersonen verwendet haben. Wurde eine stark auf Akquisition der Objekte ausgelegte Strategie verwendet, zeigte sich dies durch häufige Seitenwechsel und wenige Fixationen auf einer Seite (Abbildung 29C). Eine aufseiten der Memorisierung liegende Strategie zeichnete sich hingegen durch wenige Seitenwechsel und der Fixation mehrerer Objekte auf einer Seite aus (Abbildung 29D).

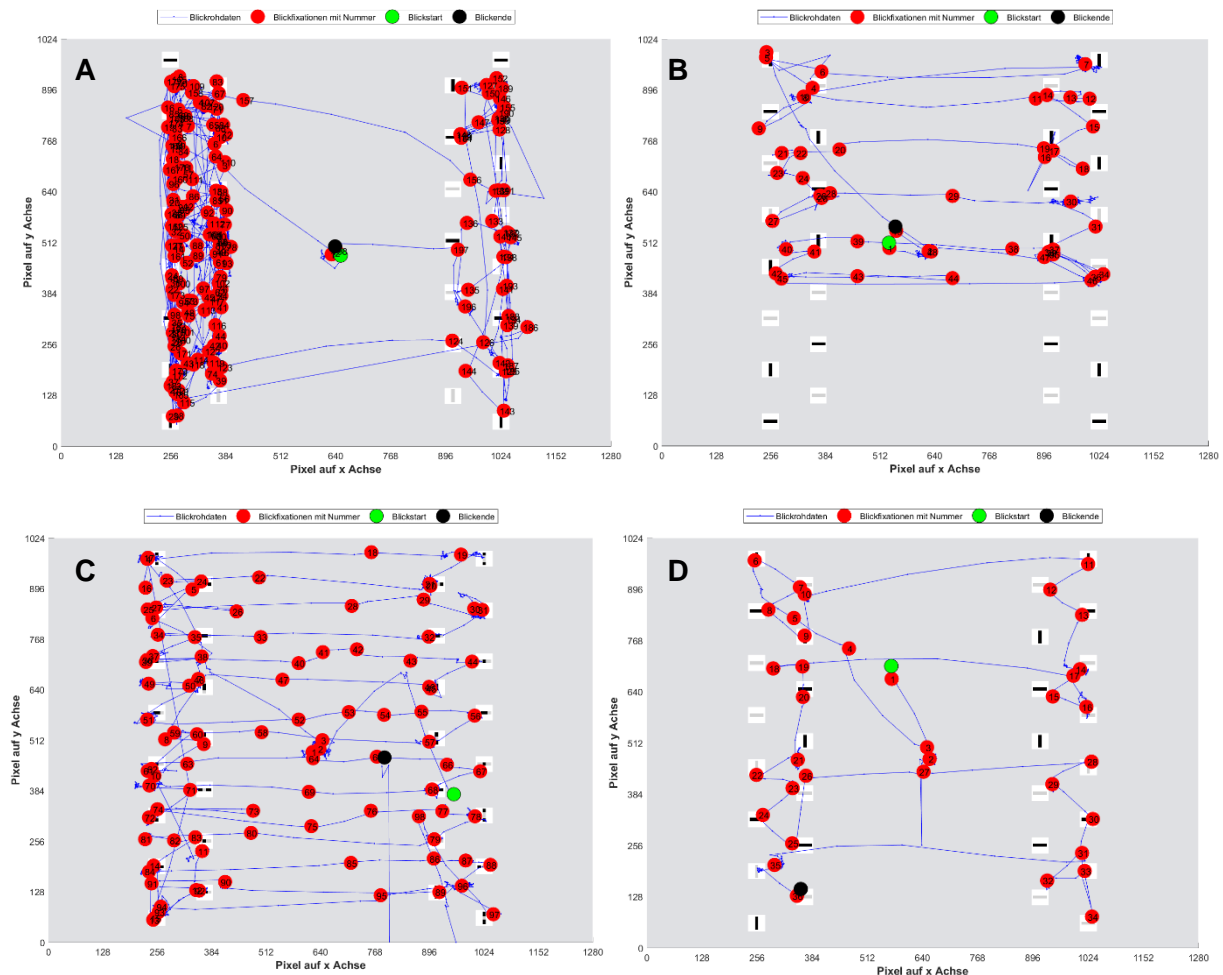


Abbildung 29: Beispielbilder Probleme und Strategien  
**A:** Problem: Mehrfachfixation Versuchsperson 2 Trial 7 Block 2.  
**B:** Problem: Frühzeitiger Abbruch Versuchsperson 8 Trial 11 Block 1.  
**C:** Akquisitionsstrategie Versuchsperson 14 Trial 9 Block 1 (15 Seitenwechsel).  
**D:** Memorisierungsstrategie Versuchsperson 17 Trial 5 Block 2 (4 Seitenwechsel).

Auffällig war, dass in Block 2, gegensätzlich zu den durch die Aufgabenstellung reduzierten Klickzahlen und somit Seitenwechseln, die Anzahl der Fixationen deutlich zunahm (Abbildung 30A und B). Bei vielen Versuchspersonen zeigten sich in der Auswertung der Augenbewegungen deutliche Muster der Gruppierung von Objekten. Diese zeichneten sich vor allem durch mehrmaliges Fixieren derselben Objekte aus (Abbildung 30C und D).

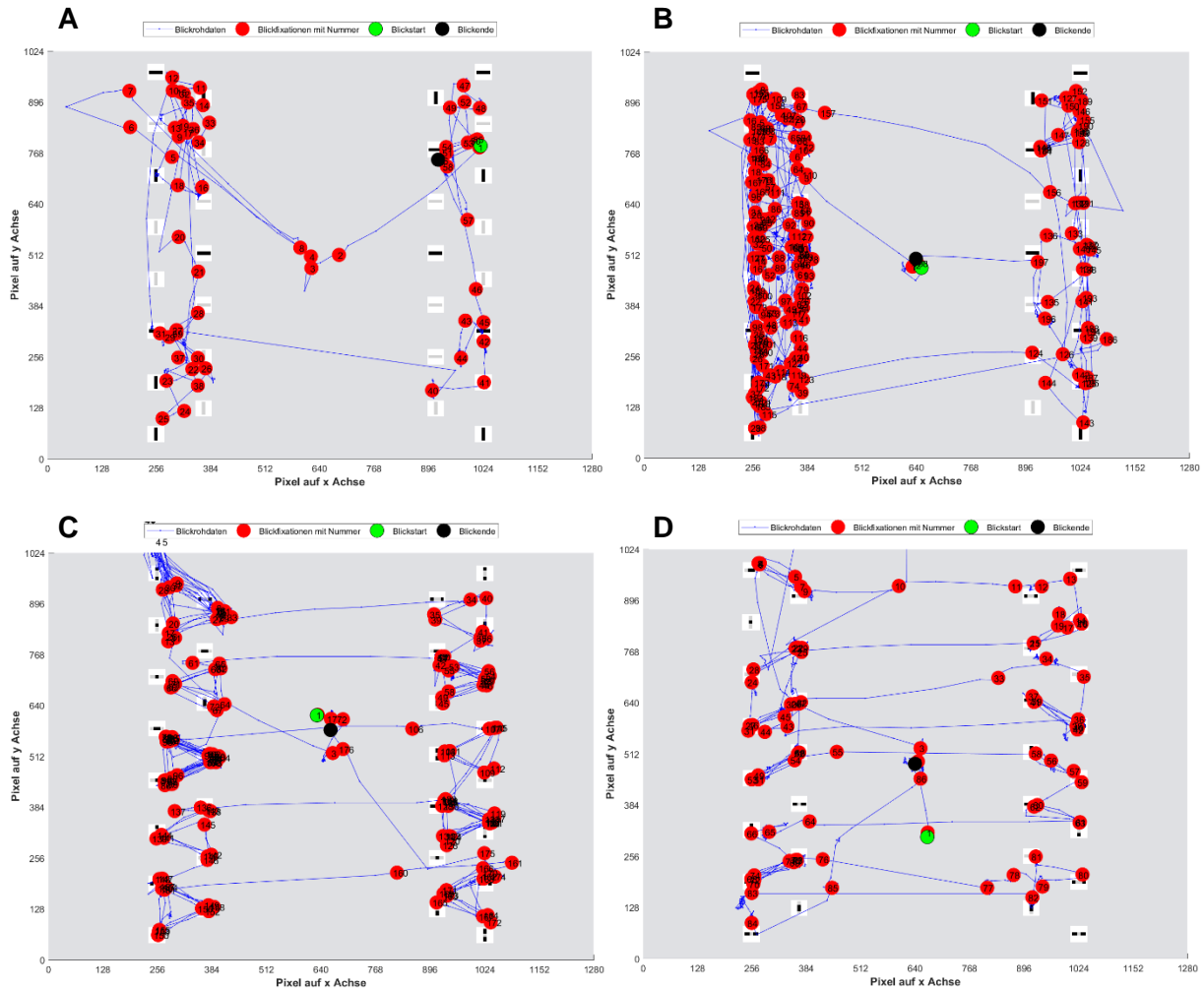


Abbildung 30: Beispielbild Unterschied Block 1 und 2 und Gruppierungen  
A: Block 1 Versuchsperson 2 Trial 7 (59 Fixationen).  
B: Block 2 Versuchsperson 2 Trial 7 (198 Fixationen).  
C: Gruppierung von Versuchsperson 12 Trial 9 Block 1 (dreier Gruppen).  
D: Gruppierung von Versuchsperson 18 Trial 4 Block 2 (zweier Gruppen).

## 6.2.7 Fragebögen

Nach Block 1 fühlten sich die Versuchspersonen nach eigenem Empfinden weniger gestresst als nach Block 2 (einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung:  $F(1, 14) = 13,905$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,498$ ). Während in Block 1 ein Durchschnittswert von  $2,79 \pm 0,43$  auf einer Skala von 1 bis 7 (wobei 7 „trifft voll zu“ bedeutet) erreicht wurde und die Versuchspersonen sich demnach tendenziell nicht gestresst gefühlt haben, wurde im Fragebogen nach Block 2 ein Durchschnitt von  $4 \pm 0,44$  angegeben, was tendenziell bedeutet, dass sie sich gestresst gefühlt haben (Abbildung 31). Der nach Block 1 empfundene Stress korreliert mit der subjektiven Schwierigkeit der Aufgabe ( $r(15) = 0,823$ ;  $p < 0,001$ ). Auch der nach Block 2 empfundene Stress korreliert mit dem Schwierigkeitsvergleich der beiden Blöcke ( $r(15) = 0,694$ ;  $p < 0,01$ ) und negativ mit dem Abstand der Zeit zwischen Klicks und Klickanzahl von Null in Block 2 ( $r(15) = -0,615$ ;  $p < 0,05$ ).

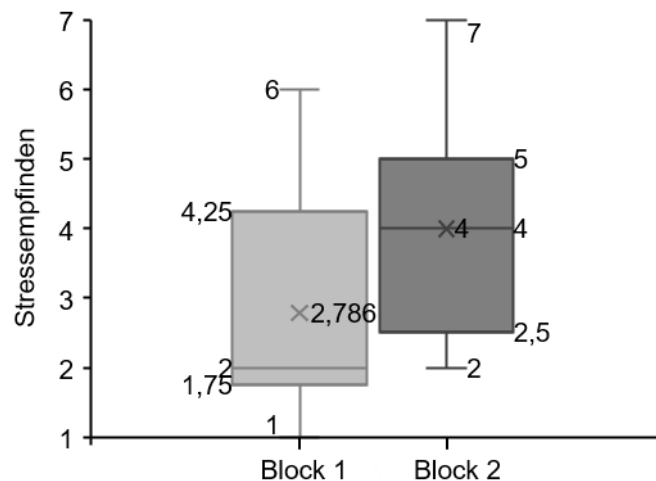


Abbildung 31: Auswertung des Stressempfindens über den Fragebogen  
Antworten der Versuchspersonen ( $n = 15$ ) nach Block 1 (hellgrau) und 2 (dunkelgrau) ob sie sich gestresst fühlen auf einer Skala von 1 „trifft gar nicht zu“ bis 7 „trifft voll zu“.

Die subjektiv empfundene Schwierigkeit der Aufgaben lag in Block 1 bei  $4,4 \pm 0,48$  (von maximal 7). Bei der Frage, ob Block 2 deutlich schwerer empfunden wurde, wurde im Durchschnitt ein Wert von 4 angegeben. Das Empfinden der Schwierigkeit nach Block 1 korreliert nach Pearson negativ mit der Anzahl der Klicks ( $r(16) = -0,539$ ;  $p < 0,05$ ) und positiv mit der in Block 1 gemachten Fehler ( $r(16) = 0,528$ ;  $p < 0,05$ ).

Sowohl nach Block 1 ( $6 \pm 0,32$ ) als auch Block 2 ( $6,07 \pm 0,21$ ) gaben die Versuchspersonen an, eine Strategie verfolgt zu haben. Auf die Frage, ob sie ihre Strategie verändert haben, antworteten die Versuchspersonen sehr unterschiedlich. Neben zwei Versuchspersonen, die angaben, ihre Strategie gar nicht verändert zu haben (1), schrieben vier Versuchspersonen

eine Strategieveränderung „trifft voll zu“ (7). Durchschnittlich gaben die Versuchspersonen jedoch an ihre Strategie in Block 2 verändert zu haben ( $4,53 \pm 0,54$ ).

Während fünf Versuchspersonen als Strategie angaben, sich ein auffälliges Muster oder Gruppierung der Merkmale gemerkt zu haben, gaben vier Versuchspersonen an die Anzahl der Merkmale auf einer Seite gezählt und dann mit der anderen Seite verglichen zu haben. Dies machten sie nach der Reihenfolge der Objekte, über die gesamte Spalte oder indem sie gleiche Objekte gruppieren. Als Veränderung der Strategie gaben neun Versuchspersonen an, sich mehr Objekte als zuvor bei einem Seitenwechsel gemerkt zu haben.

### 6.3 Operation Span

Während die Fehlerraten der zu lösenden Gleichungen bei durchschnittlich  $9,44 \% \pm 1,97 \%$  lagen, kamen bei den Buchstaben durchschnittliche Fehlerraten von  $23,19 \% \pm 4,82 \%$  heraus (Abbildung 33A). Die Fehlerraten für die Gleichungen waren nicht normalverteilt ( $W(16) = 0,216$ ;  $p < 0,05$ ). Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung bestätigte Unterschiede zwischen den Fehlerraten der beiden Blöcke ( $F(1, 15) = 14,269$ ;  $p < 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,488$ ).

Die Zeit [s] bis zu einer Antwort lag bei den Buchstaben bei durchschnittlich  $0,93 \text{ s} \pm 0,07 \text{ s}$ . Für die Gleichungen wurde durchschnittlich  $1,4 \text{ s} \pm 0,06 \text{ s}$  bis zu einer Antwort benötigt (Abbildung 33B). Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung legt nahe, dass dieser Unterschied signifikant ist ( $F(1, 15) = 39,302$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,724$ ). Für die Dauer gab es keine Abhängigkeit von der Anzahl der Objekte.

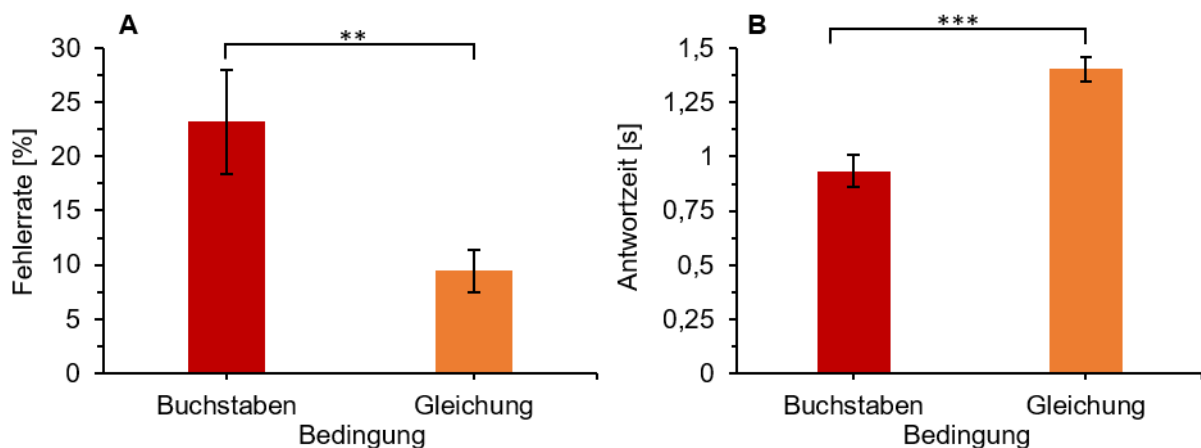


Abbildung 32: Ergebnisse des Operation Span Test

**A:** Fehlerrate [%] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) (indem die Summe der Fehler durch die Summe der Angaben geteilt wurde) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Bedingung: Buchstaben (rot) und Gleichung (orange).

**B:** Antwortzeit [s] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler aufgetragen gegen die Bedingung: Buchstaben (rot) und die Gleichung (orange).

Auffällig war, dass die Fehlerraten [%] für die Buchstaben mit zunehmender Anzahl der zu merkenden Buchstaben deutlich stärker anstiegen, als bei den Gleichungen (Abbildung 33). Die Fehlerraten für die verschiedenen Anzahlen der zu merkenden Buchstaben sowie

Gleichungen waren für die Versuchspersonen größtenteils nicht normalverteilt. Eine zweifaktorielle ANOVA ergab, dass Unterschiede zwischen den Fehlerraten abhängig von der Anzahl der zu merkenden Objekte ( $F(2, 189, 32,838) = 30,813$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,673$  | Korrektur der Freiheitsgrade) und abhängig von der Interaktion beider Faktoren ( $F(4, 60) = 17,079$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,532$ ) auftraten. Sowohl die Innersubjekteffekte ( $F(4, 60) = 12,351$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,452$ ) als auch die Innersubjektkontraste ( $F(1, 15) = 28,074$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,652$ ) wiesen innerhalb einer einfaktoriellen ANOVA Unterschiede für die Fehlerrate der Buchstaben abhängig von der Anzahl auf. Vor allem die Fehlerraten bei den Buchstaben unterschieden sich, nach Korrektur der Freiheitsgrade, für die Anzahl der Buchstaben zwischen den 16 Versuchspersonen deutlich ( $F(1, 15) = 18,710$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,555$ ). Auch die Fehlerraten bei den Gleichungen unterschieden sich für die Anzahl der Gleichungen zwischen den 16 Versuchspersonen ( $F(1, 16) = 22,521$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,600$ ).

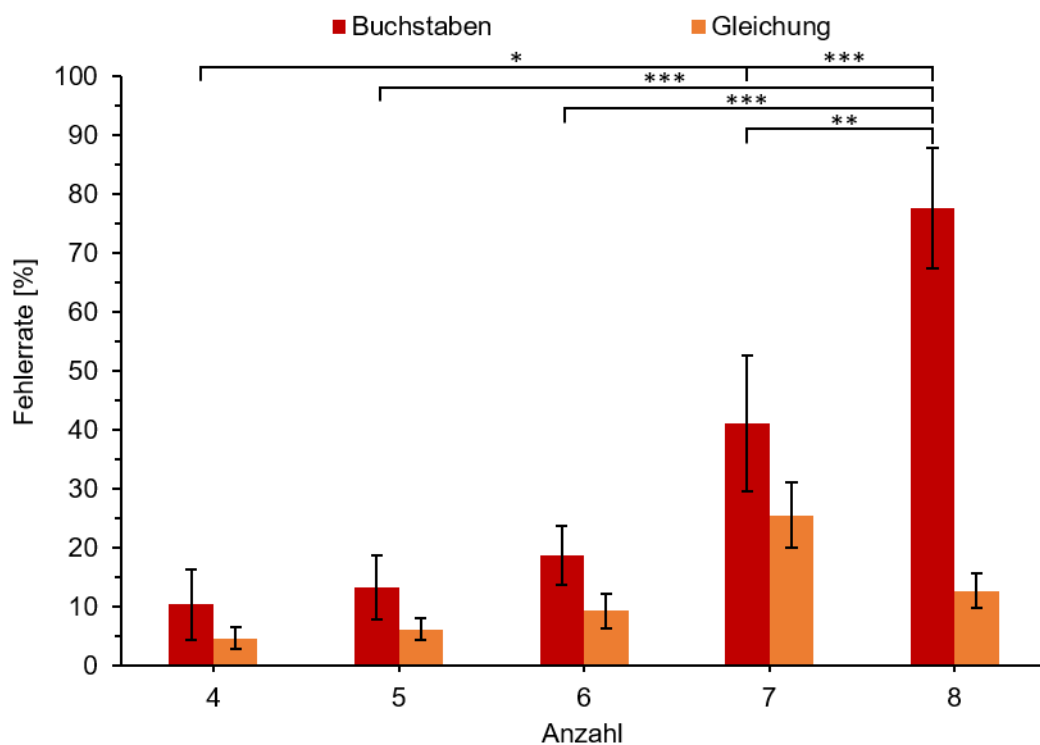


Abbildung 33: Ergebnisse der Fehlerraten im Operation Span Test abhängig von der Anzahl Fehlerrate [%] gemittelt über alle Versuchspersonen ( $n=16$ ) mit Standardfehler (Gesamtanzahl der Fehler / Gesamtanzahl) aufgetragen gegen die Anzahl der zu Merkenden Buchstaben sowie Anzahl der Gleichungen für die Buchstaben (rot) und die Gleichungen (orange).

Betrachtet man die Fehlerraten der Buchstabenreihen jeder Versuchsperson in Abhängigkeit von der Anzahl der zu merkenden Buchstaben, fallen wie bereits gesehen große Unterschiede auf (Tabelle 3). Während manche Versuchspersonen bei 8 zu merkenden Buchstaben keinen Fehler machten, wie beispielsweise Versuchsperson 5, kamen die Versuchspersonen 6, 10 und 16 auf Fehlerraten von 66,67 %. Vor allem Versuchsperson 6 fiel deutlich auf, da sie im Durchschnitt eine Fehlerrate von 76,67 % aufwies, während alle anderen Gesamtfehlerraten unter 50 % lagen.

Tabelle 3: Fehlerraten der Buchstaben im Operation Span Test der Versuchspersonen  
 Fehlerraten [%] für die verschiedenen Anzahlen der zu merkenden Buchstaben sowie über alle Buchstabenanzahlen aufgetragen für jede Versuchsperson (n=16). Der Mittelwert (MW), die Standardabweichung (SD) und der Standardfehler (SE) sind für die einzelnen Buchstabenanzahlen aufgetragen. Fehlerraten über 50 % sind rot markiert.

<b>Anzahl der zu merkenden Buchstaben</b>						
<b>VP</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>Gesamt</b>
<b>1</b>	0,00	26,67	11,11	0,00	29,17	14,44
<b>2</b>	8,33	13,33	50,00	52,38	37,50	35,56
<b>3</b>	0,00	0,00	22,22	38,10	37,50	23,33
<b>4</b>	16,67	0,00	16,67	19,05	58,33	25,56
<b>5</b>	0,00	0,00	0,00	4,76	0,00	1,11
<b>6</b>	91,67	86,67	55,56	90,48	66,67	76,67
<b>7</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	29,17	7,78
<b>8</b>	0,00	0,00	0,00	19,05	45,83	16,67
<b>9</b>	0,00	13,33	16,67	23,81	50,00	24,44
<b>10</b>	41,67	6,67	44,44	33,33	66,67	41,11
<b>11</b>	0,00	20,00	22,22	4,76	33,33	17,78
<b>12</b>	0,00	0,00	0,00	19,05	33,33	13,33
<b>13</b>	0,00	13,33	0,00	0,00	12,50	5,56
<b>14</b>	0,00	6,67	16,67	9,52	37,50	16,67
<b>15</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	4,44
<b>16</b>	8,33	26,67	44,44	61,90	66,67	46,67
<b>MW</b>	10,42	13,33	18,75	23,51	38,80	23,19
<b>SD</b>	24,25	21,77	19,76	26,17	19,70	19,27
<b>SE</b>	6,06	5,44	4,94	6,54	4,93	4,82



## 6.4 Korrelationen zwischen den Aufgaben

Um Korrelationen zwischen Aufmerksamkeit und einem etwaigen Kapazitätslimit bzw. Anfälligkeit für Störungen mit der in der CVS Aufgabe verwendeten Strategie zu ermitteln, wurden die Ergebnisse der Hauptaufgabe mit dem *Stroop* Test und dem *Operation Span* Test verglichen (Tabelle 4).

Es wurden keine signifikanten Korrelationen zwischen den relativen Fehlerraten der kongruenten und inkongruenten Bedingung sowie den gesamten Fehlerraten im *Stroop* Test und der Klickanzahl sowie der Zeit zwischen Klicks gefunden. Eine Prüfung auf Korrelation zwischen der Gruppe und den eben genannten drei Fehlerraten im *Stroop* Test fand keine signifikante Korrelation. Kein signifikanter Zusammenhang war zwischen der Dauer bis zur Antwort für die inkongruenten als auch die kongruente Bedingung zu der Gruppe und der Zeit zwischen Klicks zu finden. Es wurde jedoch eine positive Korrelation zwischen der Dauer bis zu einer Antwort in der kongruenten ( $W(16) = 0,614$ ;  $p < 0,05$ ) sowie der inkongruenten Bedingung ( $W(16) = 0,619$ ;  $p < 0,05$ ) und der Klickanzahl gefunden.

Betrachtet man den *Operation Span* Test, lassen sich keine signifikanten Korrelationen erkennen. Zwischen den Fehlerraten für die Anzahl der zu merkenden Buchstaben und zu lösenden Gleichungen (4 bis 8) als auch die Fehlerraten über alle Buchstabenkettenlängen sowie Gleichungslängen wurden keine signifikanten Korrelationen zu der Klickanzahl, der Zeit zwischen Klicks (also den Strategien) und der Gruppe festgestellt. Die Anzahl der Objekte mit Fehlerraten knapp unter 50 % (Fehlerschwelle) zeigte keine signifikanten Korrelationen mit der Gruppe, der Zeit zwischen Klicks oder der Klickanzahl. Die durchschnittliche Zeit bis ein Buchstabe eingetippt wurde, wies keine Korrelation zu den drei betrachteten Variablen der Hauptaufgabe auf. Ebenso wenig die mittlere Zeit bis zum Eintippen der Lösung für die Gleichung.

Tabelle 4: Interfaktorielle Korrelationen

Statistische Auswertung der möglichen Korrelationen zwischen den Gruppen, der Zeit zwischen Klicks und Klickanzahl des Hauptversuchs und dem Stroop Test sowie dem Operation Span Test (OS). Grün markiert sind die signifikanten Korrelationen.

		Hauptversuch		
		Gruppe	Zeit zwischen Klicks	Klickanzahl
Stroop	Relative Fehlerraten Kongruent	W(16) = 0,049; p = 0,856	W(16) = -0,218; p = 0,417	W(16) = 0,172; p = 0,524
	Relative Fehlerraten Inkongruent	W(16) = 0,028; p = 0,918	W(16) = -0,068; p = 0,802	W(16) = 0,340; p = 0,197
	Fehlerraten Gesamt	W(16) = 0,044; p = 0,872	W(16) = -0,135; p = 0,617	W(16) = 0,405; p = 0,120
	Dauer [s] Kongruent	W(16) = 0,057; p = 0,833	W(16) = -0,457; p = 0,075	W(16) = 0,614; p = 0,011
	Dauer [s] Inkongruent	W(16) = 0,093; p = 0,732	W(16) = -0,457; p = 0,075	W(16) = 0,619; p = 0,011
OS	Fehlerraten Buchstaben 4	W(16) = 0,207; p = 0,441	W(16) = -0,212; p = 0,430	W(16) = 0,423; p = 0,103
	Fehlerraten Buchstaben 5	W(16) = -0,085; p = 0,754	W(16) = -0,192; p = 0,475	W(16) = 0,372; p = 0,156
	Fehlerraten Buchstaben 6	W(16) = -0,033; p = 0,905	W(16) = -0,045; p = 0,869	W(16) = 0,343; p = 0,194
	Fehlerraten Buchstaben 7	W(16) = -0,019; p = 0,944	W(16) = -0,261; p = 0,329	W(16) = 0,463; p = 0,071
	Fehlerraten Buchstaben 8	W(16) = 0,169; p = 0,531	W(16) = -0,202; p = 0,453	W(16) = 0,431; p = 0,095
	Fehlerraten Buchstaben Gesamt	W(16) = 0,052; p = 0,848	W(16) = -0,219; p = 0,415	W(16) = 0,475; p = 0,063
	Fehlerschwelle	W(16) = 0,024; p = 0,928	W(16) = 0,203; p = 0,451	W(16) = -0,315; p = 0,235
	Fehlerraten Gleichungen 4	W(16) = -0,091; p = 0,738	W(16) = -0,189; p = 0,484	W(16) = 0,227; p = 0,398
	Fehlerraten Gleichungen 5	W(16) = 0,402; p = 0,122	W(16) = -0,242; p = 0,366	W(16) = 0,447; p = 0,082
	Fehlerraten Gleichungen 6	W(16) = 0,105; p = 0,697	W(16) = -0,132; p = 0,627	W(16) = 0,389; p = 0,136
	Fehlerraten Gleichungen 7	W(16) = 0,158; p = 0,558	W(16) = -0,092; p = 0,734	W(16) = 0,215; p = 0,424
	Fehlerraten Gleichungen 8	W(16) = 0,038; p = 0,890	W(16) = 0,044; p = 0,870	W(16) = 0,237; p = 0,377
	Fehlerraten Gleichungen Gesamt	W(16) = 0,144; p = 0,595	W(16) = -0,110; p = 0,684	W(16) = 0,369; p = 0,160
	Antwortzeit [s] Buchstaben	W(16) = 0,506; p = 16,000	W(16) = 0,703; p = 16,000	W(16) = 0,301; p = 16,000
	Antwortzeit [s] Gleichungen	W(16) = 0,206; p = 0,444	W(16) = -0,135; p = 0,619	W(16) = 0,355; p = 0,177

## 7 Diskussion

### 7.1 Ergebnisdiskussion

Die Ergebnisse zeigen eindeutige individuelle Strategiemuster, welche sich mithilfe der zwei Extremen Memorisierung und Akquisition erklären lassen. Bei einer Einteilung in diese Strategie-Gruppen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der Zeit zwischen Klicks, welche bei der Memorisierungsstrategie erhöht ist, und der Klickanzahl, welche bei der Akquisitionsstrategie höher liegt.

Zusätzlich lassen sich signifikante Unterschiede in der Zeit zwischen Klicks und Klickanzahl zwischen den Bedingungen, also den Variationen des Delays und der Objektkomplexität, feststellen. Trials mit Komplexen Objekten scheinen dabei unabhängig vom Delay am schwierigsten zu bearbeiten zu sein, während in Trials mit Simplen Objekten signifikant weniger Zeit zwischen Klicks sowie Klicks im Allgemeinen verwendet wurden.

Auch die Anzahl der zu findenden Fehler sowie die Ausprägung des Fehlers hatte Auswirkungen auf die Performance der Probanden.

Es lassen sich keine Zusammenhänge zwischen der Performance im *Stroop* Test als Maß der Aufmerksamkeit und der Performance im *Operation Span* Test erkennen.

Im Folgenden wird nochmals detaillierter auf diese Erkenntnisse eingegangen.

#### 7.1.1 *Stroop* Test

Beim *Stroop* Test machten die 16 Versuchspersonen ähnlich viele Fehler. Dies lässt darauf schließen, dass alle die Aufgabe verstanden haben. Die geringen Fehlerraten von durchschnittlich  $3,83\% \pm 3,18\%$  legen nahe, dass alle Versuchspersonen aufmerksam und motiviert waren. Mit einer durchschnittlichen Zeitdauer von  $734,94\text{ ms} \pm 186,17\text{ ms}$  lagen die Versuchspersonen unter den von Uttl und Graf (1997) ermittelten 500 ms in Altersgruppen zwischen 12 und 19 sowie 20 und 29. Diese Werte sind jedoch vergleichbar mit den von Cohn et al. (1984) ermittelten 700 ms für eine Altersgruppe von 21 bis 30 Jahren. Die Fehlerraten unterschieden sich nicht signifikant zwischen den beiden Bedingungen, wobei die inkongruente Bedingung tendenziell etwas schlechter abschnitt. Es wurde für die inkongruenten Bedingungen signifikant mehr Zeit bis zu einer Antwort benötigt. Diese Erkenntnisse legen nahe, dass es für die Versuchspersonen schwerer war, die nicht zusammenpassenden Modalitäten zu erkennen. Unsere Ergebnisse bestätigen somit die zuvor gefundenen Ergebnisse innerhalb dieses Aufgabentyps.

## 7.1.2 Hauptversuch

### a. Fehler

Zwischen den 16 Versuchspersonen gab es geringe Unterschiede in der Fehlerrate. Mit einer mittleren Fehlerrate von  $14,51\% \pm 2,14\%$  ist zu erkennen, dass die Aufgabe gut lösbar war, die Probanden aber trotzdem gefordert hat.

Die Fehlerraten von Block 1 und 2 unterschieden sich signifikant, was darauf schließen lässt, dass die erhöhte Schwierigkeit durch Implementierung der Klickbegrenzung eine gewisse Auswirkung auf die Leistung hatte, was nicht zuletzt auf den höheren Stress zurückzuführen ist. Diese Entdeckung ist vor allem für den Alltag von Bedeutung, da sie nahelegt, dass Stress zu schlechteren Ergebnissen führen kann.

Es traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fehlerraten für die einzelnen Bedingungen innerhalb der beiden Blöcke auf, trotz unterschiedlicher Komplexität der Objekte und Delay-Länge. Grund dafür könnte sein, dass die Versuchspersonen durch das Wissen um die folgende Bedingung ihre Aufmerksamkeit fokussierter eingesetzt haben und dementsprechend weniger Fehler gemacht haben. Bei den Simplen Objekten wurden jedoch durchschnittlich etwas mehr Fehler gemacht. Dies spricht dafür, dass es sich um einen Aufmerksamkeits-induzierten Effekt handelt, also ein Effekt, der auf eine Änderung in der Aufmerksamkeit der Probanden zurückzuführen ist. Der lange Delay bei den Komplexen Objekten zeigte eine erhöhte Fehlerrate, was sich auf eine stärkere Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses durch eine längere Aufrechterhaltung der gespeicherten Information zurückführen lässt. Ohne wiederholtes Betrachten der Objekte, das durch die Aufgabenstellung ausgeschlossen werden sollte, nimmt die Genauigkeit der Repräsentation des Objekts mit der Zeit ab (Cowan, 2008, Broadbent, 1958, Zhang und Luck, 2008, Ploner et al., 1998), was mehr Fehler zur Folge hat.

Der Unterschied zwischen den Fehlerraten bei einem und zwei zu findenden Fehlern ist trotz eines Unterschieds von ca. 5,5 % nicht signifikant. Es lässt sich also nur eine Tendenz erkennen, die vermuten lässt, dass ein zu findender Fehler leichter und somit auch zuverlässiger detektiert werden kann. Nicht zu vernachlässigen ist die Möglichkeit, dass die Probanden, sofern sie keinen Fehler gefunden hatten, dennoch einen Fehler angaben, da dies (aus ihrer Sicht) wahrscheinlicher war.

Die Fehlerraten aufgetragen gegen die Änderung und Anzahl der zu findenden Fehler lassen vermuten, dass es den Versuchspersonen am schwersten fiel zwei Fehler zu finden, wenn sich bei den beiden Objekten nur ein einziges Merkmal verändert hatte. Zum einen könnte dies daran liegen, dass es schwerer ist nur eine Veränderung in den Objekten wahrzunehmen und diese als solche abzuspeichern, zum anderen korrespondiert dies mit der Ressource Theorie (Bays und Husain, 2008, Bays et al., 2009, Gorgoraptis et al., 2011), nach welcher nicht das

gesamte Objekt, sondern nur einzelne Merkmale dessen vergessen werden. Ähnliche Fehleraten wurden bei Trials festgestellt, bei denen zwei Fehler zu finden waren und sowohl bei einem Objekt nur ein Merkmal und im anderen Fall alle Merkmale verändert wurden. Dies lässt sich erneut damit erklären, dass es den Probanden deutlich schwerer fiel, die Änderung eines einzelnen Merkmals zu detektieren. Zusätzlich dazu könnte eine gewisse Erwartungshaltung Grund für die überdurchschnittlichen Fehlerraten sein. Da die Versuchspersonen schon einen Fehler entdeckt haben, nahm möglicherweise die Aufmerksamkeit ab, was das Erkennen einer einzelnen Veränderung schwieriger machte. Bei nur einem Fehler mit einer minimalen Veränderung und zwei zu findenden Fehlern mit maximaler Veränderung waren die Fehlerraten deutlich geringer, was darauf schließen lässt, dass dies den Versuchspersonen leichter fiel. Da durch die Aufgabenstellung vorgeschrieben ist, dass es nur einen oder zwei Fehler gibt, könnte bei einem Fehler, auch wenn sich das Objekt nur in einem Merkmal geändert hat, solange gesucht worden sein, bis es gefunden wurde.

#### **b. Trialdauer**

Die für das Lösen der Aufgaben benötigte Zeit, also die Trialdauer, variierte zwischen den Versuchspersonen signifikant, was darauf schließen lässt, dass es individuelle Unterschiede (Strategien) gibt.

In Block 2 wurde signifikant mehr Zeit für die Trials benötigt, was nahelegt, dass die Implementierung der Klickbegrenzung und der damit verbundene Stress dazu führten, dass die Versuchspersonen sich mehr Zeit gelassen haben die Objekte zu betrachten (Strategieverlagerung).

Es wurde signifikant mehr Zeit auf der linken Seite verbracht, was mit den Entdeckungen von Hardiess et al (2008) korrespondiert. Grund hierfür könnte einerseits der durch die Leserichtung unserer Sprache intrinsische Bias sein, immer links mit der Bearbeitung anzufangen. Andererseits ist nicht zu vernachlässigen, dass jeder Trial mit der offenen linken Seite angefangen hat und die Versuchspersonen sich erstmals orientiert haben, was Zeit kostete.

Die Trialdauer unterschied sich signifikant für die verschiedenen Variationen. Neben den zuvor angesprochenen Unterschieden zwischen den Blöcken ist auffällig, dass die Versuchspersonen für die Trials mit den simplen Objekten unabhängig vom Block signifikant weniger Zeit benötigten als für die Trials mit den komplexen Objekten. Dies legt nahe, dass es zusätzliche Ressourcen kostet, mehrere Features zu bearbeiten. Ob das Detektieren, Abspeichern, Behalten oder Wiederaufrufen der Information diese zusätzliche Verarbeitungsleistung kostet, kann jedoch durch das verwendete Versuchsdesign nicht eindeutig festgestellt werden, da eine solche Differenzierung innerhalb der verwendeten Aufgabenstellung nicht möglich ist. Auffällig ist, dass sowohl in Block 1 als auch in Block 2 für die Bedingung ‚Lang Sempel‘ am

wenigsten Zeit benötigt wurde. Naheliegender wäre, dass die einfachsten Bedingungen also ‚Kurz Sempel‘ am schnellsten bearbeitet werden. Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung könnte, wie zuvor schon besprochen, ein größerer Aufmerksamkeitsfokus sein, wenn eine schwierigere Aufgabe erwartet wird.

Bei der Betrachtung der Trialdauer abhängig von der Änderung für einen und zwei zu findende Fehler wird deutlich, dass für einen zu findenden Fehler mit einer Änderung in einem einzigen Merkmal am meisten Zeit benötigt wurde. Dies korrespondiert mit der zuvor gestellten Annahme, dass die Versuchspersonen so lange gesucht haben, bis sie diesen einen Fehler gefunden hatten und dies schwerer war, wenn nur ein einzelnes Merkmal von der Änderung betroffen war. Im Allgemeinen wurde mehr Zeit benötigt die Änderung eines einzelnen Merkmals zu detektieren. Die Zeit, die durchschnittlich für die Trials mit zwei zu findenden Fehlern benötigt wurde, unterschied sich nur gering für die verschiedenen Änderungen. Vor allem unter Einbezug der Fehlerraten liegt für die Trials, in denen sowohl nur ein als auch alle Merkmale eines Objekts verändert wurden, nahe, dass nachdem ein Fehler gefunden wurde, nicht mehr weitergesucht wurde.

### **c. Zeit zwischen Klicks**

Ähnlich wie bei der Trialdauer gibt es zwischen Individuen signifikante Unterschiede in der durchschnittlichen Zeit zwischen Klicks. Die Zeit zwischen Klicks kann als Maß der Dauer der Aufnahme und Verarbeitung (*‚Perception‘*) von Information verwendet werden, da man davon ausgehen kann, dass in der gesamten Zeit zwischen den Klicks die Aufgabe bearbeitet und dementsprechend die Objekte betrachtet, gemerkt und verglichen wurden. Dies trifft jedoch nur zu sofern die Aufgaben gewissenhaft bearbeitet wurden, die Objekte betrachtet, verarbeitet, gespeichert sowie Informationen zu ihnen überschrieben und abgeglichen wurden.

Interessanterweise ist der Unterschied in der Zeit zwischen Klicks zwischen den beiden Blöcken deutlich signifikanter als der Unterschied in der Trialdauer. Gründe hierfür werden einerseits ein erhöhter Verlass auf das Gedächtnis im Gegensatz zu vermehrtem Seitenwechsel in Block 2 sein. Andererseits ist naheliegend, dass sich der durch die Klickbegrenzung auf die Individuen ausgeübte Stress, eine ähnlich gute Leistung wie zuvor zu erzielen, in Leistungsdruck und fokussiertem Arbeiten äußerte. Die Tendenz, dass die benötigte Zeit in Block 2 ansteigt, bleibt jedoch gleich. Damit lässt sich also belegen, dass sich sowohl die Zeit, die durchschnittlich für die Trials benötigt wurde, als auch die Zeit zwischen Klicks bei der Implementierung einer Klickbeschränkung signifikant erhöht. Zusätzlich, ist der Standardfehler in Block 2 deutlich höher, was dafür spricht, dass die Probanden unterschiedlich mit der Klickbegrenzung umgegangen sind. Einigen ist es deutlich leichter gefallen, während andere allein durch die Implementierung der Klickbegrenzung deutliche Einbußen in ihrer Performance hatten.

Erneut wurde mehr Zeit auf der linken Bildschirmhälfte verbracht. Mögliche Gründe hierfür wurden schon im Teil zur Trialdauer besprochen.

Bei der Zeit zwischen Klicks gibt es keine signifikanten Unterschiede in der Zeit zwischen den Bedingungen innerhalb eines Blockes. Erneut zeigten sich bei den Trials mit langem Delay und simplen Objekten die geringsten Zeiten pro Klick. Vor allem unterschied sich die Zeit zwischen Klicks für die komplexen Objekte in Block 2 im Vergleich zu Block 1.

Die Zeit zwischen Klicks variierte nicht abhängig von der Anzahl der zu findenden Fehler und der Art der Änderung. Dies spricht dafür, dass es in der Zeit bis die Seite gewechselt, also geklickt wird, egal ist, um was für eine Änderung es sich handelt bzw. auf wie viele Objekte geachtet werden soll.

#### **d. Klickanzahl**

Erneut zeigte sich, dass die Klickanzahl stark individuell ist und sich signifikant für die Probanden unterscheidet. Es kann also davon ausgegangen werden, dass sowohl die Zeit, die pro Klick und pro Trial, als auch die Anzahl der Klicks Teil von individuellen Verhaltensmustern sind. Die Anzahl der Klicks lässt sich mit der Akquisitionsstrategie assoziieren. Viele Klicks bedeuten demnach viele Seitenwechsel, bei denen die gemerkten Objekte verglichen werden. Sie kann also eine Näherung der gemerkten Objekte geben: Bei 15 Objekten und 15 Seitenwechsel liegt es nahe, dass sich immer nur ein Objekt gemerkt wurde. Zu beachten ist, dass die Objekte nicht mehrfach verglichen werden sollten, was durch die Aufgabenstellung sichergestellt werden sollte. Im Durchschnitt wurden  $8,16 \pm 1,32$  Klicks pro Trial benötigt, was ungefähr zwei gemerkten Objekten entspricht, die jeweils auf einmal verglichen wurden.

Da in Block 2 die zuvor in Block 1 für die vier Bedingungen verwendeten Klickanzahlen gemittelt und auf 80 % verringert wurden, war klar, dass die Anzahl der in Block 2 benötigten Klicks deutlich geringer, als in Block 1 ausfallen würden. Wider Erwarten zeigte sich jedoch, dass auch nach Herausrechnen der Klickbegrenzung in Block 2 signifikant weniger Klicks verwendet wurden. Dies legt nahe, dass die Probanden allein durch das Wissen um eine Begrenzung und dem visuellen Feedback, wie viele Klicks noch übrig sind, ihre Klickanzahl zusätzlich reduziert haben. Die Möglichkeit einer solchen zusätzlichen Reduktion der verwendeten Klicks, zeigt, dass die Probanden leistungsfähiger waren als angenommen und zuvor nicht an ihrem „Optimum“ gearbeitet haben, sondern in einem Bereich, in dem noch Verbesserung möglich ist, falls diese gefordert wird.

Betrachtet man die in Block 2 nicht verwendeten Klicks, fällt auf, dass bei den Trials mit der Bedingung ‚Lang Sempel‘ signifikant mehr Klicks nicht genutzt wurden, als bei allen anderen Bedingungen. Zusammen mit den zuvor gemachten Deduktionen verdichten sich die Evidenzen dafür, dass die Trials mit der Bedingung ‚Lang Sempel‘ am leichtesten zu bearbeiten waren.

Die Anzahl der „übrigen“ also nicht verwendeten Klicks war für die Trials mit komplexen Objekten, unabhängig von der Dauer des Delays, am geringsten, wobei die verwendeten Klicks bei langem Delay am nächsten an den verwendbaren Klicks lagen. Dies spricht dafür, dass diese den Probanden am schwersten gefallen sind bzw. am anspruchsvollsten zu lösen waren. Zum einen könnte dies daran liegen, dass die Wahrnehmung, Speicherung und der Abgleich von mehreren Features mehr Ressourcen erfordert, weswegen weniger Objekte gleichzeitig bearbeitet und mehr Klicks benötigt werden. Zum anderen wird vor allem bei der Bedingung ‚Lang Simple‘ der zeitliche *Decay* eine entscheidende Rolle spielen.

Während sich in Block 1 alle Klickzahlen, außer die in den Trials mit simplen Objekten voneinander unterscheiden, gab es in Block 2 nur Unterschiede zwischen den Objektkomplexitäten innerhalb einer Delaylänge. Die geringen Unterschiede zwischen den zwei Delaylängen finden sich auch in Block 1. Dies legt nahe, dass für die Perzeption die Dauer des Delay unerheblich ist, diese jedoch für die Zeit der Betrachtung entscheidend ist. Erneut hebt sich die Bedingung ‚Lang Komplex‘ durch eine geringe Anzahl an Klicks hervor, was die zuvor aufgestellte These, dass diese am besten zu bearbeiten sind, verstärkt. Versuchspersonen benötigten in Trials in Block 1 mit der Bedingung ‚Kurz Simple‘ signifikant mehr Klicks als in den Trials derselben Bedingung in Block 2. Die Bedingungen mit komplexen Objekten in Block 1 unterschieden sich signifikant von allen anderen Bedingungen in Block 2. Dies bestätigt, dass die Perzeption und Verarbeitung von komplexen Objekten mehr Ressourcen benötigt als simple Objekte.

#### **e. Zusammenhang zwischen Klickanzahl und Zeit zwischen Klicks**

Wie bereits gesehen, haben die Versuchspersonen deutlich unterschiedliche Zeiten zwischen Klicks sowie Klickanzahlen verwendet. Dies spricht stark für eine individuelle Ausprägung verschiedener Strategiemixe. Diejenigen, die viele Klicks verwendet haben, haben schneller erneut geklickt während diejenigen, die lange bis zum nächsten Klick benötigten, nur wenige Klicks verwendeten. Die daraus resultierende Funktion  $f(x) = 32,67x^{-0,897}$  verdeutlicht dabei den exponentiellen Charakter der Werte. Diese Erkenntnisse korrespondieren mit der Akquisitions- und der Memorierungsstrategie. Während die Anzahl der Klicks ein Maß für die Akquisitionsstrategie ist, sprechen lange Zeiten pro Klick für eine Strategie aufseiten der Memorisierung (Abbildung 34).



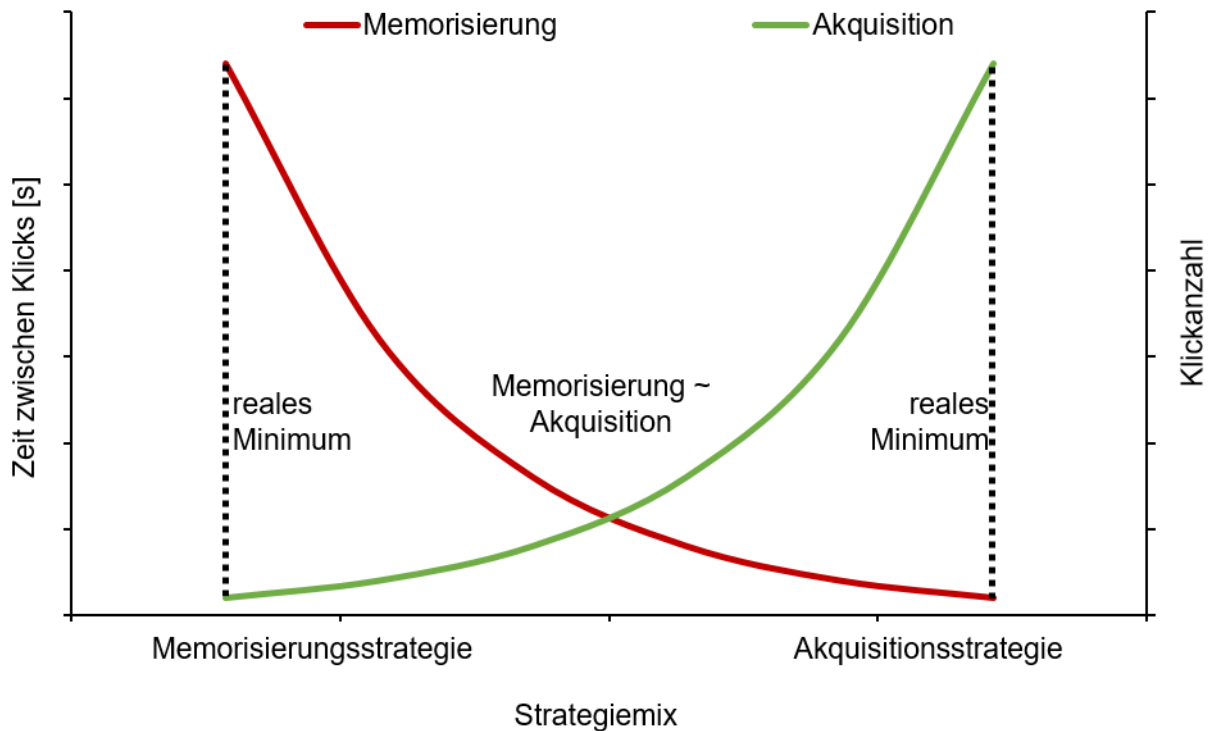


Abbildung 34 Schematische Darstellung der Strategiezusammensetzung  
 Zeit zwischen Klicks [s] auf primärer vertikalen Achse und Klickanzahl auf sekundärer vertikalen Achse aufgetragen gegen den Strategiemix bestehend aus Memorisierung (rot) und Akquisition (grün).

Auffällig ist, dass der Standardfehler mit dem Abstand vom Nullpunkt zunimmt. Die nachgewiesene starke Korrelation zwischen Abstand vom Nullpunkt und Standardfehler spricht dafür, dass je geringer die Zeit zwischen Klicks und Klickanzahl ist, desto weniger variieren diese. Diese zu erwartende Entdeckung legt des Weiteren nahe, dass die Versuchspersonen, die entweder in der Klickanzahl oder der Zeit zwischen Klicks sehr große Werte hatten, nicht an ihrem Optimum gearbeitet haben, wodurch größere Schwankungen auftraten. Das Verbesserungspotential dieser Versuchspersonen dürfte demnach in diesen Fällen entsprechend groß sein. Der Abstand zwischen dem Nullpunkt und der Zeit zwischen Klicks aufgetragen gegen die Anzahl an Klicks kann innerhalb dieser Aufgabe als Maß der Performance gelten. Es kann angenommen werden, dass eine Reduktion der Zeit- und Energiekosten mit einer effizienteren Performance einhergeht, weswegen ein geringer Abstand eine effiziente Performance nahelegen würde.

Die Einteilung der Versuchspersonen in drei Gruppen abhängig vom Abstand der Zeit zwischen Klicks und der Klickanzahl von der Winkelhalbierenden erweist sich als sinnvoll. Die Einteilung in drei Gruppen: 1) Memorisierungsstrategie 2) Akquisitionsstrategie und 3) Undifferenziert, zeigte signifikante Unterschiede in der Zeit zwischen Klicks als auch in der Klickanzahl zwischen den Gruppen. Wie erwartet unterscheiden sich vor allem Gruppe 1 und 2 voneinander. Obwohl die Entscheidung die dritte undifferenzierte Gruppe einzuführen fragwürdig ist, handelt es sich um einen nachvollziehbaren Entschluss. Wie in der Einleitung besprochen

wurde, ist das Verhalten ein Strategiemix und kann demnach als ein Kontinuum zwischen den beiden Extremen ‚reine Akquisitionsstrategie‘ und ‚reine Memorierungsstrategie‘ gesehen werden. Bei der undifferenzierten Gruppe handelt es sich demnach um diejenigen Individuen, die sich zu ähnlichen Anteilen auf Memorierung und Akquisition verlassen haben. Dies zeigt sich deutlich in dem sehr geringen Abstand (unter 1) zur Winkelhalbierenden, welche die Linie ist, bei der in unserem Fall Akquisitions- und Memorierungsstrategie zu gleichen Teilen verwendet wurden. Bei zukünftigen Versuchen muss überprüft werden, ob diese Einteilung übertragbar ist, oder ob die Werte dieses Versuches zufällig symmetrisch verteilt waren.

Versucht man nun die durch Gruppeneinteilung erhaltenen Erkenntnisse zu schematisieren, wird deutlich, dass mit der Größe der Werte die Variabilität steigt, während der Abstand zur Winkelhalbierenden Rückschlüsse auf den Strategiemix gibt (Abbildung 35).

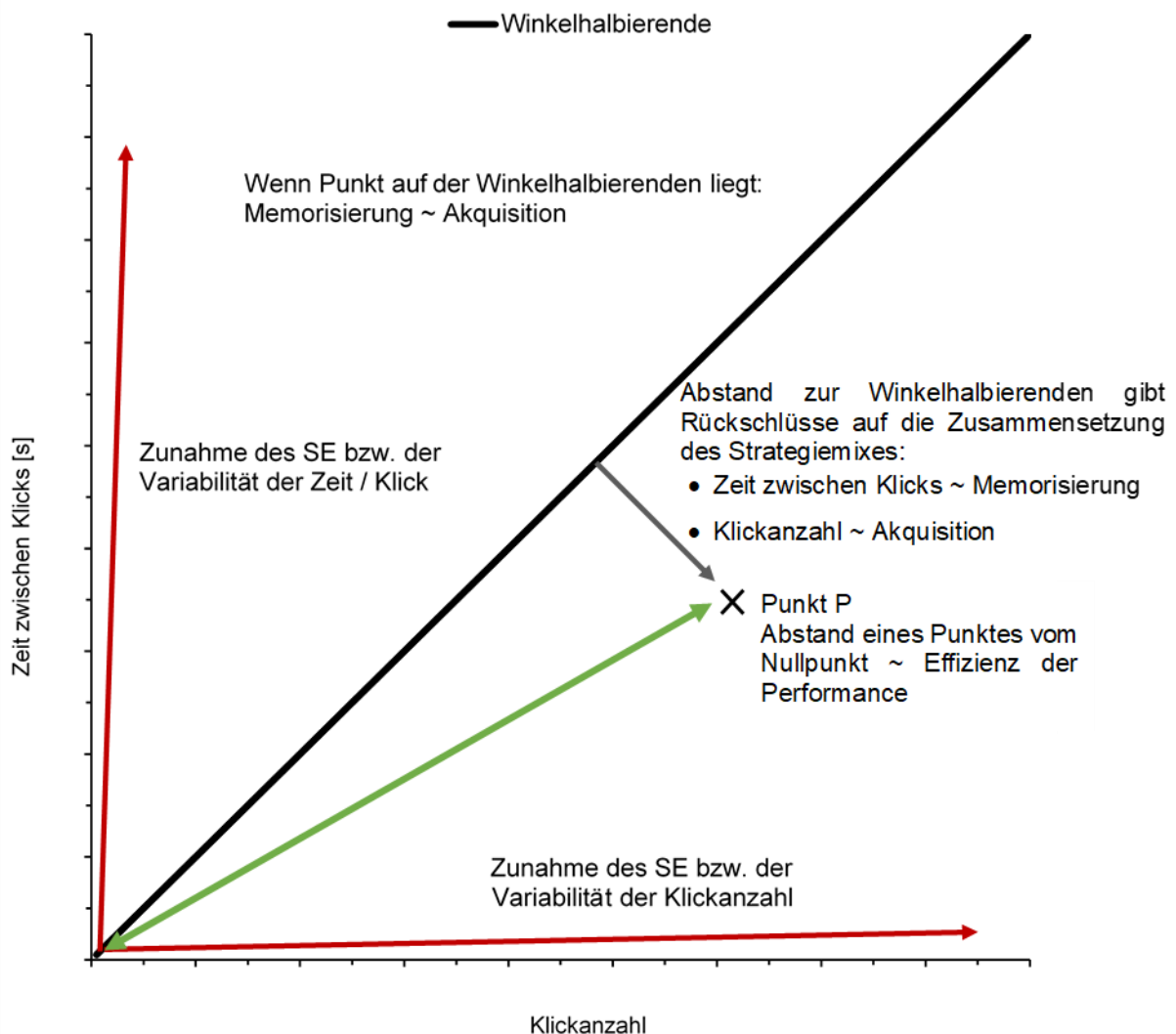


Abbildung 35: Schematische Darstellung der Erkenntnisse  
Zeit zwischen Klicks aufgetragen gegen die Klickanzahl mit Winkelhalbierenden (schwarz).

Wie bereits gesehen, haben sich in Block 2 sowohl die Zeit zwischen Klicks als auch die Klickanzahl verändert. Dementsprechend erhält man 2 verschiedene Regressionsgeraden, die erneut die Verschiebung der Werte visualisieren. Bemerkenswert hierbei ist jedoch, dass 84,8 % der Variation dieser zwei Werte durch den Block erklärt werden kann. Die doppeltlogarithmische Auftragung der Zeit zwischen Klicks [s] gegen die Klickanzahl wies, wie erwartet, einen linearen Zusammenhang auf. Während Versuchspersonen die in Block 1 eine stark aufseiten der Memorisierung liegende Strategie anwendeten, verfolgten sie in Block 2 eine mehr aufseiten der Akquisition liegende Strategie. Versuchspersonen, die sich in Block 1 hingegen stark auf die Akquisitionsstrategie verließen, verlagerten ihren Strategiemix in Block 2 hin zu einer Memorisierungsstrategie. Logischerweise konnten Versuchspersonen, die eine hohe Klickanzahl benötigten, um die Aufgabe zu lösen, durch die implementierte Klickbegrenzung nicht mehr Klicks verwenden und mussten demnach ihre Klickanzahl reduzieren.

Auch bei der Aufteilung der beiden Blöcke in die Gruppen lassen sich interessante Erkenntnisse gewinnen. Zum einen ist der Unterschied in der Zeit zwischen Klicks und in der Klickanzahl nur für Gruppe 1 und 2 signifikant, nicht jedoch für Gruppe 3, was vermutlich an der geringen Gruppengröße von Gruppe 3 liegt. Zum anderen ist die Differenz der Zeit zwischen Klicks von Gruppe 1 und 2 zwischen den Blöcken deutlich höher. Die Differenz der Klickanzahl zwischen beiden Blöcken ist hingegen bei Gruppe 2 am höchsten. Betrachtet man die Differenzen der Zeit zwischen Klicks sowie Klickanzahl zwischen den Blöcken für die Versuchspersonen genauer, fällt auf, dass diese stark positiv mit dem Standardfehler der entsprechenden Messgröße im ersten Block korrelieren. Diese Erkenntnis legt nahe, dass Versuchspersonen, die einen hohen Standardfehler in Block 1 haben, sofern eine Implementierung der Klickbegrenzung erfolgt, ihre Strategie deutlich stärker verändern als die Versuchspersonen, bei denen der Standardfehler und somit die Variabilität in Block 1 gering war. Dies stützt die zuvor aufgestellte Hypothese des Standardfehlers als Indiz für die Konsistenz und Optimalität der Strategie oder, mit anderen Worten, wie effizient die Person diese Strategien anwendet.

Die Auftragung des Zehnerlogarithmus der Zeit zwischen Klicks gegen den Zehnerlogarithmus der Klickanzahl verdeutlicht die signifikant geringeren Zeiten pro Klick sowie die geringeren Klickanzahlen für die Bedingungen mit simplen Objekten unabhängig von der Dauer des Delays. Dies bekräftigt erneut die Hypothese, dass die komplexen Objekte sowohl schwerer in ihrer Gesamtheit wahrzunehmen als auch schwerer zu merken sind, was die erhöhte Zeit zwischen Klicks erklärt. Zum anderen legen die hohen Klickanzahlen nahe, dass diese Objekte schwerer im Gedächtnis zu behalten sind, weswegen sie öfters betrachtet und abgeglichen werden müssen. Leider ist es in diesem Versuchsdesign nicht möglich zu differenzieren, ob das gesamte Objekt oder nur Merkmale des Objekts vergessen wurden. Betrachtet man die Performance, also die Klickanzahl und die Zeit zwischen Klicks innerhalb der drei Gruppen, fällt auf, dass sie sich zwischen den verschiedenen Bedingungen nicht stark unterscheidet.

Der Faktor Gruppe hat deutlich größere Auswirkungen. Solche geringen Unterschiede zwischen den Bedingungen innerhalb der Gruppen legen nahe, dass die Bearbeitung der Aufgaben unabhängig von der Bedingung ist.

#### **f. Augentracking**

Die Auswertung der Augenbewegungen zeigte, dass trotz deutlicher Anweisungen in der Aufgabenstellung, jedes Objekt nur einmal zu betrachten, viele Objekte mehrmals angeschaut wurden. Grundsätzlich ist dies kein Problem, aber bei der Auswertung in Betracht zu ziehen. Zusätzlich wurde, sofern beide Fehler gefunden wurden, der Trials des Öfteren vorzeitig abgebrochen. Dieses Verhalten verfälscht die Trialdauer und die Anzahl an Klicks und sollte in folgenden Studien durch eine Veränderung des Versuchsdesigns unterbunden werden. Sicherstellen könnte man dies beispielsweise durch die Aufgabenstellung, jedes Objekt anzuschauen und nicht eine vorgeschriebene Anzahl an Fehler zu finden.

Die aufgrund von Anzahl der Klicks sowie Zeit zwischen Klicks erkannten Strategietendenzen lassen sich durch die Aufnahmen der Augenbewegungen weiter bestätigen. Versuchspersonen, die in Gruppe 1 Memorisierung eingeordnet wurden, zeigten grundsätzlich mehr oder längere Fixationen, größere Objektgruppierungen und weniger Blickwechseln, während die in Gruppe 2 Akquisition eingeordnete Versuchspersonen sowohl viele Blickwechsel als auch viele kurze Fixationen mit geringen Gruppierungen zeigten. Auch die Unterschiede zwischen Block 1 und 2, die sich durch die erhöhte Betrachtungszeit vermuten lassen, werden durch die Augentrackingsaufnahmen bestätigt. Zu erkennen sind deutlich mehr Fixationen in Block 2 als in Block 1.

Wie besprochen lassen sich in den Aufzeichnungen der Augenbewegungen deutliche Gruppierungsmuster erkennen, welche ohne Augentracking nicht sichtbar gewesen wären.

Trotz geringer Analysentiefe der Augenbewegungsdaten wurden wie erhofft Einsichten in die Bearbeitungsweise und der Eindeutigkeit der Aufgabenstellung gewonnen.

#### **g. Fragebögen**

Bei der Auswertung des Fragebogens ist zu beachten, dass die Fragen nach einer Strategie dazu geführt haben könnten, dass die Versuchspersonen sich im Nachhinein eine Strategie überlegt haben bzw. sich dazu gedrängt gefühlt haben, irgendeine Strategie anzugeben, obwohl diese möglicherweise nicht verwendet wurde. Weitere Tests würden den Rahmen dieser Arbeit übersteigen, weswegen nur die subjektiven Angaben der Versuchspersonen gewertet wurden.

Wie erwartet wurde die Annahme bestätigt, dass die Implementierung einer Klickbegrenzung zusätzlichen Stress auf die Probanden ausübt. Eine gewisse Grundnervosität in einem Versuchsetting zeigte sich durch den Durchschnitt von 2,6 von 7. Das nach Block 2 erfragte subjektive Stressempfinden hingegen lag durchschnittlich bei 4. Wie erwartet korrelierte der empfundene Stress mit der Schwierigkeit der Aufgaben. Je schwieriger die Aufgabe den Personen erscheint, desto gestresster sind sie. Zusätzlich dazu kann eine große Nervosität zu geringerer Aufmerksamkeit führen, weswegen die Aufgaben als schwerer zu bearbeiten wahrgenommen werden. Dementsprechend zeigte sich, dass ein erhöhtes Stressempfinden nach Block 2 mit einer schlechteren Performance korreliert ist.

Erwartungsgemäß wurde Block 2 als schwieriger empfunden. Nichtsdestotrotz wurde eine negative Korrelation subjektiver Schwierigkeit in Block 1 mit der Anzahl der Klicks und eine positive Korrelation mit den gemachten Fehlern gefunden. Diese Beobachtungen legen nahe, dass die Probanden, denen die Aufgabe leichtfiel, eher weniger Klicks benötigten als andere. Es ist jedoch nicht eindeutig zu bestätigen, ob dies eine direkte Auswirkung auf die Strategieauswahl hatte.

Zwischen den Versuchspersonen gab es einen Konsens, eine gewisse Strategie verwendet zu haben. Wie bereits besprochen, könnte durch die Fragestellung eine solche Antwort begünstigt worden sein.

### **7.1.3 Operation Span**

Die Daten der *Operation Span* Aufgabe zeigten wie erwartet deutlich höhere Fehlerraten bei den Buchstabenreihen als bei den Gleichungen. Dies lässt sich mit dem zeitlichen Decay von Informationen im Arbeitsgedächtnis erklären. Während die Gleichungen direkt gelöst werden müssen und ihre Richtigkeit von den mathematischen Fähigkeiten der Versuchsperson abhängt, muss die Buchstabenreihe nach jeder Gleichung erweitert werden. Involviert ist also nicht nur ein Merkprozess über die Zeit hinweg, sondern sowohl das Merken, Aktualisieren und Wiederaufrufen der Information sowie die Resistenz gegenüber Störungen, welche in diesem Fall aus einem anderen Aufgabentyp bestehen.

Zu erkennen war, dass die mittleren Fehlerraten mit zunehmender Anzahl der zu merkenden Buchstaben exponentiell zunimmt, während die Fehlerraten bei den Gleichungen einen leicht linearen Zuwachs aufweisen. Begründen lässt sich die Zunahme der Fehlerraten für die Gleichungen mit der Anzahl der Objekte mit dem zunehmenden Stress, der auf die Probanden ausgeübt wird. Zusätzlich spielen sicher Faktoren wie Ablenkungen durch zuvor falsch beantwortete Gleichungen sowie das Vergessen eines oder mehrerer Buchstaben eine entscheidende Rolle. Es muss sich immer ein weiterer Buchstabe gemerkt und wiederholt werden, wodurch die freie Aufmerksamkeit, mit der die mathematischen Aufgaben gelöst werden,

immer geringer wird. Um die Buchstaben nicht zu vergessen, ist eine konstante Revision der Reihenfolge notwendig, da das Arbeitsgedächtnis Informationen ohne Wiederholung nur für wenige Sekunden bis eine Minute (Atkinson und Shiffrin, 1968) behalten kann und die Probanden für jede Gleichung 3 Sekunden zur Bearbeitung hatten. Die gleichen Annahmen gelten selbstverständlich auch für die Erklärung der zunehmenden Fehlerraten der Buchstaben mit zunehmender Reihenzahl. Hierzu kommt wie bereits besprochen der *Decay* der Information über die Zeit hinweg, welcher sich mit zunehmender Reihenzahl stärker auswirkt (Cowan, 2008).

Die Zeit bis zu einer Antwort hingegen ist für die Buchstaben mit  $0,93 \text{ s} \pm 0,07 \text{ s}$  signifikant niedriger als für die Gleichungen mit  $1,40 \text{ s} \pm 0,06 \text{ s}$ . Grund hierfür ist höchstwahrscheinlich, dass die Bearbeitung der Gleichungen mehr Zeit braucht als die gemerkten Buchstabenreihen zu wiederholen. Hierbei weiß man entweder die Antwort oder man rät. Weiteres Nachdenken wird, im Gegensatz zu der Bearbeitung der Gleichungen, zu keinem besseren Ergebnis führen.

Die Fehlerraten variierten zwischen den Versuchspersonen für die verschiedenen Buchstabenreihenzahlen signifikant. Dies spricht für individuelle Unterschiede in der Arbeitsgedächtniskapazität, der Aufmerksamkeit oder der Resistenz gegenüber Störungen. Innerhalb dieser Aufgabe ist es leider nicht möglich diese Faktoren voneinander zu trennen und eine eindeutige Aussage über den Hauptfaktor zu treffen.

#### **7.1.4 Interfaktorielle Korrelationen**

Sowohl die Zeit zwischen Klicks, die Klickanzahl als auch die Gruppeneinteilung haben keinen erkenntlichen Zusammenhang mit den Fehlerraten aus dem *Stroop* Test und dem *Operation Span* Test. Daraus lässt sich zum einen schließen, dass Aufmerksamkeit in unserem Fall keine ersichtlichen Auswirkungen auf die Strategieauswahl hat. Dies legt nahe, dass die Strategiekombination unabhängig von der Aufmerksamkeit ist, oder dass in unserem Fall der vereinfachte *Stroop* Test keine aussagekräftigen Daten zur Aufmerksamkeit geliefert hat.

Nur die Dauer bis zu einer Antwort im *Stroop* Test korrelierte positiv mit der Klickanzahl. Dies weist darauf hin, dass Versuchspersonen aus der Memorierungsgruppe nicht dazu tendieren für alle Aufgaben länger zu benötigen. Die mittleren Zeiten bis zu einer Antwort bei der Bearbeitung der Gleichungen und der Buchstabenreihen im *Operation Span* Test lassen jedoch weitere Zusammenhänge erkennen.

Auch das innerhalb des *Operation Span* Test ermittelte Kapazitätslimit scheint keine Auswirkung auf die Wahl der Strategie zu haben. Wider Erwartung korreliert eine höhere Anzahl „gut“ (mit einer Fehlerrate unter 50 %) gemerkter Objekte nicht mit einer Tendenz zur Memorierungsstrategie. Mögliche Gründe dafür können zum einen die unterschiedlichen Anforderungen in den Aufgaben sein. Während beim *Operation Span* Test die Performance von der

Ablenkungsresistenz und dem fokussierten Bearbeiten der Aufgaben abhängt, scheinen diese Punkte, wie zuvor gesehen wurde, keine Auswirkungen auf die Strategiewahl zu haben. Eine andere Aufgabe (-stellung) könnte hier Abhilfe schaffen, um eindeutig feststellen zu können, ob ein höheres Kapazitätslimit mit einem Strategiemix aufseiten der Memorisierung einhergeht oder ob es andere Gründe gibt eine solche Strategietendenz zu verwenden.

Die Wahl der Schwelle von 50 %, bei der im *Operation Span* Test die Buchstaben nicht mehr gewusst, sondern teilweise geraten wurde, könnte man zwar als willkürlich betiteln, da es sich zwar um eine 50 % Chance handelt den Buchstaben zu raten. Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit bei Nichtwissen trotzdem den richtigen der 26 Buchstaben auszuwählen deutlich geringer. Demnach ist die Wahl dieser Grenze zwar fragwürdig, nichtsdestotrotz wirkte sie bei Betrachtung der Daten passend. Für zukünftige Versuche sollte hier entsprechendermaßen nachgeprüft werden, ob diese Wahl zutreffend war. Falls sie dies nicht war, sollte eine zuverlässigere Methode entwickelt werden, eine Grenze zu ermitteln.

## 7.2 Literaturdiskussion

### 7.2.1 Gedächtnis

Der zeitliche *Decay*, durch den sich das Arbeitsgedächtnis auszeichnet (Atkinson und Shiffrin, 1968, Cowan, 2008), zeigte sich sowohl in den komplexen Objektbedingungen als auch im *Operation Span* Test mit zunehmender Anzahl an Objekten. Hierbei konnte eindeutig festgestellt werden, dass mit zunehmender Anzahl der zu merkenden Objekte sowie zunehmender Komplexität die Performance absinkt. Der variierte zeitliche Delay zwischen den Klicks hatte in der Trialdauer Auswirkungen auf die Performance, jedoch scheint dieser aufgrund des geringen Effektes keinen großen Einfluss zu haben.

Entgegen Engles (2002) Annahmen konnten wir keinen Zusammenhang von Aufmerksamkeit, ersichtlich aus dem *Stroop* und dem *Operation Span* Test, und der Performance innerhalb der Hauptaufgabe feststellen. Grund hierfür könnte hierbei wie zuvor erwähnt eine unpassende Auswahl der Vergleichsaufgaben sein oder weitere nicht erfasste Einflüsse.

Die Eigenschaft des Arbeitsgedächtnisses, anfällig für Störungen zu sein (Eriksson et al., 2015), konnte eindeutig im *Operation Span* Test gezeigt werden, da hier die Performance exponentiell mit der Anzahl der Objekte sowie zu bearbeitenden Gleichungen abnahm. Genau zu differenzieren, wie groß der jeweilige Faktor ist, ist innerhalb dieser Aufgabenstellung jedoch nicht möglich.

Viele der erhaltenden Erkenntnisse lassen sich auf die Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis zurückführen. Der Einfluss der Bedingung in der Hauptaufgabe zeigte eindeutig, dass komplexe Objekte schwerer zu Enkodieren, Speichern bzw. Aufrechterhalten und/oder

Wiederaufrufen und Verwenden sind. Zwar können wir durch diese Aufgabe nicht konkret differenzieren, welcher Aspekt den meisten Einfluss hat, jedoch liegt es nahe, dass alle drei im Arbeitsgedächtnis involvierten Phasen durch die Komplexität der Objekte sowie den Delay beeinflusst werden.

Neben dem zeitlichen *Decay* konnte auch die zweite Limitierung der Gedächtnisprozesse des Arbeitsgedächtnisses beobachtet werden. Erneut ist die Aufgabenstellung jedoch nicht ausreichend, um unwiderlegbar feststellen zu können, ob die *fixed-resource* Theorie (Zhang und Luck, 2008) oder das *resource*-Modell (Ma et al., 2014) zutreffender ist. Erkenntnisse aus dem *Operation Span* Test könnten dabei nahelegen, dass das ‚*resource*‘-Modell zutreffender ist. Des Öfteren wurde der Buchstabe an der falschen Stelle eingetippt, was darauf schließen lässt, dass zwar die Position des Buchstaben vergessen wurde, die Ausprägung jedoch noch als Information vorhanden war. Teilweise ließe sich das natürlich auch mit der *fixed-resource* Theorie erklären, in der das vorige Objekt als Ganzes vergessen wurde und sich die Darauf folgenden entsprechender Weise in ihrer Reihenfolge verschieben. Jedoch stößt diese Begründung an ihre Grenzen, sobald die Buchstaben nur vertauscht wurden, was teilweise auftrat. In der Hauptaufgabe ist es erneut nicht möglich, eindeutige Aussagen dazu zu treffen. Zwar ist in den Augenbewegungen eindeutig zu erkennen, dass viele Objekte mehrfach betrachtet wurden, jedoch ist nicht klar, ob dieses Verhalten daher rührt, dass das gesamte Objekt mit allen Merkmalen vergessen wurde, oder nur die Information über einzelne Merkmale überprüft wurde. Auch eine nachzuprüfende genauere Fixierung des Objektes bei erneutem Betrachten könnte hierbei keinen eindeutigen Beweis für die *resource* Theorie liefern.

Die gefundenen individuellen Unterschiede in den verschiedenen Aufgaben lassen sich teilweise auf Unterschiede in der Arbeitsgedächtnisleistung zurückführen. Wie Cowan et al. (2005) beschrieben hat, zeigten sich diese Unterschiede deutlich im *Operation Span* Test mit seinen gefragten mathematischen Fähigkeiten. Eine Einteilung in *high* und *low-capacity* (Eriksson et al., 2015, Fukuda und Vogel, 2011) bzw. *high* und *low-span* (Conway et al., 2001) Individuen konnte jedoch nicht durchgeführt werden. Vor allem im Haupttest besteht die Möglichkeit diese Einteilung anhand des Abtsandes der Zeit zwischen Klicks und der Klickanzahl von Nullpunkt oder den entsprechenden Standardfehlern durchzuführen. Individuen mit geringen Werten sowie geringen Standardfehlern werden in die *high* Kategorie eingeteilt, während Individuen mit hohen Werten in die *low* Kategorie zugeordnet werden.



### 7.2.2 Trade-off

Da sich diese Arbeit mit einem Kosten-Nutzen-Ansatz befasst, beziehen sich die folgenden Annahmen nur auf diesen Ansatz der Verhaltensauswahl, was nicht bedeutet, dass andere Ansätze nicht andere Erklärungen für die beobachteten Phänomene bieten können. Wie bereits besprochen basiert diese Methode der Verhaltensauswahl auf dem Abschätzen von Kosten und Nutzen innerhalb einer bestimmten Situation mit bekannten Umständen (Mcfarland, 1977, Marewski und Link, 2014). Anhand der Ergebnisse lässt sich eindeutig erkennen, dass die Kosten für das Bearbeiten von komplexen Objekten deutlich höher sind, als die für die simplen Objekte. Gründe hierfür wurden bereits genannt. Diese höheren Kosten führen dazu, dass die Versuchspersonen mehr Zeit zwischen Klicks sowie mehr Klicks benötigen, bis sie sich in der Lage fühlen eine richtige Entscheidung zu treffen. Interessanterweise heben sich die Trials mit langem Delay und simplen Objekten hervor. Sowohl die Fehlerraten als auch die Trialdauer, die Zeit zwischen Klicks und die Anzahl der Klicks waren für diese beiden Bedingungen durchweg am niedrigsten. Hinzu kommt, dass die in Block 2 nicht verwendeten Klicks bei dieser Bedingung am Höchsten waren. Diese Beobachtungen legen nahe, dass die subjektive Evaluation als leicht lösbar galt. Da solche Verhaltensabwägungen auf Erfahrungen basieren (Mcfarland, 1977; Marewski und Link, 2014; Hardiess und Mallot, 2015), ist davon auszugehen, dass sich im Laufe des ersten Blocks ein Lernprozess eingestellt hat, welcher eine „optimalere“ Verhaltensauswahl begünstigte.

Wie auch bei Inamdar und Pomplun (2003), Hardiess et al. (2008), Kibbe und Kowler (2011), Droll und Hayhoe (2007) sowie Hardiess und Mallot (2015) zuvor, wurden auch in dieser Arbeit zwei unterschiedliche Strategien gefunden. Die Akquisitionsstrategie zeichnet sich, wie bereits beobachtet wurde, durch vermehrte Kopf- und Augenbewegungen aus (Ballard et al., 1995) (Hardiess und Mallot, 2015), weswegen in unserem Fall die Anzahl der Klicks als Merkmal verwendet wurden. Anders als zuvor von Kibbe und Kowler (2011) beobachtet, machte in unserer Aufgabe die Dauer des Delays keinen Unterschied in der Nutzung dieser Strategie. Anders hingegen die Komplexität der Objekte. Durch Verändern der Grundannahme, in unserem Fall durch Einführung einer Klickbegrenzung, kam es zu einer Verschiebung der Strategie in Richtung Memorisierung. Diese zeichnete sich wie auch bei Hardies at al. (2008) durch geringere Klickanzahlen bzw. Augen- oder Kopfbewegungen und längerer Betrachtungszeiten aus.

Zu erkennen war, dass jedes Individuum einen präferierten Strategiemix aufwies, welcher sich durch Veränderung der Bedingungen beeinflussen ließ. Dieser Strategiemix lässt sich auf einer negativen Exponentialfunktion auftragen, wobei der Abstand zur Winkelhalbierenden die Zusammensetzung des Strategiemixes widerspiegelt. Neben vielen Bestätigungen bekannter Annahmen stach vor allem die Korrelation des Standardfehlers mit der Effizienz hervor, welche

so bisher nicht publiziert wurde. Je geringer der Standardfehler war, desto geringer war die Zeit zwischen Klicks sowie die Anzahl der benötigten Klicks. Rückblickend kann man sagen, dass mit Zunahme der Werte die Variabilität innerhalb dieser zunimmt, was darauf schließen lässt, dass es sich nicht um das Verhaltensoptimum handelt und die Probanden deutlich leistungsfähiger sein könnten. Logischerweise kann es sich nicht um den Nullpunkt, sondern einen Punkt nahe Null handeln, da die Bearbeitung einer Aufgabe immer ein Minimum an Zeit und Klicks benötigt. Aus Gründen der Einfachheit wurde jedoch im Laufe der Arbeit vom Nullpunkt gesprochen. Richtiger wäre es jedoch, diesen Punkt „Optimum“ zu nennen, also den Punkt, bei dem sowohl die Zeit zwischen Klicks als auch die Anzahl pro Klick minimal ist. Zu differenzieren ist hierbei zwischen individuellem Optimum, welches abhängig von den Grundvoraussetzungen und Präferenzen in Richtung einer Strategie verschoben sein könnte und effektivem (möglichem) Optimum.

Anders als zuvor von Hardiess und Mallot (2015) beschrieben, scheinen die Versuchspersonen sich zumindest bewusst darüber zu sein, dass sie eine gewisse Strategie verfolgt haben und dass sich diese teilweise im zweiten Block verändert hat. Es liegt jedoch nahe, wie Hardiess und Mallot (2015) beschrieben haben, dass die Auswahl der Strategie nicht bewusst getroffen wird, sondern auf unterbewussten Informationen basiert.

### **7.3 Zukunftsaussichten**

Interessant für die weitere Untersuchung dieser Thematik ist vor allem die ausführlichere Analyse der Augenbewegungsdaten, explizit die der Gruppierungsmuster. Auch wäre eine Untersuchung der Augenbewegungsdaten unter Einbindung des Drei-Level-Modells zum Lösen von CVS Aufgaben nach Pomplun und Ritter (1999) sehr interessant und könnte weitere Erkenntnisse über die Arbeitsweise des Arbeitsgedächtnisses liefern.

Die Anfälligkeit des Arbeitsgedächtnisses für Störungen und die Auswirkungen auf die Performance könnten möglicherweise mithilfe der Augenbewegungsdaten ermittelt werden. Als Störung könnten hierbei sowohl Blicke, die nicht auf den Bildschirm gerichtet waren, sowie in Block 2 Blicke auf den Klickzähler gelten. Interessant wäre hierbei, ob eine Einteilung wie in *high* und *low-capacity* (Eriksson et al., 2015, Fukuda und Vogel, 2011) bzw. *high* und *low-span* (Conway et al., 2001) Individuen möglich ist und diese mit der Performance, konkreter gesagt dem Abstand der Zeit zwischen Klicks und der Klickanzahl vom Nullpunkt bzw. dem Ermittelten möglichen Optimum, korreliert.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, durch genauere Analyse der Augenbewegungsdaten aussagekräftigere Annahmen dazu treffen zu können, ob die *resource* Theorie von Ma et al. (2014) oder die *fixed-resource* Theorie (Zhang und Luck, 2008) zutreffender ist.

Weitere Punkte, bei denen eine genauere Betrachtung interessante Aspekte des menschlichen Verhaltens und Leistungsfähigkeit aufdecken könnten, ist die Tatsache, dass die Versuchspersonen trotz Klickbegrenzung auf 80 % ihrer ursprünglichen Klickanzahl, diese noch weiter reduzieren konnten. Weiterhin wäre zu untersuchen, ob allein das Wissen um diese Begrenzung dazu führte, dass weniger Klicks als vorgeschrieben verwendet wurden, oder ob dies aus einem Lerneffekt und dem Vertraut werden mit der Aufgabenstellung sowie einer erlernten, optimierten Verhaltensauswahl resultiert. Hierzu könnten ähnliche Versuche verwendet werden, in denen zwar eine „Begrenzung“ angesagt und gezeigt wird, diese aber aus den zuvor ermittelten Werten besteht. Des Weiteren könnte man sich Lernkurven über mehrere Trials hinweg anschauen und untersuchen, wie sich die Klickanzahl verändert.

Durch weitere Untersuchungen könnten Erkenntnisse zum Bewusstsein bzw. späteren Bewusstwerden (auf Nachfrage) der Strategieauswahl erlangt werden. Wie sehr die beobachtete Strategie mit dem Gesagten übereinstimmt, würde entscheidendes Wissen über das Bewusstsein liefern.

Vor allem für die praktische Anwendung wäre es interessant zu ermitteln, ob die Art der Aufgabenstellung „so schnell wie möglich“ oder „so gut wie möglich“ Auswirkungen auf die Strategieauswahl oder die Performance im Allgemeinen hat. Vorstellbar wäre, dass die Aufgabenstellung „so schnell wie möglich“ zu einer Strategieauswahl aufseiten der Akquisition führt, während bei „so gut wie möglich“ die Memorisierungsstrategie präferiert wird.

Obwohl solche Studien zunehmend Gegenstand des wissenschaftlichen Interesses werden, ist das Wissen in diesen Bereichen noch lange nicht umfangreich genug. Nichtsdestotrotz können hierdurch bedeutende Erkenntnisse zu menschlichem Verhalten erlangt werden, die vor allem für die schulische Förderung und den Arbeitsalltag Relevanz zeigen.

## 8 Literaturverzeichnis

- ATKINSON, R. C. und SHIFFRIN, R. M. 1968. Human memory: A proposed system und its control processes. *Psychology of learning und motivation*. Elsevier.
- BALLARD, D. H., HAYHOE, M. M. und PELZ, J. B. 1995. Memory representations in natural tasks. *J Cogn Neurosci*, 7, 66-80.
- BAYS, P. M., CATALAO, R. F. und HUSAIN, M. 2009. The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *J Vis*, 9, 7 1-11.
- BAYS, P. M. und HUSAIN, M. 2008. Dynamic shifts of limited working memory resources in human vision. *Science*, 321, 851-4.
- BRAINARD, D. H. und VISION, S. 1997. The psychophysics toolbox. *Spatial vision*, 10, 433-436.
- BRAISBY, N. und GELLATLY, A. 2012. *Cognitive Psychology*, OUP Oxford.
- BROADBENT, D. E. 1958. The selective nature of learning. *Perception und communication*, 244-267.
- COHN, N. B., DUSTMAN, R. E. und BRADFORD, D. C. 1984. Age-related decrements in Stroop Color Test performance. *J Clin Psychol*, 40, 1244-50.
- CONWAY, A. R., COWAN, N. und BUNTING, M. F. 2001. The cocktail party phenomenon revisited: the importance of working memory capacity. *Psychon Bull Rev*, 8, 331-5.
- CORNETTE, L., DUPONT, P. und ORBAN, G. A. 2002. The neural substrate of orientation short-term memory und resistance to distractor items. *Eur J Neurosci*, 15, 165-75.
- COWAN, N. 2008. What are the differences between long-term, short-term, und working memory? *Progress in brain research*, 169, 323-338.
- COWAN, N., ELLIOTT, E. M., SCOTT SAULTS, J., MOREY, C. C., MATTOX, S., HISMJATULLINA, A. und CONWAY, A. R. 2005. On the capacity of attention: its estimation und its role in working memory und cognitive aptitudes. *Cogn Psychol*, 51, 42-100.
- DROLL, J. A. und HAYHOE, M. M. 2007. Trade-offs between gaze und working memory use. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 33, 1352-65.
- EBBINGHAUS, H. 1885. *Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*, Duncker und Humblot.
- ERIKSSON, J., VOGEL, E. K., LANSNER, A., BERGSTROM, F. und NYBERG, L. 2015. Neurocognitive Architecture of Working Memory. *Neuron*, 88, 33-46.
- FUKUDA, K. und VOGEL, E. K. 2011. Individual differences in recovery time from attentional capture. *Psychol Sci*, 22, 361-8.
- GIGERENZER, G., TODD, P. M. und ABC RESEARCH GROUP, T. 1999. *Simple heuristics that make us smart*, Oxford University Press.
- GOLD, J. M., FULLER, R. L., ROBINSON, B. M., MCMAHON, R. P., BRAUN, E. L. und LUCK, S. J. 2006. Intact attentional control of working memory encoding in schizophrenia. *J Abnorm Psychol*, 115, 658-73.
- GORGORAPTIS, N., CATALAO, R. F., BAYS, P. M. und HUSAIN, M. 2011. Dynamic updating of working memory resources for visual objects. *J Neurosci*, 31, 8502-11.
- GRAY, W. D., SCHOELLES, M. J. und SIMS, C. R. 2005. Adapting to the task environment: Explorations in expected value. *Cognitive Systems Research*, 6, 27-40.
- GRAY, W. D., SIMS, C. R., FU, W. T. und SCHOELLES, M. J. 2006. The soft constraints hypothesis: a rational analysis approach to resource allocation for interactive behavior. *Psychol Rev*, 113, 461-82.
- HARDIESS, G., GILLNER, S. und MALLOT, H. A. 2008. Head und eye movements und the role of memory limitations in a visual search paradigm. *J Vis*, 8, 7 1-13.
- HARDIESS, G. und MALLOT, H. A. 2015. Allocation of cognitive resources in comparative visual search—Individual und task dependent effects. *Vision research*, 113, 71-77.
- INAMDAR, S. und POMPLUN, M. Comparative search reveals the tradeoff between eye movements und working memory use in visual tasks. Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 2003.
- JAMES, W. 1890. The Principles of. *Psychology*, 2.

- KANE, M. J. und ENGLE, R. W. 2002. The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, und general fluid intelligence: an individual-differences perspective. *Psychon Bull Rev*, 9, 637-71.
- KIBBE, M. M. und KOWLER, E. 2011. Visual search for category sets: tradeoffs between exploration und memory. *J Vis*, 11, 14-14.
- LEWANDOWSKY, S., OBERAUER, K., YANG, L.-X. und ECKER, U. K. 2010. A working memory test battery for MATLAB. *Behavior Research Methods*, 42, 571-585.
- LICHTENSTEIN, S., FISCHHOFF, B., PHILLIPS, L. D., KAHNEMAN, D., SLOVIC, P. und TVERSKY, A. 1982. Judgment under uncertainty: Heuristics und biases. *Judgement under uncertainty: heuristics und biases*.
- LIESEFELD, A. M., LIESEFELD, H. R. und ZIMMER, H. D. 2014. Intercommunication between prefrontal und posterior brain regions for protecting visual working memory from distractor interference. *Psychol Sci*, 25, 325-33.
- MA, W. J., HUSAIN, M. und BAYS, P. M. 2014. Changing concepts of working memory. *Nat Neurosci*, 17, 347-56.
- MAREWSKI, J. N. und LINK, D. 2014. Strategy selection: An introduction to the modeling challenge. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*, 5, 39-59.
- MCAFOOSE, J. und BAUNE, B. T. 2009. Exploring visual-spatial working memory: a critical review of concepts und models. *Neuropsychol Rev*, 19, 130-42.
- MCFARLAND, D. J. 1977. Decision-Making in Animals. *Nature*, 269, 15-21.
- PAYNE, J. W., BETTMAN, J. R. und JOHNSON, E. J. 1993. *The adaptive decision maker*, Cambridge University Press.
- PLONER, C. J., GAYMARD, B., RIVAUD, S., AGID, Y. und PIERROT-DESEILLIGNY, C. 1998. Temporal limits of spatial working memory in humans. *Eur J Neurosci*, 10, 794-7.
- POMPLUN, M. und RITTER, H. A three-level model of comparative visual search. Proceedings of the twenty first annual conference of the cognitive science society, 1999. Citeseer, 543-548.
- POMPLUN, M., SICHELSCHMIDT, L., WAGNER, K., CLERMONT, T., RICKHEIT, G. und RITTER, H. 2001. Comparative visual search: a difference that makes a difference. *Cognitive Science*, 25, 3-36.
- PRIBRAM, K. H., MILLER, G. A. und GALANTER, E. 1960. Plans und the structure of behavior. *Holt, Rinehart und Winston*.
- SOLMAN, G. J. F. und KINGSTONE, A. 2014. Balancing energetic und cognitive resources: Memory use during search depends on the orienting effector. *Cognition*, 132, 443-454.
- STROOP, J. R. 1935. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18, 643.
- UTTL, B. und GRAF, P. 1997. Color-Word Stroop test performance across the adult life span. *J Clin Exp Neuropsychol*, 19, 405-20.
- VOGEL, E. K., MCCOLLOUGH, A. W. und MACHIZAWA, M. G. 2005. Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, 438, 500-3.
- ZHANG, W. und LUCK, S. J. 2008. Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453, 233-5.

## 9 Anhang

### 9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsaufbau des Hauptversuches für Block 1 und 2 .....	14
Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf eines Trials.....	15
Abbildung 3: Stimuli-Bild Trial 1 Block 2 .....	16
Abbildung 4: alle 12 verwendeten Objektbilder (Originalbild: 40 x 40px).....	17
Abbildung 5: Längen-Beschriftetes Objekt mit drei Features .....	18
Abbildung 6: Darstellung von Signifikanzen.....	20
Abbildung 7: Fehleranzahl im Stroop Test.....	21
Abbildung 8: erweiterte Performance Maße im Stroop Test für Bedingungen Kongruent und Inkongruent .....	22
Abbildung 9: Fehlerraten des Hauptversuchs .....	23
Abbildung 10: Detaillierte Beschreibung der Fehlerraten .....	25
Abbildung 11: Trialdauer des Hauptversuchs .....	26
Abbildung 12: Detaillierte Beschreibung der Trialdauer .....	28
Abbildung 13: Zeit zwischen Klicks im Hauptversuch .....	29
Abbildung 14: Detaillierte Beschreibung der Zeit zwischen Klicks .....	31
Abbildung 15: Klickanzahlen im Hauptversuch .....	32
Abbildung 16: Detaillierte Beschreibung der Klickanzahl .....	34
Abbildung 17: Detaillierte Beschreibung des Standardfehlers.....	35
Abbildung 18: Strategiefauftragung .....	36
Abbildung 19: Gruppierung der Versuchspersonen visualisiert.....	37
Abbildung 20: Fehlerraten der drei Gruppen.....	39
Abbildung 21: Detaillierte Auftragung der drei Gruppen.....	40
Abbildung 22: Darstellung der Strategien innerhalb der beiden Blöcke (einzeln) .....	40
Abbildung 23: Darstellung der Strategien innerhalb der Blöcke .....	41
Abbildung 24: Doppeltlogarithmische Auftragung über die Blöcke.....	42
Abbildung 25: Detaillierte Beschreibung der Unterschiede zwischen den Blöcken .....	43
Abbildung 26: Zusammenhang des Unterschieds zwischen den Blöcken und dem SE aus Block 1 .....	44
Abbildung 27: Logarithmische Auftragung der Strategie nach Bedingung.....	45
Abbildung 28: Detaillierte Beschreibung der Bedingungen in Abhängigkeit der Gruppe .....	46
Abbildung 29: Beispielbilder Probleme und Strategien .....	47
Abbildung 30: Beispielbild Unterschied Block 1 und 2 und Gruppierungen.....	48
Abbildung 31: Auswertung des Stressempfindens über den Fragebogen.....	49
Abbildung 32: Ergebnisse des Operation Span Test .....	50

Abbildung 33: Ergebnisse der Fehlerraten im Operation Span Test angängig von der Anzahl .....	51
Abbildung 34 Schematische Darstellung der Strategiezusammensetzung.....	61
Abbildung 35: Schematische Darstellung der Erkenntnisse .....	62

## 9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bedingungsmatrix .....	17
Tabelle 2: Gruppierung der Versuchspersonen .....	38
Tabelle 3: Fehlerraten der Buchstaben im Operation Span Test der Versuchspersonen .....	52
Tabelle 4: Interfaktorielle Korrelationen .....	54

## 9.3 Versuchsanweisungen

### 9.3.1 Hauptaufgabe

#### Vergleichende visuelle Suche

##### a) Aufgabe

- Ihre Aufgabe ist es, in jedem Durchlauf zwei (fast) identische Bildschirmhälften, die jeweils 15 Symbole enthalten, auf Unterschiede zu prüfen.
- Eine der beiden Hälften ist dabei immer durch eine graue Maske verdeckt, welche Sie während der Suchaufgabe durch Klicken mit der Maus verschieben können.
- In jedem Durchlauf müssen entweder **ein ODER zwei** Fehler (nicht identische Symbole zwischen den beiden Spalten) gefunden werden.
- Bitte arbeiten Sie auf der Suche nach den Unterschieden **die Spalten nur ein einziges Mal** durch (z.B. von oben nach unten)
- Es gibt zwei Arten von Symbolen:
  - (1) Schwarze und graue Balken in verschiedenen Orientierungen ohne Lücke (**Simple**)
  - (2) Schwarze und graue Balken in verschiedenen Orientierungen mit unterschiedlich großen Lücken (**Komplex**)
- Des Weiteren gibt es zwei Verzögerungsstufen bzgl. der Zeit die vergeht bis sich (nach Mausklick) die Maske verschiebt (0,75s = ‚kurz‘ oder 1,5s = ‚lang‘).

##### b) Ablauf

- Es gibt 2 Aufgabenblöcke, mit jeweils 20 Durchläufen – also insgesamt 40 verschiedene Suchaufgaben.
- Nach 20 Durchläufen gibt es eine Pause, in der ein Fragebogen bearbeitet werden soll.
- In Block 1 gibt es **keine Begrenzungen**
- Zu Beginn jedes Durchlaufs erscheint ein Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms, **welches fixiert werden soll**, sobald der Text verschwindet, bis die Suchaufgabe beginnt.
- Dabei wird angezeigt, ob es beim folgenden Durchlauf eine Kurze Verzögerung ‚kurz‘ oder eine lange Verzögerung ‚lang‘ gibt und wie komplex die Symbole sein werden ‚simpel‘ oder ‚komplex‘.
- 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 und den Durchlauf durch Klicken auf die Leertaste beenden, nennen Sie die **Anzahl der Fehler** (1 oder 2) dem Versuchsleiter.



- Danach folgt der nächste Durchlauf (beginnend mit dem Fixationskreuz).

### c) Übungsdurchlauf

- Bevor das eigentliche Experiment beginnt, absolvieren Sie 4 Übungsdurchläufe.
- Bei Fragen wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiter.

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

### d) Ablauf Block 2

- In Block 2 gibt es wie zuvor, jeweils 20 Durchläufe
- Danach gibt es erneut eine Pause, in der ein Fragebogen bearbeitet werden soll.
- 
- Für die Aufgaben des zweiten Aufgabenblocks haben Sie allerdings eine **begrenzte Anzahl an Klicks**, die mittig auf dem Bildschirm angezeigt wird.

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

## 9.3.2 Operation Span

**Erstmals, danke für deine Mitarbeit!**

In den folgenden beiden Aufgaben wird das Arbeitsgedächtnis untersucht. Wir verwenden das Arbeitsgedächtnis, um und an Sachen wie eine Telefonnummer über einen kurzen Zeitabschnitt zu erinnern (Beispielsweise die Zeit, die es braucht die Nummer zu wählen). Arbeitsgedächtnis ist auch in komplexeren Alltäglichen Aufgaben wichtig, wie beispielsweise Texte zu verstehen, die entweder gelesen oder gehört werden sowie argumentieren oder Kopfrechnen.

Hierzu wird es ein kurzes Experiment geben.

### **TASK: Operation Span**

Diese Aufgabe wird deine Fähigkeit Kopfrechnungen durchzuführen und dir in der gleichen Zeit neue Informationen zu merken, testen. Dafür führst du gleichzeitig zwei Aufgaben durch:

**Erste Aufgabe:** Dir werden eine gewisse Anzahl von einfachen Rechnungen gezeigt und du musst sagen, ob jede richtig ist. Jede Gleichung bleibt für nur 3 Sekunden auf dem Bildschirm. Deine Entscheidung musst du treffen, solange die Gleichung sichtbar ist.

Nutze die „J“ Taste für „Ja die Gleichung ist **richtig**“ und die „F“ Taste für „Nein die Gleichung ist **falsch**“.

Beispielsweise:  $4+7=7$  ist falsch also **F** drücken.

$3+4=7$  ist richtig also **J** drücken

Es ist notwendig, dass du mindestens 85% richtig beantwortest, also **versuche Fehler zu vermeiden**, während du innerhalb der **vorgegebenen Zeit antwortest**.

**Zweite Aufgabe:** Jeder Gleichung folgend, wird ein Buchstabe auf dem Bildschirm sichtbar. **Erinnere dich an die Buchstaben in der genauen Reihenfolge, in der sie präsentiert wurden.**



Nachdem der Buchstabe verschwindet taucht die nächste Gleichung auf und so weiter, bis ein “?” auf dem Bildschirm auftaucht, wodurch signalisiert wird, dass du dich erinnern sollst. Du sollst daraufhin die gemerkten Buchstaben in ihrer **richtigen Reihenfolge** mithilfe der Tastatur eintippen. Wenn du dich nicht mehr an einen bestimmten Buchstaben erinnern kannst rate diesen und lass ihn nicht aus.

Ein Durchlauf besitzt zwischen 4 und 8 Gleichungen und demnach zwischen 4 und 8 zu merkenden Buchstaben.

Es gibt mehrere Pausen in denen du dich ausruhen kannst.

Wir beginnen mit 3 Übungsdurchläufen. Nach diesen gibt es eine Pause, in der du Fragen stellen kannst.

Gibt es Fragen? Bitte frag diese!!

## 9.4 Fragebögen

### 9.4.1 Block 1

VP: \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

Geschlecht: \_\_\_\_\_

Ich fühle mich gestresst:

trifft gar nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft voll zu
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Ich finde die Aufgabe schwer:

trifft gar nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft voll zu
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Ich habe bei den Aufgaben eine bestimmte Strategie verwendet:

trifft gar nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft voll zu
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Wenn ja welche: \_\_\_\_\_

### 9.4.2 Block 2

VP: \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

Geschlecht: \_\_\_\_\_

Ich fühle mich gestresst:

trifft gar nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft voll zu
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Ich finde den zweiten Versuchsteil deutlich schwerer als den ersten:

trifft gar nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft voll zu
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Ich habe diesmal bei den Aufgaben eine bestimmte Strategie verwendet:

trifft gar nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft voll zu
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Wenn ja welche: \_\_\_\_\_

Ich habe meine Strategie verändert:

trifft gar nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft voll zu
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Wenn ja wie: \_\_\_\_\_