



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Gedankliches Abschweifen und die Rolle von
Mikrosakkaden bei visueller Suche

Verfasserin

Martina Morgl

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, September 2013

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ. Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Danksagung

Ein herzlicher Dank gilt all jenen Personen, die sich bereit erklärt haben, an meiner Diplomarbeitsstudie teilzunehmen und somit die Datenerhebung und die Umsetzung des Projektes ermöglichen.

Darüber hinaus möchte ich besonders meinem Lebensgefährten danken, der mir während des gesamten Entstehungsprozesses dieser Arbeit und während des Studiums emotionale Unterstützung zukommen ließ und stets ein offenes Ohr für mich hat.

Meinen Eltern und Freunden möchte ich für Ihr Verständnis danken.

Nicht zuletzt gilt meine Wertschätzung Frau Dr. Isabella Fuchs-Leitner, Herrn Univ. Prof. Dr. Ulrich Ansorge und meinem Co-Betreuer Christoph Huber-Huber, die mich während des gesamten Entstehungsprozesses der Diplomarbeit und bei der Umsetzung des Projektes sehr gut unterstützt haben und stets mit Rat und Tat zur Seite standen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
Abstract	8
1 EINLEITUNG	9
2 THEORETISCHER HINTERGRUND	12
2.1 Selektive Aufmerksamkeit	12
2.1.1 Visuelle Suche	13
2.2 Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverlagerungen.....	16
2.2.1 Offene vs. verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen.....	17
2.2.2 Colliculi Superiores: Neurophysiologische Korrelate der Okulomotorik	18
2.2.3 Die Prämotor-Theorie der Aufmerksamkeit	19
2.2.4 Mikrosakkaden – Maß für verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen	20
2.3 Gedankliches Abschweifen als aufgabenunabhängige Gedanken	24
2.3.1 Suchfeldgrößeneffekt und perzeptuelle Verarbeitungskapazität	24
2.3.2 Abkoppelungs-Hypothese	26
2.3.3 Fehler in der exekutiven Kontrolle	29
2.4 Methodische Erfassung gedanklichen Abschweifens	30
2.4.1 Subjektive Berichte und „Meta-Bewusstsein“	30
2.4.2 Gedankenproben	31
2.5 Herleitung der Fragestellungen	32
3 UNTERSUCHUNGSMETHODE.....	35
3.1 Stichprobenbeschreibung	35
3.2 Apparatur	35
3.3 Stimuli	35
3.4 Untersuchungsablauf und Versuchsdesign	36
3.5 Eye-Tracking	39
4 AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE	40
4.1 Behaviorale Daten	40
4.1.1 <u>Visuelle Suche: Reaktionszeiten und Fehlerraten</u>	41
4.1.2 <u>Gedankliches Abschweifen in Gedankenproben-Durchgängen</u>	43
4.1.2.1 <i>Reaktionszeiten und Fehlerraten</i>	43
4.1.2.2 <i>Häufigkeit gedanklichen Abschweifens</i>	45
4.1.2.3 <i>Häufigkeit gedanklichen Abschweifens und Fehlerraten</i>	46
4.1.2.4 <i>Gedankenproben-Berichte und Fehlerinformation</i>	46
4.1.3 <u>Gedankliches Abschweifen inklusive der Durchgänge ohne Gedankenproben</u>	47
4.1.3.1 <i>Reaktionszeiten und Fehlerraten</i>	47
4.2 Eye-Tracking Daten: Mikrosakkaden	49
4.2.1 <u>Visuelle Suche</u>	50
4.2.2 <u>Gedankliches Abschweifen</u>	51
5 DISKUSSION	54
LITERATURVERZEICHNIS	59
ABBILDUNGS – UND TABELLENVERZEICHNIS	67
CURRICULUM VITAE	69

Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit verglich, subjektive Berichte, behaviorale - und Eye-Tracking – Daten, um validere Ergebnisse über Zeitpunkt und Häufigkeit gedanklichen Abschweifens zu erhalten. Besonderes Augenmerk galt Mikrosakkaden: einerseits wegen ihrer kontrovers diskutierten Funktion bezüglich verdeckter Aufmerksamkeit bei visueller Suche und andererseits zwecks der Frage, ob diese Augen-Miniaturbewegungen auch bei gedanklichem Abschweifens eine Rolle spielen. Vierundzwanzig Testpersonen erhielten eine Merkmals-Konjunktions-Suchaufgabe (kleine vs. große Suchfeldgröße), bei der sie, so schnell als möglich, über Target-Anwesenheit-oder-Abwesenheit entscheiden sollten. Der Blick war auf ein Fixationskreuz gerichtet. Die Testpersonen sollten mittels Likert-Skala einschätzen, worauf ihre Aufmerksamkeit subjektiv gerichtet war. Mikrosakkaden wurden nach einem Algorithmus berechnet (vgl. Engbert & Kliegl, 2003). Behaviorale - und Eye-Tracking-Daten visueller Suche deckten sich bezüglich Ergebnisrichtung: Target-Anwesenheit ergab schnellere Reaktionszeiten, einhergehend mit signifikanter Mikrosakkadenraten-Erhöhung, was für verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen zum Target spricht. Eye-Tracking-Daten gedanklichen Abschweifens waren wenig aussagekräftig: Signifikante Mikrosakkadenraten-Erhöhung zeigte sich beim Bericht gedanklichen Abschweifens in einem sehr kurzen Zeitintervall. Zusammenfassend: Mikrosakkaden konnten verdeckte Aufmerksamkeit aufdecken. Zukünftige Forschung könnte untersuchen, ob eine Anzahl-Erhöhung an Durchgängen aussagekräftigere Ergebnisse bezüglich Mikrosakkaden und gedanklichen Abschweifens erbringt. Behaviorale Daten ergaben häufigere Berichte gedanklichen Abschweifens bei kleiner Suchfeldgröße.

Schlagwörter: gedankliches Abschweifens, Mikrosakkaden, verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen, Merkmals-Konjunktions-Suche

Abstract

The current thesis compared subjective reports, behavioral - and eye – tracking data to get valid results of mind wandering timing and frequency. Microsaccades had been especially considered: partly because of their controversially discussed role regarding covert attention during visual search, and partly due to the question, if these miniature eye-movements play a role during mind wandering. Twenty-four subjects had to perform a feature-conjunction-search task (small vs. large set-size) in which they should decide about target-presence-or-absence as fast as possible. Gaze position was directed to a fixation cross. Subjects had to assess their attention focus on a likert-scale. Microsaccades were computed via an algorithmus (Engbert & Kliegl, 2003). Behavioral and eye-tracking data of visual search corresponded in result direction: Target-presence resulted in faster response times, accompanied with significant microsaccade rate increase, which indicated covert attention shifts to the target. Eye-tracking data of mind wandering were less significant: A significant microsaccade rate increase appeared in a short time interval. In summary: Microsaccades uncovered covert attention. Future research could investigate, if increasing the trials amount creates more valid results regarding microsaccades and mind wandering. Behavioral data indicated more frequent subjective reports in small set-size.

key words: mind wandering, microsaccades, covert attention shifts, feature-conjunction-search

1 EINLEITUNG

Bereits in ganz alltäglichen Situationen erleben Menschen wiederholt Episoden gedanklichen Abschweifens. Ganz in Gedanken verloren, bemerken wir zunächst gar nicht, dass wir für ein paar Sekunden und manchmal sogar Minuten in unsere Innenwelt abtauchen, dort wo wir uns mit unserer persönlichen Innenwelt beschäftigen. Bis wir zum Beispiel realisieren, dass wir anscheinend völlig gedankenlos die Seiten eines Buches lesen, ohne später sagen zu können, was wir gerade gelesen haben (vgl. Schooler et al., 2011; Braboszcz & Delorme, 2011). Man möchte meinen, dass Menschen bei nur genügend Konzentration oder Bereitschaft sich einer Aufgabe zuzuwenden, aus der Innenwelt kommende Gedanken, einfach abschalten können (vgl. Braboszcz & Delorme, 2011). Wenn aber unser Denken „abdriftet“, dann scheint dies völlig absichtslos und nicht steuerbar zu funktionieren. Denn abschweifende Gedanken werden kontinuierlich in unserem Kopf produziert und wir scheinen keine Kontrolle mehr darüber zu haben, wohin unsere Gedanken gerade wandern (vgl. Schooler et al., 2011). Dabei führen wir eine Art mentale Zeitreise aus, bei der wir unsere Zukunft planen, über unser persönliches Leben reflektieren und kreative Ideen entwickeln. Gedankliches Abschweifen erfüllt dabei die wesentliche Funktion ein beständiges Ich-Gefühl zu entfalten und folglich vorbereitet zu sein, für die Anforderungen der sozialen Umwelt (vgl. Song & Wang, 2012; Stawarczyk, Cassol, & D'Argembeau, 2013).

Gedankliches Abschweifen ist jedoch nicht nur im Alltag präsent, sondern auch Mittelpunkt des kognitionspsychologischen und neurowissenschaftlichen Forschungsinteresses. Als psychologisches Phänomen ist gedankliches Abschweifen deshalb so fesselnd, weil es circa 20 bis 50 Prozent unserer täglichen Zeit ausmacht, die wir mit Denken verbringen, und bei der Aufgabenbewältigung eine Rolle zu spielen scheint (vgl. Smallwood & Schooler, 2006; Kane et al., 2007; Killingsworth & Gilbert, 2010; Song & Wang, 2012). Aktuellen Studienergebnissen zufolge, fungieren abschweifende Gedanken als „*potentielle Quelle der Ablenkung*“ und beeinträchtigen die Aufgabenperformanz insofern, als dass sie mit langsamerer Reaktionsbereitschaft, höheren Fehlerraten, geringeren Fixationszeiten und häufigerem Blinzeln im Gegensatz zu Aufgabenfokus einhergehen (vgl. Forster & Lavie, 2009; Smilek, Carriere, & Cheyne, 2010). Im Zentrum steht daher die Frage, wie es denn möglich ist, dass Menschen ihre Aufmerksamkeit von einer Aufgabe abwenden, hin zu anderen aufgabenunabhängigen, persönlichen Gedanken („task unrelated thoughts“; Forster & Lavie, 2009; Levinson, Smallwood & Davidson, 2012; McVay & Kane, 2009; Schooler et al., 2011). In der Beantwortung dieser Fragestellung positionieren sich in der aktuellen Forschung im Wesentlichen drei Standpunkte: Zum Einen wird postuliert, dass Wahrnehmung und Aufmerksamkeit

voneinander abgekoppelt wären und dies das Tor für gedankliches Abschweifen erst öffnet (Baron, Riby, Greer, & Smallwood, 2011; Smallwood et al., 2011). Zum Anderen, geht eine zweite Position davon aus, dass geringe Aufgabenanforderungen dafür verantwortlich seien, dass mehr gedankliches Abschweifen berichtet wird (Forster & Lavie, 2009). Drittens wird postuliert, dass gedankliches Abschweifen auf Fehler in der exekutiven Kontrolle zurückzuführen seien (McVay & Kane, 2009; Levinson, Smallwood, & Davidson, 2012). Es konnte darüber hinaus eine Aktivierung derselben Gehirnareale bei gedanklichem Abschweifen identifiziert werden, die auch für das Arbeitsgedächtnis und die exekutive Kontrolle verantwortlich sind (vgl. Christoff, Gordon, Smallwood, Smith, & Schooler, 2009).

In methodischer Hinsicht, gilt jedoch gedankliches Abschweifen noch als „wissenschaftliches Neuland“, denn es mangelt an objektiven und validen Erhebungsmethoden (vgl. Forster & Lavie, 2009). So dient der subjektive Bericht einer Testperson, wann sie gedanklich abgedriftet ist, bis dato als einziges Maß für gedankliches Abschweifen. Denn wer sollte gedankliches Abschweifen besser berichten können als die Testpersonen selbst? Dabei soll angegeben werden, worauf die Gedanken gerade eben noch gerichtet waren: auf die Aufgabe oder persönliche Inhalte. Eine Herausforderung stellt in diesem Kontext jedoch die Schwierigkeit dar, uns nicht zu jedem Zeitpunkt unserer Gedanken explizit bewusst zu sein. Denn dies erfordert eine Art „Meta-Bewusstsein“ über all unsere Gedanken zu haben (vgl. Schooler et al., 2011). Da aufgabenunabhängige Gedanken jedoch von ganz alleine auftreten, sind sie unserem Bewusstsein auch nur begrenzt zugänglich (vgl. Giambra, 1995; Schooler, 2002; Schooler, Reichle & Halpern, 2005). Problematisch daran ist, dass gedankliches Abschweifen nur adäquat berichtet werden kann, wenn es auffällt (Schooler & Schreiber, 2004).

Um jedoch valide Ergebnisse über Zeitpunkt und Häufigkeit des Abdriftens zu erhalten, ist es notwendig nicht nur subjektive Berichte von Testpersonen zu erheben, sondern auch behaviorale Daten (wie etwa Reaktionszeiten und Fehlerraten) mit Eye-Tracking-Daten abzugleichen. Hierzu eignet sich das Forschungsparadigma der visuellen Suche, da hier objektiv Reaktionszeiten und Fehlerraten sowie Fixationsbewegungen der Augen verglichen werden können mit der subjektiven Berichterstattung gedanklichen Abschweifens, während der Bearbeitung einer einfachen visuellen Suchaufgabe. Bisher galten jedoch aufgabenunabhängige Gedanken als zu vernachlässigende Faktoren der visuellen Suche. Vielmehr konzentrierte sich die Forschung ausschließlich auf Aufmerksamkeit in Zusammenhang mit dem vorgelegten Suchdisplay. So etwa wurde davon ausgegangen, dass unsere visuelle Aufmerksamkeit, entweder auf den Ort

gerichtet ist, worauf wir direkt unseren Blick richten, oder indirekt auf einen anderen, mit unserem Blick nicht beachteten, peripheren Ort im visuellen Feld verlagert wird (offene vs. verdeckte Aufmerksamkeit; Posner, 1980). Auf dem Fundament der Forschung zum gedanklichen Abschweifen, erscheint es jedoch plausibel, dass die Aufmerksamkeit nicht immer auf das visuelle Feld gerichtet ist (vgl. Huber-Huber & Ansorge, 2013).

Einem Datenabgleich entsprechend, erscheint es trotzdem sinnvoll bisherige Studienergebnisse zur visuellen Aufmerksamkeit, in die Erforschung gedanklichen Abschweifens einzubeziehen. Denn dadurch kann es möglich werden, nicht nur gedankliches Abschweifen, sondern auch die Mechanismen hinter visueller Suche besser zu verstehen. Folglich ist es erforderlich, in der Darstellung des theoretischen Hintergrundes dieser Diplomarbeit, konkret auf Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen bei der Fixation einzugehen. Zum Einen wird in aktueller Forschungsliteratur ein gemeinsamer Mechanismus postuliert und hierbei den sogenannten Mikrosakkaden ein großer Erklärungsbeitrag zugesprochen (vgl. Engbert & Kliegl, 2003; Lee, Rohrer & Sparks, 1988; Hafed & Clark, 2002; Pastukhov & Braun, 2010; Nobre et al., 2000). Zum Anderen postuliert eine gegensätzliche Hypothese, dass Mikrosakkaden und verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen in der Tat unabhängig voneinander sind (vgl. Horowitz, Fine, Fencsik, Yurgenson, & Wolfe, 2007).

Für die Erforschung gedanklichen Abschweifens, im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit, bedeutet diese Kontroverse Folgendes: Es ist zu untersuchen, ob Mikrosakkaden tatsächlich in einem Zusammenhang mit verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen stehen und wie sich diese in einer visuellen Suchaufgabe zum Zwecke der Untersuchung gedanklichen Abschweifens verhalten. Damit soll erörtert werden, welchen Beitrag Mikrosakkaden tatsächlich für gedankliches Abschweifen und die visuelle Suche leisten können. Dazu ist es notwendig, behaviorale Daten (wie etwa Fehlerraten oder Reaktionszeiten) und Eye-Tracking-Daten (Mikrosakkaden) bei einer visuellen Suchaufgabe einander gegenüberzustellen. Die vorliegende Diplomarbeit intendiert damit eine Brücke zwischen visueller Suche und gedanklichen Abschweifens zu schlagen, um valide Ergebnisse über Zeitpunkt und Häufigkeit gedanklichen Abschweifens zu erhalten.

2 THEORETISCHER HINTERGRUND

Um das Phänomen des gedanklichen Abschweifens verstehen zu können, ist es notwendig den theoretischen Hintergrund dieser Arbeit zu strukturieren, um Schritt für Schritt an das vorliegende Thema heranzuführen. Zunächst wird daher auf selektive Aufmerksamkeit als übergeordnetes Themengebiet eingegangen. Folglich wird die Kontroverse von Augenbewegungen bei Fixation und Aufmerksamkeitsverlagerungen beleuchtet. Das Ziel soll weiterführend sein, Forschungsergebnisse zum gedanklichen Abschweifen darzulegen. Die konkreten Fragestellungen der Diplomarbeit werden schließlich eingebettet in den aktuellen Stand bisheriger Forschungsarbeiten.

2.1 Selektive Aufmerksamkeit

Der Forschungsgegenstand dieser Diplomarbeit ist der visuell-selektiven Aufmerksamkeit zuzuordnen. Um eine Verknüpfung zu gedanklichem Abschweifen sowie der Durchführung der Untersuchung herstellen zu können, ergibt sich die Notwendigkeit Selektion von visuellem Reizmaterial als einen wichtigen Aspekt von Aufmerksamkeit herauszuarbeiten.

Unsere Umwelt setzt uns täglich einer breiten Palette an visuellen Reizen aus. Die wesentlichste Funktion von Aufmerksamkeit besteht in diesem Kontext darin, eine Auswahl oder Selektion bestimmter Inhalte zu treffen, nämlich benötigte von im Moment nicht benötigter Information zu trennen (vgl. Yantis, 2000). Für eine Verarbeitung der einlangenden Informationen bedeutet dies, dass wir Inhalte selektieren und andere wiederum deselektieren müssen (vgl. Müller & Krummenacher, 2012). Die Notwendigkeit von selektiver Aufmerksamkeit kann dabei einerseits infolge einer beschränkten Verarbeitungskapazität unseres Informationsverarbeitungssystems in einem Schutz vor Überbelastung gesehen werden (siehe „selection for perception“ – Theorien; vgl. Broadbent, 1958; Treisman & Gelade, 1980) und andererseits in einer korrekten Ausführung intendierter Handlungen ohne Störungseinflüsse anderer Handlungsalternativen (siehe „selection for action“ – Theorien; vgl. Allport, 1987). Selektive Aufmerksamkeit dient damit zusammengefasst entweder dem Schutz vor Überbelastung oder der Handlungssteuerung.

Nach welchen Kriterien gehen Selektionsprozesse nun vor sich? Zum Einen, können wir unseren Handlungszielen entsprechend, absichtsgesteuert oder willkürlich („top-down“; „Contingent-Capture-Hypothese“; Folk, Remington, & Johnston, 1992) aufgabenrelevante von irrelevanter Information selektieren. Diesem Ansatz folgend, werden sogenannte Aufmerksamkeitskontrollsettings verwendet, welchen Reizen Beachtung gewidmet werden soll. Das bedeutet, dass visuelle Reize erst dann Aufmerksamkeit auf sich ziehen,

wenn sie bestimmte Eigenschaften der Zielreize enthalten und damit den eigenen Handlungszielen entsprechen.

Zum Anderen, können plötzlich auftauchende Objekte die Aufmerksamkeit reizgesteuert oder unwillkürlich auf sich ziehen („bottom-up“; Egeth & Yantis, 1997). So etwa taucht in unserem Blickfeld ein besonders auffallender (salienter) Reiz auf, der unsere Aufmerksamkeit absichtslos anzieht („Attentional-Capture-Hypothese“; Theeuwes, 1992).

Worauf wir schließlich unsere Aufmerksamkeit richten, ist abhängig von der Verarbeitung visueller Information und der Suchstrategie, um visuelle Objekte letztendlich identifizieren zu können. Damit beschäftigt sich das Paradigma der visuellen Suche, welches der vorliegenden Diplomarbeit zugrunde liegt.

2.1.1 Visuelle Suche

Das Fundament für das Forschungsparadigma der visuellen Suche bildet die „Merkmals-Integrations-Theorie der Aufmerksamkeit“ von Treisman und Gelade (1980).

Ausgangspunkt der visuellen Suche ist die Aufgabenanforderung aus einer Reihe an potentiell irrelevanten Ablenkerreizen (Distraktoren) einen relevanten Zielreiz (Target) in einem vorgelegten Suchdisplay zu identifizieren und so schnell als möglich darauf zu reagieren. Das Target ist dabei entweder anwesend oder abwesend („target present vs. target absent search“). Die Distraktor-Anzahl in einem Suchdisplay kann variieren und damit auch die benötigte Suchzeit zur Entscheidung Target anwesend oder abwesend. Distraktor-Merkmale können sich in nur einer einzigen oder mehreren Dimension(en) (zum Beispiel Farbe vs. Farbe und Form) von den Target-Merkmalen unterscheiden. Hierbei steht eine Einzelmerkmals-Suche einer Merkmals-Konjunktions-Suche gegenüber („single feature vs. feature conjunction search“). Daraus ergeben sich im Wesentlichen zwei Suchstrategien, wie eine visuell dargebotene Aufgabe nach einem Target abgesucht werden kann: Die parallele Suche erfolgt präattentiv, da sich das Target in nur einem einzigen Merkmal von den Distraktoren abhebt und daher für das Auge „herausspringt“ („feature singleton“; „Pop-Out-Phänomen“). So etwa unterscheidet sich ein roter Kreis in einem Suchdisplay eindeutig von blauen Kreisen. Dadurch ergeben sich bei der Einzelmerkmals-Suche kürzere Reaktionszeiten, denn die Displaygröße (Itemanzahl) hat wenig bis gar keinen Einfluss auf die Suchzeiten. Es macht daher keinen Unterschied, ob ein Suchdisplay fünf oder zwanzig Distraktoren enthält: ein roter Kreis wird gegenüber den anderen Stimuli aus dem Suchfeld hervorstechen. Eine serielle Suche hingegen bedeutet, dass jeder Distraktor mindestens ein Merkmal mit dem Target teilt und fokale Aufmerksamkeit notwendig ist, um einzelne Merkmale aneinanderzubinden und als zusammengesetztes Objekt wahrgenommen zu werden. So etwa soll ein grüner Kreis

unter grünen Vierecken und blauen Kreisen gesucht werden. Bei dieser Merkmals-Konjunctions-Suche steigt demnach die durchschnittliche Reaktionszeit als lineare Funktion der Displaygröße an. Je größer das Display und damit die Distraktor-Anzahl, umso langsamer wird die visuelle Suchaufgabe bearbeitet. Dieser Anstieg der durchschnittlichen Reaktionszeit ist beinahe doppelt so groß in Target-Abwesenheit-Durchgängen verglichen mit Target-Anwesenheit-Durchgängen und zeigt damit eine ineffiziente visuelle Suche an. Begründet ist die langsamere Reaktionszeit nach Treisman & Gelade (1980) darin, dass die Aufmerksamkeit auf jedes einzelne Display-Item gerichtet werden muss, um erst dann zur Entscheidung Target abwesend zu gelangen.

Die Forschungsergebnisse von Treisman und Gelade (1980) konnten vielfach repliziert werden. So etwa kamen auch Williams, Reingold, Moscovitch und Behrmann (1997) zu denselben Schlussfolgerungen. Auch sie gaben den Testpersonen eine parallele vs. serielle Suchaufgabe vor. Zusätzlich zeigte sich während Merkmals-Konjunctions-Suche mit wachsender Distraktor-Anzahl ein signifikanter Anstieg der durchschnittlichen Zahl an Fixationen auf visuelle Objekte, insbesondere in Target-Abwesenheit-Durchgängen. Porter et al. (2010) konnten in Target-Abwesenheit-Durchgängen signifikant mehr (zielgerichtete) Augenbewegungen feststellen, um zur Entscheidung „Target abwesend“ zu gelangen. Eine Erklärung dafür, sehen die Autoren darin, dass die visuelle Information im Suchdisplay bei einer Merkmals-Konjunctions-Suche öfter abgetastet werden muss, um erst dann zur Entscheidung zu gelangen, dass das Target nicht anwesend ist. Dies beinhaltet ein ständiges Überprüfen der Distraktoren daraufhin, dass sie nicht dem Target entsprechen. Daraus kann gefolgert werden, dass mit wachsender Displaygröße und abwesendem Target nicht nur Reaktionszeiten ansteigen, sondern auch Fixationen und Augenbewegungen auf visuelle Suchobjekte zunehmen.

Die Forschung zur selektiven Aufmerksamkeit hinsichtlich der Verarbeitung visuell dargebotener Reizinformation ist jedoch weitaus komplexer als dies die Dichotomie in parallele vs. serielle Suche ermöglicht. So etwa gehen Duncan und Humphreys (1989) davon aus, dass auch die Ähnlichkeit zwischen Target und Distraktoren sowie Distraktoren-Uneinheitlichkeit die visuelle Suchleistung wesentlich beeinflussen. Je ähnlicher sich also Target und Distraktoren bzw. je uneinheitlicher die Distraktoren untereinander sind, desto mehr Zeit nimmt die visuelle Suche in Anspruch. Auch Wolfe (1994) lehnt eine strikte Trennung in parallele vs. serielle Suche ab, da es durchaus visuelle Suchaufgaben gäbe, für die diese Dichotomie keine Gültigkeit habe. So etwa steige nicht in allen Konjunctions-Suchaufgaben die durchschnittliche Reaktionszeit linear mit der Displaygröße an. Vielmehr wird zum Zwecke einer effizienteren visuellen Suche davon ausgegangen, dass die Information der parallelen Verarbeitungsphase verwendet wird, um die gerichtete Aufmerksamkeit zu steuern (vgl. Cave & Wolfe, 1990). In den

sogenannten Guided-Search-Modellen (zum Beispiel: Wolfe, 1994) wird daher zunächst bottom-up und top-down eine Differenzierung jener Items, die relevante Merkmale mit dem Target teilen, von irrelevanten Items vorgenommen. Auf Basis sogenannter Merkmalskarten werden die visuellen Objekte in einem Suchdisplay in Merkmale differenziert und kategorisiert (zum Beispiel nach Farbe und Form). Folglich wird der Aufmerksamkeitsfokus nur auf jene Bereiche gerichtet, der bereits in der ersten Phase Ergebnisse lieferte.

Für die Aufklärung von Entscheidungsprozessen während visueller Suche und damit einhergehenden Fehlerraten, ist insbesondere die Forschungsarbeit von Chun & Wolfe (1996) bedeutsam. Ein sogenannter Aktivierungsschwellenwert dient dabei als Entscheidungshilfe, um nicht erst das gesamte Suchdisplay nach dem Target absuchen zu müssen. Auf Basis dieses Cut Off-Kriteriums ist es möglich, einige Distraktoren aufgrund ihrer niedrigen Aktivierung im Vergleich zum hoch aktivierten Target zurückzuweisen. Es kann aber auch der Fall sein, dass das Target niedrig aktiviert ist, weil es sich von den anderen Stimuli im visuellen Suchfeld nur wenig unterscheidet (wie etwa in einer Merkmals-Konjunktions-Suchaufgabe). Wird der Aktivierungsschwellenwert einen Level höher angesetzt als die niedrigste Target-Aktivierung, dann wird die visuelle Suche in Target-Anwesenheit-Durchgängen vorzeitig beendet und es kommt zu sogenannten Versäumnis-Fehlern („miss errors“). Diese beinhalten die Versäumnis, auf ein anwesendes Target korrekt zu reagieren. In Target-Abwesenheit-Durchgängen hingegen kommt es hauptsächlich zu sogenannten falschen Alarmen, in denen das Vorhandensein eines Targets fälschlicherweise bejaht wird. Die Forschungsarbeit von Chun & Wolfe (1996) hat ergeben, dass Versäumnis-Fehler weitaus häufiger vorkommen als falsche Alarme. Insbesondere bei Targets mit niedriger Aktivierung, wäre die Wahrscheinlichkeit signifikant höher, das Vorhandensein des Targets zu verabsäumen. Die eher selten auftretenden falschen Alarme seien zurückzuführen auf Rateeffekte der Testpersonen (bedingt durch Langeweile, Frustration, Ermüdung etc.), um die visuelle Suche zu beschleunigen. Rateeffekte können durch die wiederholt dargebotenen visuellen Suchaufgaben entstehen, weil die Testpersonen ein implizites Wissen darüber kreieren, wie viel Zeit sie für die Target-Erkennung benötigen. Wird ein sogenannter Zeitschwellenwert überschritten, wird die Entscheidung „Target abwesend“ getroffen. Spielt jedoch die Schnelligkeit bei einer visuellen Suchaufgabe auch eine Rolle, dann können Rateeffekte sehr wohl auch bei Versäumnis-Fehlern eine zentrale Funktion einnehmen. Nicht zuletzt zeigte sich eine Abhängigkeit der Fehlerraten von der Displaygröße. Mit steigender Distraktoren-Anzahl, erhöhten sich sowohl Versäumnis-Fehler als auch falsche Alarme.

Aufbauend auf der Merkmals-Integrations-Theorie (Treisman & Gelade, 1980) und den weiterführenden Forschungsarbeiten zu Guided Search-Modellen (Chun & Wolfe, 1996) lassen sich folgende Forschungsergebnisse während Merkmals-Konjunktions-Suchaufgaben festhalten: Es steht zur Diskussion, ob Reaktionszeiten in Target-Abwesenheit-Durchgängen linear mit der Displaygröße ansteigen. Hinsichtlich Fehlerraten zeigte sich, dass bei Target-Anwesenheit-Durchgängen und niedriger Target-Aktivierung mehr Versäumnis-Fehler gemacht werden (als in Target-Abwesenheit-Durchgängen). Dennoch scheinen auch Rateeffekte eine Rolle zu spielen, um Entscheidungsprozesse bei der visuellen Suche zu beschleunigen. Reaktionszeiten und Fehlerraten stehen insofern in einem Zusammenhang, als dass nach einem Fehler der Aktivierungsschwellenwert niedriger angesetzt wird, um nicht einen weiteren Fehler im darauffolgenden Durchgang zu verursachen und dies hat langsamere Reaktionszeiten (insbesondere bei Target-Abwesenheit) zur Folge.

Ein Verständnis der berichteten Forschungsergebnisse ist insofern relevant, als dass die visuelle Suche in der vorliegenden Diplomarbeit auch in einer Merkmals-Konjunktions-Suchaufgabe besteht. Weiterführend soll nun auf Augenbewegungen und Verlagerungen der Aufmerksamkeit zum Zwecke der Target-Erkennung eingegangen werden.

2.2 Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverlagerungen

Die visuelle Suchleistung und die Auflösung bzw. Schärfe mit der wir unsere Umwelt wahrnehmen, ist foveal am höchsten und nimmt peripher immer mehr ab (vgl. Wolfe, O'Neill, & Bennett, 1998). Scharfes Sehen ist dabei in einem Winkel von nur 1° um einen fixierten Blickort möglich. Deshalb ist es notwendig die Zone des schärfsten Sehens (die Fovea Centralis) in der Mitte der Netzhaut (Retina), auf ein visuelles Objekt ständig neu auszurichten. So können Blickwechsel (Sakkaden), Augenfolgebewegungen und direkte Kopfbewegungen scharfes Sehen ermöglichen, indem das interessierende, sich bewegendes Objekt, in die Fovea gerückt und damit eine Verschiebung visueller Information auf der Retina verhindert wird (vgl. Joos, Rötting, Velichovsky, 2003). Sakkaden sind dabei zu verstehen als große, zielgerichtete Augenbewegungen, die Objektbilder mit höchster Geschwindigkeit aus der Peripherie der Retina in das Zentrum der Fovea verschieben (vgl. Ilg & Thier, 2006).

Mikrosakkaden zählen hingegen zu den kleinen, unwillkürlichen Miniaturbewegungen der Augen, während jeder Fixation. Aber auch wenn wir unseren Blick fixieren, bewegen sich unsere Augen kontinuierlich (vgl. Martinez-Conde, Macknik, & Hubel, 2004). So etwa treten Mikrosakkaden mit einer Amplitude von unter 10 Bogenminuten auf und haben die Aufgabe Verschiebungen auf der Retina zu korrigieren und die Blicklinien auf das fixierte

Objekt zu repositionieren (vgl. Joos et al., 2003). Neueren Studienergebnissen zufolge, korreliert die Richtung von Mikrosakkaden mit der Richtung verdeckter Verlagerungen der Aufmerksamkeit (vgl. Engbert & Kliegl, 2003; Hafed & Clark, 2002). Bevor daher gezielt auf diese aktuellen Forschungen eingegangen werden kann, ist es notwendig den Begriff der verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen zu definieren und abzugrenzen von offenen Verlagerungen der Aufmerksamkeit. Wesentlich für die vorliegende Diplomarbeit ist ausschließlich das Verständnis von Mikrosakkaden und verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen. Sakkaden und offene Verlagerungen der Aufmerksamkeit sind für eine Begriffsabgrenzung notwendig, jedoch nicht Forschungsgegenstand.

2.2.1 Offene vs. verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen

Die Begriffe „offene vs. verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung“ gehen auf Untersuchungen von Posner, Snyder und Davidson (1980) und Posner (1980) im Zusammenhang mit visuell-räumlicher Aufmerksamkeit zurück. Dem Cueing-Paradigma von Posner (1980) zufolge, fungiert ein ortsbezogener zentraler Hinweisreiz (Cue) als Vorhersage für die Wahrscheinlichkeit (Validität) der Position eines nachfolgenden peripheren Zielreizes (Target). Valide Cues als solche, die das Target korrekt vorhersagten, konnten dabei für die Aufmerksamkeitssteuerung verwendet werden. Hingegen, lenkten nicht valide Cues die Aufmerksamkeit in die falsche Richtung. In der Folge wurde die Vorstellung eines Lichtkegels („spotlight“; Posner, Nissen, & Ogden, 1978) als Metapher für Aufmerksamkeit herangezogen. Diesem Lichtkegel liegt die Annahme zugrunde, dass die Aufmerksamkeit selektiv auf potentiell informationshaltige Stellen im visuellen Feld verlagert werden kann. Die Informationsverarbeitung gilt an jenen Stellen am stärksten, die vom Lichtkegel beleuchtet werden. Das heißt, jene Reize die an einer beleuchteten Stelle erscheinen, oder anders formuliert, dort woraufhin wir unsere Aufmerksamkeit verlagern, werden rascher und gründlicher verarbeitet. Wenn also Aufmerksamkeit an einen Ort verlagert wird, dann wird der Lichtkegel zu diesem Ort verschoben („Move-Mechanismus“). Folglich muss sich der Lichtkegel bei der Aufmerksamkeitsverlagerung auf einen anderen Ort, erst vom bisherigen Ort lösen („Disengage-Mechanismus“) und an die neue räumliche Position im visuellen Feld gebunden werden („Engage-Mechanismus“). Dabei kann die Aufmerksamkeit „verdeckt“ oder „offen“ über das visuelle Feld gleiten. Von offener Verlagerung der Aufmerksamkeit oder offener Orientierung („overt orienting“; Posner, 1980) wird in diesem Kontext gesprochen, wenn es bei der Aufmerksamkeitsausrichtung auf räumliche Objektpositionen im visuellen Feld zu beobachtbaren Bewegungen des Kopfes und der Augen kommt. Offene Aufmerksamkeitsverlagerungen gehen einher mit Sakkaden.

Davon eindeutig abzugrenzen sind verdeckte Verlagerungen der Aufmerksamkeit oder auch verdeckte Orientierung („covert orienting“; Posner, 1980), welche es ermöglicht ein unbewegtes, visuelles Objekt während der Fixation aus den Augenwinkeln zu betrachten und somit keine zielgerichteten Augenbewegungen notwendig sind. Reize im Bereich der verdeckten Aufmerksamkeit werden demnach auch während Fixation schneller entdeckt, selbst wenn die Augen nicht direkt dorthin bewegt werden. Die Aufmerksamkeit kann so auf einen anderen peripheren Ort im visuellen Feld verlagert werden. Der Auffassung von Hafed und Clark (2002) nach, sind es genau diese verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen, die durch die subliminale Aktivierung des augenmotorischen Systems Mikrosakkaden erzeugen. Die Fixation unbewegter Objekte geht über die bloße Abwesenheit von zielgerichteten Augenbewegungen hinaus. Die neuronale Grundlage dafür bieten die sogenannten Colliculi Superiores. Wesentlich für ein Verständnis dieses Zusammenhangs ist daher ein kurzer Exkurs in die neuronale Verschaltung von Augenbewegungen.

2.2.2 Colliculi Superiores: Neurophysiologische Korrelate der Okulomotorik

Die Generierung von Augenbewegungen stützt sich auf ein komplexes Netzwerk an unterschiedlichen Gehirnnarealen. Wesentlich beteiligt daran ist insbesondere eine Struktur im dorsalen Mittelhirn, die sogenannten Colliculi Superiores. Da sie eine Verbindung zwischen Retina und Mittelhirn darstellen, sind sie wesentlich an der Verschaltung optischer Reflexe beteiligt. Hinreichend bekannt ist in der aktuellen Fachliteratur bisher die Funktion der Colliculi Superiores in der Programmierung und Ausführung von sakkadischen Augenbewegungen. Weitaus weniger geläufig ist, die Funktion dieses Teilbereichs des Mittelhirns, als neuronales Korrelat der Mikrosakkaden. (vgl. Rolfs, Kliegl & Engbert, 2008; Martinez-Conde, Macknik, Troncoso, & Hubel, 2009). Genauer formuliert, herrscht in den mittleren und tieferen Colliculi Superiores-Schichten eine retinotopische Organisation vor: Die Zellen des vorderen (rostralen) Bereichs der Colliculi Superiores fungieren dabei als Fixationsneuronen. Sie haben die Funktion, durch andauernde tonische Aktivität, Fixationen aufrechtzuerhalten und gleichzeitig Sakkaden zu unterdrücken. Dabei initiieren sie die kleinen Miniaturbewegungen der Augen und damit unter anderen auch Mikrosakkaden. Die Gegenspieler dieser Fixationsneuronen sind die Zellen im hinteren (kaudalen) Bereich der Colliculi Superiores. Sie fungieren als Sakkadenneuronen und initiieren Sakkaden (vgl. Munoz & Fecteau, 2002; Rolfs, Kliegl, & Engbert, 2008; Martinez-Conde et al., 2009).

Die Beteiligung der Colliculi Superiores an der Okulomotorik macht deutlich, dass Sakkaden wie auch Mikrosakkaden auf denselben neuronalen Mechanismen beruhen. Auf dieser neuronalen Grundlage aufbauend, überrascht es nicht, dass Mikrosakkaden

(wie auch Sakkaden) in aktueller Forschung als in Verbindung stehend mit kognitiven Prozessen angesehen werden (vgl. Martinez-Conde et al., 2009).

Einen wesentlichen Beitrag zum tiefergehenden Verständnis von Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen liefert weiters die Prämotortheorie der Aufmerksamkeit (Rizzolatti, Riggio, Dascola, & Umiltà, 1987).

2.2.3 Die Prämotortheorie der Aufmerksamkeit

Dieser Theorie zufolge verlangt jede Aufmerksamkeitsverlagerung verdeckte augenmotorische Vorbereitungsprozesse. Selektion im Sinne der Prämotortheorie der Aufmerksamkeit, meint Handlungssteuerung durch die Programmierung von Augenbewegungen. Das bedeutet, dass vor der Ausführung einer Augenbewegung zu einem visuellen Reiz, erst ein augenmotorisches Programm erstellt werden muss. Wenn zum Beispiel Augenbewegungen zum visuellen Reiz absichtlich unterdrückt werden, kommt es zu einer verdeckten Verlagerung der Aufmerksamkeit und die Augenbewegung wird zum Ziel programmiert. Wird das Target auf der gleichen Seite, aber an einem unerwarteten, mit Aufmerksamkeit nicht beachteten Ort, präsentiert, so wird zwar keine Augenbewegung ausgeführt, es kommt aber trotzdem, aufgrund des erstellten motorischen Programmes, zu zeitlichen Verzögerungen. Diese sind am höchsten, wenn der visuelle Reiz auf der gegensätzlichen Seite, zur beachteten Position, präsentiert wird. Zusätzlich ergibt sich eine Tendenz hoher zeitlicher Kosten, je weiter weg das Target vom beachteten Ort entfernt ist. Die Ergebnisse von Rizzolatti und Kollegen (1987) zeigen, dass jeder Augenbewegung zu einer räumlichen Position im visuellen Suchfeld eine Verlagerung der Aufmerksamkeit zu diesem Ziel vorausgeht. Dieser Theorie nach scheint es einen gemeinsamen Mechanismus für Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverlagerungen zu geben.

Auch andere Autoren nehmen auf diesen gemeinsamen Mechanismus von Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverlagerungen Bezug: So etwa haben die Untersuchungen von Corbetta et al. (1998) ergeben, dass ein gemeinsames kortikales Netzwerk während verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerung und Augenbewegungen zu existieren scheint. Diese Überlappung an funktionellen Hirnarealen ist mit der Hypothese vereinbar, dass Aufmerksamkeitsverlagerungen und augenmotorische Prozesse denselben neuronalen Mechanismen unterliegen (vgl. Rizzolatti et al., 1987).

In der Aufklärung der Fragestellung, ob verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen in der Tat zusammenhängen, messen einige Autoren den Mikrosakkaden einen wesentlichen Anteil bei (vgl. Engbert & Kliegl 2003; Hafed & Clark,

2002; Pastukhov & Braun, 2010). Andere wiederum bestreiten einen Zusammenhang (vgl. Horowitz et al., 2007).

2.2.4 Mikrosakkaden – Maß für verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen?

Pionierarbeit auf dem Gebiet der Erforschung von Mikrosakkaden leisteten Engbert und Kliegl (2003). Erstmals, entwickelten sie einen Algorithmus zur Ermittlung von Mikrosakkaden im zweidimensionalen Geschwindigkeitsraum. Aufbauend auf diesem Algorithmus, konnten Mikrosakkaden sehr präzise in dieser Forschungsarbeit ermittelt werden. Der genaue Aufbau dieses Algorithmus wird in Kapitel 4.2. beschrieben.

In insgesamt drei Experimenten untersuchten Engbert & Kliegl (2003), ob Mikrosakkaden die Ausrichtung verdeckter Aufmerksamkeit aufdecken können.

Aufbauend auf dem Cueing-Paradigma von Posner (1980) verwendeten die Autoren in Experiment 1 ein Fixationskreuz und einen zentralen Cue (nach links, rechts oder in beide Richtungen zeigender Pfeil) in Bildschirmmitte, welcher die wahrscheinlichste Position des darauffolgenden, peripher dargebotenen Targets (links, rechts oder in beiden Richtungen auftretender Kreis) angab. Die Testpersonen fixierten das Fixationskreuz gefolgt von einem zentralen Cue, solange bis das periphere Target auftrat und sollten auf dieses mit einer Reaktionstaste in Block 1 und einer Augenbewegung in Block 2 reagieren. Die Augenbewegungen wurden mittels Eye-Tracking-Gerät aufgezeichnet.

In Übereinstimmung mit den Forschungsergebnissen von Posner (1980) ergaben sich Reaktionszeitgewinne, wenn der Cue korrekt die Position des Targets vorhersagte (valide Bedingung) und Reaktionszeitkosten für nicht korrekt vorhergesagte Targetposition (invalide Bedingung). Die Testpersonen waren in der validen Bedingung also in der Lage ihre visuelle Aufmerksamkeit auf den wahrscheinlichsten Targetort zu verlagern, im Gegensatz zur invaliden Bedingung.

Für die Mikrosakkadenrate ergab sich eine charakteristische Kurve: Kurz nach der Cue-Darbietung trat bei 150 ms eine Mikrosakkadenraten-Inhibition („microsaccadic inhibition; Engbert & Kliegl, 2003; Rolfs, Kliegl & Engbert, 2008) von bis zu 20% des Ausgangslevels, gefolgt von einem Anstieg über das Doppelte des Ausgangslevels nach 350 ms (nach Cue-Darbietung) und einer Rückkehr zum Ausgangslevel 500 ms (nach Cue-Darbietung) auf. Die Richtung der Mikrosakkaden zeigte eine Präferenz für horizontale Ausrichtung in einem Zeitfenster von 100 bis 200 ms vor Cue-Darbietung. Während des Anstiegs der Mikrosakkaden-Rate (über das Doppelte des Ausgangslevels) in einem Zeitfenster von 300 bis 400 ms nach Cue-Darbietung, zeigte sich eine Mikrosakkaden-Verteilung in Cue-Richtung.

In Experiment 2 kam selbiges Design zur Anwendung, nur wurden farbige Cues eingesetzt. Die Testpersonen sollten ihre Aufmerksamkeit durch einen Farbenwechsel des Fixationskreuzes auf grün (Cue-Darbietung links) oder rot (Cue-Darbietung rechts) verlagern. Es ergaben sich ähnliche Ergebnisse bezüglich des Validitäts-Effektes, zusätzlich zeigten sich geringfügig langsamere Reaktionszeiten und die charakteristische Mikrosakkadenraten-Kurve war schwächer als in Experiment 1. Denn die Maximalrate an Mikrosakkaden stieg nicht über das Doppelte des Ausgangslevels an. Hinsichtlich der Mikrosakkaden-Richtung zeigte sich, dass farbige Cues nicht so stark mit der durchschnittlichen Mikrosakkadenrichtung korrelierten wie zentrale Cues (Pfeile).

Experiment 3 untersuchte schließlich als Kontrollbedingung den Displaywechsel-Effekt auf die Mikrosakkadenrate ohne Aufmerksamkeitsverlagerungen. Es kamen dieselben Cues wie in Experiment 1 und 2 zum Einsatz, jedoch sollten die Testpersonen eine Reaktionstaste bei nicht vorhandenem Cue drücken. Auch hier zeigte sich wieder die charakteristische Mikrosakkaden-Inhibitions-Kurve kurz nach Cue-Darbietung, wenn auch schwächer für farbige Cues. Die Analyse der Richtung der Mikrosakkaden ergab, dass Pfeile alleine nicht die in Experiment 1 dokumentierten Ergebnisse erbrachten.

Zusammengefasst, ergaben die Untersuchungen von Engbert & Kliegl (2003): Die zeitlichen Mikrosakkaden-Raten entstanden als Reaktion auf verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen mit einer charakteristischen Inhibition der Mikrosakkaden-Verteilung, einem darauffolgenden Anstieg und einer gleichzeitigen Verlagerung in Cue-Richtung. Farbige Cues waren zeitlich abgekoppelt von den Verlagerungen in die Cue-Richtung.

Engbert & Kliegl (2003) konnten mit ihren Untersuchungen damit eine Korrelation der Mikrosakkaden-Orientierung mit der Orientierung visueller Aufmerksamkeit demonstrieren. Die Richtung der Mikrosakkaden korrelierte mit der Richtung verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerungen. Der Effekt ist allerdings schwächer bei farbigen Cues als bei Pfeilen.

Aufbauend auf dem Cueing-Paradigma (Posner, 1980), der Neurophysiologie (Kustov & Robinson, 1996) sowie bildgebenden Verfahren des Gehirns (Corbetta et al., 1998; Nobre, Gitelman, Dias, & Mesulam, 2000) untersuchten auch Hafed & Clark (2002) einen möglichen Effekt verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerungen auf Mikrosakkaden. Hafed und Clark (2002) postulieren in diesem Kontext sogar, dass Mikrosakkaden als „offenes Maß für verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen“ gelten können. Sie begründen diese Hypothese damit, dass verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen eine Aktivierung der Colliculi Superiores verursachen. Damit scheint es fast so als ob Augenbewegungen geplant wären (Kustov & Robinson, 1996). Denn der Auffassung von Hafed und Clark

(2002) sind Mikrosakkaden ein Ergebnis subliminaler Aktivierung des augenmotorischen Systems, ausgelöst durch verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen. Dieser Ansatz geht auch konform mit der Prämotortheorie der Aufmerksamkeit, welche eine Verlagerung der Aufmerksamkeit als der Augenbewegung vorausgehend ansieht (Rizzolatti et al., 1987). Da es allerdings an einem offenen Maß fehle, wie verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen sichtbar gemacht werden können, sind hier Mikrosakkaden laut Hafed & Clark (2002) als wichtiger Parameter anzusehen.

Hafed & Clark (2002) wählten ein visuelles Suchdisplay, bestehend aus einem weißen Fixationspunkt in Bildschirmmitte und vier weißen peripheren Punkten rund um diesen. Während eines Durchganges sprang ein weißer Cue alle 1200 ms zwischen den Fixationspunkt und einen der peripheren Punkte (entweder links, rechts, oben oder unten). Nach einer zufälligen Anzahl, wechselte der zuletzt mit einem Cue dargebotene periphere Punkt, für 200ms seine Farbe auf gelb oder grün. In der „Pro-Cue“-Aufgabe erfolgte der Farbenwechsel in Cue-Richtung, während in der „Anti-Cue“-Aufgabe in Cue-Gegenrichtung. Die Testpersonen wurden instruiert ihren Blick auf den Fixationspunkt zu fixieren und mit Reaktionstasten zu berichten, welcher der beiden Farben am Ende jedes Durchgangs auftrat.

Die Autoren nahmen an, dass paarweise auftretende Mikrosakkaden eine Aufmerksamkeitsverlagerung hin zum Cue und die andere zurück zum Fixationspunkt anzeigen. Sie folgerten, dass die Aufmerksamkeit zum Cue verlagert wird, sobald dieser in einer Richtung erschien (siehe „Attentional-Capture-Hypothese“; Egeth & Yantis, 1997). Mikrosakkaden sollten also kurz nach Cue-Darbietung und in Cue-Richtung auftreten. Genau diese Hypothese konnte bestätigt werden. Weiters, konnte beobachtet werden, dass nach oben oder unten gerichtete Cues keinen Effekt auf die horizontale Komponente der Mikrosakkaden-Richtung hatten. Damit konnte hervorgehoben werden, dass paarweise auftretende Mikrosakkaden als Folge des plötzlichen Erscheinens und nicht zufällig erschienen. Einzelne, kurz nach Darbietung des Cues auftretende, Mikrosakkaden waren hauptsächlich in Cue-Richtung, während solche, die später auftraten in die Cue-Gegenrichtung waren.

Hafed und Clark (2002) konnten zeigen, dass die Aufmerksamkeitsverlagerung in der „Anti-Cue“-Aufgabe hin zum Cue eine Verlagerung weg vom Ort des Farbenwechsels, wohingegen die „Pro-Cue“-Aufgabe eine Aufmerksamkeitsverlagerung hin zum Ort des Farbenwechsels war. Zusammenfassend, kamen die Autoren zu folgenden Ergebnissen: Der Zeitverlauf der Leistung der Testpersonen korrelierte mit dem Zeitverlauf der Mikrosakkaden-Richtung. Weiters konnte bestätigt werden, dass durch das plötzliche Auftreten der Cues die Aufmerksamkeit verdeckt in die Cue-Richtung verlagert wurde.

Hafed & Clark (2002) betrachteten damit Mikrosakkaden in ihrer Forschungsarbeit als offenes Maß für verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen.

Zusätzliches Informationsmaterial zum Zusammenhang von verdeckter Aufmerksamkeit und Mikrosakkaden, lieferten Pastukhov & Braun (2010). In insgesamt drei Experimenten untersuchten sie, ob hohe (Diskrimination von Buchstabenformen) vs. niedrige Aufmerksamkeitsanforderung (Diskrimination von Farben) die Mikrosakkaden-Verteilung beeinflusst. Dabei verlagerten Testpersonen ihre Aufmerksamkeit verdeckt zu einem peripheren Reizort oder sie fixierten ihren Blick auf den Fixationspunkt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Mikrosakkaden-Raten in der aufmerksamkeitsfordernden, im Vergleich zur weniger aufmerksamkeitsfordernden Bedingung weniger stark anstiegen, jedoch war ihre Richtung mehr auf den Aufmerksamkeitsfokus gerichtet. Es ergab sich eine hohe Korrelation zwischen Mikrosakkaden-Richtung und dem Aufmerksamkeitsort.

Auch die Forschungsergebnisse von Pastukhov & Braun (2010) zeigen, dass es einen engen Zusammenhang zwischen Mikrosakkaden und verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen zu geben scheint.

Insgesamt, legen die vorgestellten Studien einen gemeinsamen Fokus auf nicht zufällig verteilte Mikrosakkadenraten, sondern dass diese mit verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen einhergehen.

Dennoch gibt es kritische Stimmen, die einen solchen Zusammenhang in Frage stellen (vgl. Horowitz et al., 2007; Tse, Sheinberg & Logothetis, 2002).

Zum Beispiel führen Horowitz et al. (2007) kritisch an, inwiefern davon gesprochen werden kann, dass Mikrosakkaden die Orientierung verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerungen tatsächlich aufdecken. Denn gegen Mikrosakkaden würde sprechen, dass sie nur in einem sehr geringen Zeitfenster auftreten und sich folglich die Korrelation der Mikrosakkaden-Richtung mit der Cue-Richtung auf nur ein sehr begrenztes Zeitintervall beziehe. Horowitz und Kollegen (2007) untersuchten daher, ob die Mikrosakkaden-Richtung in der Tat als Index für Aufmerksamkeitsausrichtung gelten könne. Dazu verwendeten sie, den von Engbert & Kliegl (2003) entwickelten, Algorithmus zur Ermittlung von Mikrosakkaden und zielten auf eine höhere Anzahl von Durchgängen (2500) ab, um jeweils genug Mikrosakkadenraten zur Analyse verfügbar zu haben. Der Versuchsaufbau war ähnlich zu den Experimenten von Engbert & Kliegl (2003). Die Autoren konnten beobachten, dass korrekt vorgesagte Mikrosakkadenrichtung (valide Bedingung) zu mehr Reaktionszeitverlusten führten, als nicht korrekt vorhergesagte Mikrosakkadenrichtung (invalide Bedingung). Dies sahen die Autoren als Beleg dafür an, dass die Cue-Richtung und nicht Mikrosakkaden die Aufmerksamkeitsrichtung vorhersagten. Unter bestimmten Bedingungen sei es durchaus möglich, dass die

Mikrosakkaden-Richtung mit der Aufmerksamkeitsausrichtung korreliert, jedoch seien hier Cues und nicht Mikrosakkaden der gemeinsame Nenner.

Zusammenfassend, ergaben die Untersuchungen von Horowitz und Kollegen (2007) keine systematische Beziehung zwischen der Mikrosakkaden-Richtung und der Aufmerksamkeitsausrichtung. Auch wenn es durchaus neuronale Grundlagen für die Verknüpfung von Aufmerksamkeit und Fixationsbewegungen der Augen gäbe (siehe Rizzolati et al., 1987), so gehen sie konform mit der Ansicht, dass beide Konstrukte separat voneinander zu betrachten sind. Das plötzliche Cue-Auftreten würde daher die Aufmerksamkeit zwar anziehen, löst jedoch keine Mikrosakkaden-Richtung aus. Mikrosakkaden seien vielmehr auf Grundlage ihrer neuronalen Korrelate in den Colliculi Superiores zu betrachten.

An der Studie von Horowitz und Kollegen (2007) ist jedoch kritisch anzumerken, inwiefern eine Anzahl von nur drei Testpersonen, Rückschlüsse auf die Systematik der Beziehung zwischen Aufmerksamkeitsverlagerungen und Mikrosakkaden erlaubt.

Die Kontroverse, ob es einen Zusammenhang zwischen verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen und Mikrosakkaden gibt, hat bisher ein solides Grundgerüst für die vorliegende Diplomarbeit dargeboten. Um jedoch eine Brücke zum gedanklichen Abschweifen und damit auch der Durchführung der Untersuchung schlagen zu können, ist es notwendig im folgenden Kapitel das bisherige Grundgerüst noch weiter auszubauen, in dem konkret auf gedankliches Abschweifen eingegangen wird.

2.3 Gedankliches Abschweifen als aufgabenunabhängige Gedanken

Das folgende Kapitel stellt in der einschlägigen Fachliteratur postulierte Hypothesen der möglichen Ursachen gedanklichen Abschweifens vor. Für ein Verständnis der durchgeführten Untersuchung und daraus resultierenden Ergebnissen ist insbesondere die perzeptuelle Verarbeitungskapazitäts-Hypothese („perceptual load“) und der damit einhergehende „Suchfeldgrößen-Effekt“ („set-size effect“; Forster & Lavie, 2009) sowie die Abkoppelungs-Hypothese (Smallwood et al., 2011) relevant.

2.3.1 Suchfeldgrößen-Effekt und perzeptuelle Verarbeitungskapazität

Ausgangspunkt für die Untersuchung von Forster & Lavie (2009) war die Fragestellung, ob aufgabenunabhängige Gedanken durch die Manipulation der perzeptuellen Verarbeitungskapazität minimiert werden können. Die Basis für diese Hypothese lieferte die Überlegung, ob es möglich ist, durch einen Mehraufwand an Aufmerksamkeitskapazität in einer Aufgabe mit hoher vs. niedriger perzeptueller

Verarbeitungskapazität, das Auftreten gedanklichen Abschweifens zu reduzieren. Dabei variierte die Distraktor-Darbietung in einem visuellen Suchdisplay.

In Experiment 1 wurden die Testpersonen in einer Buchstaben-Suchaufgabe (bestehend aus 6 kreisförmig angeordneten Buchstaben) instruiert, das Target, einen Großbuchstaben, zu identifizieren und so schnell wie möglich darauf zu reagieren. Eine Suchfeldgröße („set-size“) mit niedriger perzeptueller Verarbeitungskapazität („low perceptual load“) beinhaltete Distraktoren in Form von exakt gleichen Klein-Buchstaben, während in der Suchfeldgröße mit hoher perzeptueller Verarbeitungskapazität („high perceptual load“), Distraktoren in Form von unterschiedlichen Großbuchstaben präsentiert wurden. Während der Bearbeitung wurden die Testpersonen zusätzlich durch sogenannte Gedankenproben unterbrochen. Sie erhielten dabei eine Erklärung über aufgabenbezogene und aufgabenunabhängige Gedanken und sollten dann auf die Frage hin, woran sie eben noch gedacht haben, eine von zwei möglichen Reaktionstasten (jeweils für Aufgabenfokus oder gedankliches Abschweifen) drücken. Um zusätzlich zu untersuchen, ob die Feedbackart eine Rolle im Zusammenhang mit dem Auftreten von aufgabenunabhängigen Gedanken spielt, wurde jede falsche oder keine Antwort, über die gesamte Untersuchung hinweg, mittels Ton rückgemeldet (Experiment 1a) oder nur in den Übungsaufgaben dargeboten (Experiment 1b).

Experiment 1 ergab eine Berichterstattung aufgabenunabhängiger, persönlicher Gedanken zwischen 25 und 88 Prozent, wobei die Wahrscheinlichkeit des Berichts gedanklichen Abschweifens, in der Bedingung mit niedriger perzeptueller Verarbeitungskapazität signifikant erhöht war.

Um einen Effekt des verbalen Arbeitsgedächtnisses durch die Verwendung bekannter Buchstaben auszuschließen, wurden in Experiment 2 hebräische Buchstaben verwendet. Die Darbietung war analog zu Experiment 1. Auch in Experiment 2 zeigten sich häufigere Berichte gedanklichen Abschweifens bei niedriger perzeptueller Verarbeitungskapazität. Gleichzeitig konnten signifikant langsamere Reaktionszeiten beobachtet werden.

In Experiment 3 wurde zusätzlich danach gefragt, ob freiwilliges oder unabsichtliches gedankliches Abschweifen eine Rolle spielt. Die Versuchsanordnung war analog zu Experiment 1a, nur erhielten die Testpersonen eine Erklärung für absichtliche und unabsichtliche, aufgabenunabhängige Gedanken. Sie sollten dann einschätzen, ob berichtetes, gedankliches Abschweifen intendiert war oder nicht. Die Ergebnisse deckten sich insofern, als dass wieder signifikant häufiger, gedankliches Abschweifen bei niedriger perzeptueller Verarbeitungskapazität berichtet wurde. Zusätzliche Informationen lieferten signifikant häufiger berichtete, unabsichtliche, aufgabenunabhängige Gedanken.

Zusammenfassend, zeigte sich in allen drei Experimenten, dass in der Suchfeldgröße mit niedriger perzeptueller Verarbeitungskapazität mehr gedankliches Abschweifen berichtet wurde, als in der Bedingung mit hoher perzeptueller Verarbeitungskapazität. Dies weist darauf hin, dass hohe perzeptuelle Verarbeitungskapazität eher zu Aufgabenfokus und niedrige perzeptuelle Verarbeitungskapazität eher zu gedanklichem Abschweifen führt. Forster & Lavie (2009) benannten diese Ergebnisse als den „Suchfeldgrößen-Effekt“, weil die Aufbereitung des visuellen Suchdisplays und die perzeptuelle Verarbeitungskapazität in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Bericht „Aufgabenfokus oder gedankliches Abschweifen“ stehen.

Kritisch zu betrachten ist allerdings an dieser Studie, inwiefern Testpersonen wirklich in der Lage sind, aufgabenunabhängige Gedanken derart ehrlich zu beurteilen, dass dabei kein Informationsmaterial verloren geht. Auch wenn eine Erklärung über Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen gegeben wird, so stellt sich doch die Frage, ob wirklich derart ehrlich alle Gedanken berichtet werden, in denen die Aufmerksamkeit nicht auf die Aufgabe gerichtet war. Inwiefern besteht tatsächlich Bewusstsein über die produzierten Gedanken? Forster & Lavie (2009) räumen daher ein, dass die perzeptuelle Verarbeitungskapazitäts-Hypothese und der damit einhergehende Suchfeldgrößen-Effekt nur Gültigkeit bezüglich bewusster, aufgabenunabhängiger Gedanken hat: wenn also gedankliches Abschweifen auffällt.

Darüber hinaus weisen die Autoren auf einen weiteren, in der Fachliteratur sehr kontrovers diskutierten, Sachverhalt hin: Es sei eine klare Unterscheidung zwischen der wahrnehmungsbezogenen und der kognitiven Verarbeitungskapazität zu treffen. Während hohe perzeptuelle Wahrnehmungskapazität zu einer Abnahme der Berichte gedanklichen Abschweifens führt, sei hohe kognitive Verarbeitungskapazität erst für ein vermehrtes Erleben gedanklichen Abschweifens verantwortlich (vgl. Forster & Lavie, 2009). Diese, von Forster & Lavie (2009), bewusst gewählte Abtrennung von der kognitiven Verarbeitungskapazität führt direkt zu einer kontroversen Vorstellung davon, warum es zu gedanklichem Abschweifen kommt.

2.3.2 Abkoppelungs-Hypothese

Der Abkoppelungs-Hypothese folgend, findet eine Abkoppelung zwischen Aufmerksamkeit und Wahrnehmung statt, wenn unser Denken „abdriftet“, hin zu anderen persönlichen Gedanken. Eine mentale Umschaltung innerhalb unseres Denkens, erlaubt es dann Informationen, die mit der eigentlichen Aufgabe nichts zu tun haben, Zutritt zu unserem Denken zu verschaffen. Genau diese Abkoppelung erfüllt die wichtige Funktion, die Konkurrenz zwischen aufgabenunabhängigen, persönlichen Gedanken und

sensorischen Informationen aus der Umwelt zu reduzieren. Erst damit wird es möglich, dass die spontane kognitive Aktivität nicht andauernd von sensorischen Umweltreizen überlagert wird (vgl. Smallwood et al., 2011). Dies gibt dem Gehirn die Möglichkeit „abzuschalten“ und sich mehr der Innenwelt persönlicher Gedanken zu widmen.

Vor dem Hintergrund der Abkoppelungs-Hypothese, schlussfolgern Smallwood et al. (2011), dass es für das Gehirn möglich sein müsste, von einem „Online-Modus“ in einen „Offline-Modus“ zu wechseln. Das bedeutet, dass ein Umschwenken von Aufgabenfokus auf Gedankenabdriften in Betracht gezogen wird und es sich hierbei um zwei voneinander getrennte Bereiche handelt. Die Autoren untersuchten, ob der erwähnte Abkoppelungs-Mechanismus tatsächlich dazu führt, dass sich die kognitive Aktivität in zwei voneinander getrennte Mechanismen unterscheiden lässt (einen „Online- vs. Offlinemodus“). Interessanterweise, ist der Pupillendurchmesser (als Maß für die kognitive Aktivität) sowie die neuronale Aktivität in der Gehirnregion des Locus Coeruleus (zuständig für Aufmerksamkeit und Orientierung) maßgeblich beteiligt. Der Locus Coeruleus fungiert dabei als Zentrum eines sogenannten Noradrenalin-Systems, welcher in den Pupillenmuskel projiziert und direkte Auswirkungen auf die Pupillenweite hat (vgl. Smallwood et al., 2011; Smallwood et al., 2012). Das bedeutet: Im „Online-Modus“ ist das Auftreten spontaner kognitiver Aktivität und der damit einhergehenden Aktivität im Locus Coeruleus weitaus unterdrückt, während im „Offline-Modus“ eine starke Aktivierung, ausgelöst durch spontan auftretende Gedanken, stattfindet. Letzteres ermöglicht erst eine Ausblendung der aktuellen Aufgabe und damit das Tor für gedankliches Abschweifen zu öffnen.

In insgesamt drei Experimenten wurden ein bis zwei Aufgabentypen am Bildschirm vorgegeben. In der *Arbeitsgedächtnis-Aufgabe*, welche Aufgabenfokus erforderte, sollten die Testpersonen in einer präsentierten Zahlenreihenfolge, die jeweils zuletzt dargebotene Zahl (farbig vs. nicht-farbig) im Gedächtnis behalten. Die Aufgabenbearbeitung wurde dann unterbrochen und es sollte eingeordnet werden, ob die zuletzt dargebotene farbig oder nicht-farbig Zahl gerade oder ungerade war. In der *Reaktionszeitaufgabe*, welche gedankliches Abschweifen ermöglichte, erhielten die Testpersonen zwar eine ähnliche Zahlensequenz, sollten aber nur von der aktuell farbig dargebotenen Zahl einordnen, ob sie gerade oder ungerade war. Dadurch dass in dieser Aufgabe keine Enkodierung von nicht-farbig Zahlen notwendig war, mussten die Testpersonen auch nicht ständig auf die Aufgabe fokussieren.

In Experiment 1 wurden die Testpersonen während der Bearbeitung beider Aufgabentypen unterbrochen und in insgesamt 18 Situationen befragt, ob ihre Aufmerksamkeit auf die Aufgabe (das Hier und Jetzt), auf aufgabenunabhängige, persönliche Gedanken über die Vergangenheit, die Zukunft oder auf keinen bestimmten

zeitlichen Fokus gerichtet sei. Die Erwartung richtete sich dahingehend, dass die Reaktionszeitaufgabe weniger Aufgabenfokus erforderte, weil nur farbige, nicht jedoch gleichzeitig nicht-farbige, Zahlen enkodiert werden mussten. Die Ergebnisse zeigten tatsächlich einen signifikant häufiger auftretenden Aufgabenfokus in der Arbeitsgedächtnis-Aufgabe im Vergleich zur Reaktionszeit-Aufgabe. Erwartungsgemäß wurden in der Reaktionszeit-Aufgabe signifikant häufiger aufgabenunabhängige, persönliche Gedanken (über die Zukunft) berichtet.

Das zweite Experiment zielte durch den Einsatz eines Eye-Trackers, zur Aufzeichnung von Pupillenweite und Blickrichtung, darauf ab, zu untersuchen, ob das nicht-farbige Reizmaterial in der Arbeitsgedächtnis-Aufgabe im Vergleich zur Reaktionszeit-Aufgabe zu einer Steigerung der kognitiven Aktivität (operationalisiert durch den Pupillendurchmesser) führte. Erwartungsgemäß, zeigte sich eine aufgabenbezogene, gesteigerte kognitive Aktivität und ein damit einhergehender größerer Pupillendurchmesser in der Arbeitsgedächtnis-Aufgabe, während in der Reaktionszeit-Aufgabe diese (aufgabenbezogene gesteigerte kognitive Aktivität) nicht beobachtet werden konnte. Experiment 2 bestätigte damit die Hypothese, dass im „Online-Modus“ der Pupillendurchmesser eine gesteigerte Aktivität anzeigt, welcher abgekoppelt ist von den Aufgabentypen, während im „Offline-Modus“ dies nicht der Fall ist. Weiters wurde angenommen, dass wenn die Aktivität im Pupillendurchmesser während der Reaktionszeit-Aufgabe tatsächlich abgekoppelt ist von der Aufgabe, dann sollte die kognitive Aktivität während der Reaktionszeit-Aufgabe tatsächlich auch größer sein als in der Arbeitsgedächtnis-Aufgabe. Erwartungsgemäß, zeigte sich hier eine durchschnittlich höhere Aktivität im Pupillendurchmesser als in der Arbeitsgedächtnis-Aufgabe, was wiederum für den „Offline-Modus“ spricht.

In Experiment 3 wurde den Testpersonen dann eine 20-minütige Version der Arbeitsgedächtnis-Aufgabe dargeboten, während, wie bereits in Experiment 2, ein Eye-Tracker Blickrichtung und Pupillendurchmesser aufzeichnete. Es zeigte sich eine höhere Aktivierung im Pupillendurchmesser, einhergehend mit der kognitiven Aktivität, vor falschen Antworten und daraus resultierenden langsameren Reaktionszeiten. Die Ergebnisse von Experiment 2 und 3 zeigten zusammenfassend, dass die spontane Aktivität im Pupillenmesser mit einer Reduzierung des Aufmerksamkeitsfokus einhergeht.

Der „Offline-Modus“ geht den Untersuchungen von Smallwood et al. (2011) entsprechend, mit dem Phänomen der Abkoppelung einher, welches sich in einer größeren Pupillenweite, höheren Fehlerraten und langsameren Reaktionszeiten ausdrückt.

Belege für einen Abkoppelungs-Mechanismus zwischen einem „Online- vs. Offlinemodus“ finden sich auch in anderen Forschungsarbeiten. So konnten Laufs et al. (2006) in ihrer

Untersuchung mittels Elektroenzephalogramm (EEG) zwei voneinander zu trennende Arten zerebraler Aktivität feststellen: Schnelle Beta-Gehirnwellen würden dabei aufgabenbezogene Aufmerksamkeit und langsame Theta-Gehirnwellen eine Abnahme dieser anzeigen. Aufbauend darauf, gehe daher gedankliches Abschweifen mit einer signifikanten Erhöhung der Theta- und Delta-Aktivität und Aufgabenfokus mit einer signifikanten Erhöhung der Alpha,- und Beta-Aktivität einher. Dies sei ein Indiz dafür, dass das Gehirn die Möglichkeit habe, von einem Wachheitszustand in den anderen zu wechseln, von Aufgabenfokus zu gedanklichem Abschweifen und umgekehrt. Ein Ansteigen der Alpha-Frequenz im EEG sei dabei ein Anzeichen für einen Aufmerksamkeitswechsel von gedanklichem Abschweifen auf Aufgabenfokus (vgl. Braboszcz & Delorme, 2011).

Ein anderer Erklärungsansatz gedanklichen Abschweifens beschäftigt sich mit dem Verhältnis zwischen der Aufgabenschwierigkeit, dem Arbeitsgedächtnis und der Häufigkeit des Erlebens von gedanklichem Abschweifen. Theoretische Grundlage für diese Position bieten die kontroversen Forschungsarbeiten von Levinson, Smallwood & Davidson (2012) sowie McVay & Kane (2009; 2012) und Kane et al. (2007).

2.3.3 Fehler in der exekutiven Kontrolle

Während Levinson et al. (2012) davon ausgehen, dass es sich beim gedanklichen Abschweifen um einen sehr „ressourcenintensiven“ Prozess handelt, der Arbeitsgedächtnisressourcen verbraucht, folgern McVay & Kane (2009; 2012) und Kane et al. (2007), dass gedankliches Abschweifen erst durch eine fehlerhafte exekutive Kontrolle möglich wird. Prinzipiell sorgt die exekutive Kontrolle dafür, dass aufgabenunabhängige, persönliche Gedanken die Aufmerksamkeit während einer geistig fordernden Aufgabe nicht beeinträchtigen. Tritt jedoch trotzdem gedankliches Abschweifen auf, so wird dies als Fehler in der exekutiven Kontrolle bezeichnet. Der ressourcenintensive Prozess bringt bei hoher Arbeitsgedächtnis-Kapazität mehr aufgabenunabhängige Gedanken mit sich. Fehler in der exekutiven Kontrolle führen hingegen dazu, dass Personen mit niedriger Arbeitsgedächtnis-Kapazität auch in anspruchsvollen Aufgaben gedankliches Abschweifen erleben, weil sie eben nicht in der Lage sind, ihre volle Aufmerksamkeit für die Aufgabenanforderung zu verwenden. Levinson et al. (2012) schlussfolgern wiederum, dass gerade durch einfache, routinierte Aufgaben nicht genug Arbeitsgedächtnis-Ressourcen belegt sind und damit gedankliches Abschweifen gehäuft auftritt.

Zusammenfassend, kann zu dieser Hypothese formuliert werden: Es hängt von der Tätigkeit (fordernd vs. einfach, automatisiert) ab, ob Testpersonen mit niedriger

Arbeitsgedächtnis-Kapazität mehr aufgabenunabhängige Gedanken erleben oder umgekehrt.

Unterstützung für die These, dass auch in fordernden Aufgaben gedankliches Abschweifen auftreten könne, bieten die Forschungsarbeiten von Christoff et al. (2009) mittels funktioneller Magnetresonanztomografie. Nicht wie bisher angenommen, würde nämlich ein sogenanntes „Default Mode Network“ (welches besonders bei gedanklichem Abschweifen aktiv sei) mit einem exekutiven Netzwerk (welches hauptsächlich während einer fordernden mentalen Aufgabe aktiviert sei) in Opposition stehen (vgl. Greicius, Krasnow, Reiss, & Menon, 2003; Fox et al., 2005, Weissman, Roberts, & Woldorff, 2006). Vielmehr konnte eine funktionelle Überlappung von Gehirnarealen im „Default Mode Network“ und dem exekutiven Netzwerk festgestellt werden. So etwa stehe gedankliches Abschweifen in Verbindung mit zwei Arealen des exekutiven Netzwerks: einer Aktivierung der kognitiven Komponente des frontalen Cingulate-Kortex (unter anderem zuständig für Fehlererkennung und Aufmerksamkeit) und dem dorsolateralen Präfrontalkortex (unter anderem zuständig für exekutive Funktionen wie Arbeitsgedächtnis, Problemlösung, Aufgabenwechsel). Treten Fehler in der Aufgabenbearbeitung auf, dann sei besonders folgendes Areal des „Default Mode Networks“ aktiviert: der Präfrontalkortex. Diese Überlappung an Funktionsbereichen spezieller Gehirnareale spreche dafür, dass beide Netzwerke in Kooperation miteinander arbeiten und biete daher auch einen Erklärungsansatz, warum gerade in fordernden Aufgaben auch gedankliches Abschweifen auftreten kann und dies mit höheren Fehlerraten bei der Aufgabenbearbeitung einhergehe. Weiters konnten Christoff und Kollegen (2009) feststellen, dass der subjektive Bericht gedanklichen Abschweifens mit einer Aktivierung des „Default Mode Networks“ wie des exekutiven Netzwerks einhergeht.

Nachdem nun ausführlich die möglichen Ursachen gedanklichen Abschweifens beleuchtet wurden, erläutert der nächste Abschnitt die methodische Erfassung gedanklichen Abschweifens und damit einhergehende Schwierigkeiten. Ziel dieses Kapitels ist es, an die in dieser Arbeit verwendete Methode zur Erfassung gedanklichen Abschweifens heranzuführen.

2.4. Methodische Erfassung gedanklichen Abschweifens

2.4.1 Subjektive Berichte und „Meta-Bewusstsein“

Subjektive Berichte machen es möglich, Testpersonen direkt in die Erhebung gedanklichen Abschweifens miteinzubeziehen. Denn wer könnte gedankliches Abschweifen bei der Aufgabenbewältigung besser beurteilen als die Person selbst? Doch dieser Sachverhalt, wird in der einschlägigen Fachliteratur stark diskutiert. Denn wenn

nicht auffällt, dass der Aufmerksamkeitsfokus von der eigentlichen Aufgabe abweicht, so ist ein Bericht über gedankliches Abschweifen auch nicht adäquat möglich (vgl. Schooler, 2002). Es treten dann Fehler im sogenannten „Meta-Bewusstsein“ auf, welches primär bedeutet, dass wir uns nicht mehr all unserer Gedanken bewusst sind. Meta-Bewusstsein scheint jedoch bei gedanklichem Abschweifen schwierig zu verwirklichen zu sein: Denn Testpersonen müssten über Bewusstsein sowie Gedächtnis für die gemachten Erfahrungen verfügen, um aufgabenunabhängige Gedanken auch tatsächlich berichten zu können (vgl. Schooler & Schreiber, 2004; Schooler, 2002). In Frage zu stellen ist auch, ob es überhaupt möglich ist, die eigenen Gedanken direkt zu beobachten. In diesem Zusammenhang lässt sich danach fragen, wie reliabel und valide Daten sind, die alleine mittels subjektiver Berichte erhoben werden. Da es sich immer nur um einen selektiven Ausschnitt gerade berichteter Gedanken handeln kann, ist es durchaus möglich, dass nicht mehr genau alle Gedanken erinnert werden und so etwa gedankliches Abschweifen von der Aufgabe nicht bewusst wird. Dabei ist dem Aspekt des Gedächtnisses wesentliche Bedeutung zuzumessen. Informationen aus dem Langzeitgedächtnis können schwerer als aus dem Kurzzeitgedächtnis reproduziert werden. Hier sind retrospektive Berichte ein wichtiges Stichwort: Die Testpersonen werden dabei kurz nach der Aufgabenbearbeitung unterbrochen, wo noch möglichst viele Informationen im Kurzzeitgedächtnis sind, welche adäquat berichtet werden sollen (vgl. Ericsson & Simon, 1993). Christoff et al. (2009) konnten weiters herausarbeiten, dass nicht bewusstes, gedankliches Abschweifen am meisten störend auf die Aufgabenbearbeitung wirkt. Als Resultat ergeben sich langsamere Reaktionszeiten als beim bewussten gedanklichen Abschweifen. Die Aufzeichnung von Reaktionszeiten gilt daher als notwendiges Instrumentarium, um subjektive Berichte sinnvoll zu ergänzen (vgl. Smallwood, McSpadden, & Schooler, 2007).

Aufgrund der immer lauter werdenden Kritik an subjektiven Berichten, wurde der Versuch unternommen, Erhebungsmethoden zum gedanklichen Abschweifen zu kombinieren. Denn es sollte gedankliches Abschweifen mit und ohne Bewusstsein erhoben werden. Eine Methode, die sich in der Untersuchung gedanklichen Abschweifens bewährt hat, ist der Einsatz von Gedankenproben.

2.4.2 Gedankenproben

Gedankenproben zielen darauf ab, einerseits das Bewusstsein sowie das Gedächtnis und andererseits, die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens zu erheben. Smallwood & Schooler (2006) unterscheiden zwischen drei Arten von Gedankenproben:

1. Beim „*Selbst-Ertappen*“ („self caught“) werden die Testpersonen angehalten, ihr Bewusstsein für aufgabenunabhängige Gedanken selbst zu beobachten. Der Nachteil dabei ist, dass Gedächtnis sowie Bewusstsein für die gemachten Erfahrungen notwendig ist, um sich überhaupt erst bei der Produktion aufgabenunabhängiger Gedanken „selbst ertappen“ zu können.
2. Bei den „*selbst-eingeordneten Gedankenproben*“ („self-classified probe caught“) werden die Testpersonen angehalten, jedes Mal, wenn ihnen gedankliches Abdriften aufgefallen ist, eine Reaktionstaste zu drücken. Davor erhalten sie jeweils eine Beschreibung über gedankliches Abschweifen. Testpersonen sollen durch diese Vorgehensweise ermutigt werden, ein besonders hohes Ausmaß an gedanklichem Abschweifen bei sich selbst zu entdecken. Die Intention ist es, zu erheben, ob gedankliches Abschweifen dem Bewusstsein zugänglich ist und wie häufig die Abweichung vom Aufgabenfokus auftritt.
3. Bei den „*vom Versuchsleiter eingeordneten Gedankenproben*“ („experimenter classified probe caught“) erhalten die Testpersonen vor Beginn der Aufgabenbearbeitung eine Information darüber, dass es Gedankenproben geben wird. Sie wissen dabei jedoch nicht, um welche Kategorie es sich handelt. Testpersonen werden dann bei der Aufgabenbearbeitung unterbrochen und gefragt, woran sie gerade eben noch gedacht haben. Hier ist der Versuchsleiter in der Lage, die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens zu erheben und abzugleichen mit den Informationen der Testperson.

Der wesentlichste Unterschied zwischen selbst-eingeordneten und den vom Versuchsleiter eingeordneten Gedankenproben besteht darin, dass erstere das Bewusstsein und zweitens, das Gedächtnis für gedankliches Abschweifen erheben. Weiters, wird gedankliches Abschweifen mit und ohne Bewusstsein erhoben. Um alle erwähnten Aspekte abzudecken, wurde in dieser Diplomarbeit eine Kombination von Gedankenproben zweiter und dritter Art verwendet. Gedankenproben dieser beiden Arten haben gegenüber dem Selbstertappen den Vorteil, dass sie sich nicht alleine auf das Bewusstsein der Testpersonen verlassen (vgl. Smallwood & Schooler, 2006).

2.5. Herleitung der Fragestellungen

Ziel des folgenden Kapitels ist es, die Fragestellungen dieser Diplomarbeit in den aktuellen Stand bisheriger Forschungsarbeiten einzubetten. Dazu ist es notwendig, wichtige Kernideen pointiert zu formulieren.

Das Konstrukt der Forschungsfragen wird dabei auf drei Grundsäulen aufgebaut: (1) Visuelle Suche, (2) Gedankliches Abschweifen und (3) Mikrosakkaden.

- (1) Die erste Grundsäule – visuelle Suche: Aufbauend auf der Diskussion, ob während Merkmals-Konjunktions-Suchaufgaben die durchschnittlichen Reaktionszeiten in Target-Abwesenheits-Durchgängen als Funktion der Displaygröße ansteigen (vgl. Treisman & Gelade; Chun & Wolfe, 1996), ergibt sich die Fragestellung, ob auch in der vorliegenden Untersuchung signifikant langsamere Reaktionszeiten bei Target-Abwesenheit identifiziert werden können und ob diese mit der Displaygröße einhergehen?

Als Hypothese zur visuellen Suche sei demnach festgehalten: Wenn während einer Merkmals-Konjunktions-Suchaufgabe in Target-Abwesenheit-Durchgängen mit steigender Itemanzahl die durchschnittliche Reaktionszeit ansteigt, dann sind in Target-Abwesenheit-Durchgängen signifikant langsamere Reaktionszeiten als in Target-Anwesenheit-Durchgängen zu erwarten. Darauf aufbauend wird erwartet, dass Testpersonen in Target-Abwesenheit-Durchgängen signifikant mehr Zeit benötigen, wenn sie große im Vergleich zu kleinen Suchfeldgrößen bearbeiten.

- (2) Die zweite Grundsäule – gedankliches Abschweifen: Forster und Lavie (2009) haben in ihrer Untersuchung zum Suchfeldgrößen-Effekt herausgearbeitet, dass bei geringer perzeptueller Verarbeitungskapazität mehr gedankliches Abschweifen berichtet wird. Die zweite Fragestellung bezieht sich daher darauf, ob die Daten der durchgeführten Untersuchung den Suchfeldgrößen-Effekt stützen (vgl. Forster & Lavie, 2009)?

Als Hypothese zum gedanklichen Abschweifen sei demnach festgehalten: Wenn die perzeptuelle Verarbeitungskapazität mit der berichteten Häufigkeit gedanklichen Abschweifens einhergeht, dann ist in kleinen Suchfeldgrößen häufigere Berichterstattung aufgabenunabhängiger Gedanken zu erwarten, als in großen.

- (3) Die dritte Grundsäule - Mikrosakkaden:

- a) *Mikrosakkaden und visuelle Suche*: Engbert und Kliegl (2003) sowie Hafed und Clark (2002) postulieren, dass Mikrosakkaden verdeckte Aufmerksamkeit aufdecken bzw. als Maß für verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen herangezogen werden können. Einen wesentlichen Beitrag in diesem Kontext liefert die Prämotor-Theorie der Aufmerksamkeit von Rizzolatti et al. (1987), da sie davon ausgeht, dass verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen den Augenbewegen, wenn auch nicht offen ausgeführt, zu einem Target

vorausgehen. Aufgrund der kontrovers diskutierten Rolle von Mikrosakkaden (vgl. Horowitz et al., 2007), lautet die dritte Fragestellung daher, in welchem Zusammenhang Mikrosakkaden mit verdeckter Aufmerksamkeit stehen?

Als Hypothese bezüglich Mikrosakkaden und visueller Suche sei festgehalten: Wenn verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen den Augenbewegungen zu einem Target vorausgehen, dann ist in Target-Anwesenheit-Durchgängen kurz nach Reizdarbietung ein signifikanter Mikrosakkadenraten-Anstieg zu erwarten. Denn es wird erwartet, dass das Target verdeckte Aufmerksamkeit auf sich zieht und dies spiegelt sich in der Mikrosakkadenrate wider.

- b) *Mikrosakkaden und gedankliches Abschweifen*: Smallwood et al. (2011) konnten in ihrer Forschungsarbeit belegen, dass eine hohe kognitive Verarbeitungskapazität für eine vermehrte Berichterstattung gedanklichen Abschweifens verantwortlich ist. Im „Offline-Modus“ findet daher eine starke Aktivierung kognitiver Verarbeitungskapazität, ausgelöst durch spontan auftretende Gedanken, statt. Mikrosakkaden werden in Verbindung stehend mit kognitiven Prozessen angesehen (vgl. Martinez-Conde et al., 2009). Folglich ist zu prüfen, ob der Bericht gedanklichen Abschweifens tatsächlich mit der Mikrosakkadenraten-Verteilung, als Operationalisierung kognitiver Verarbeitungskapazität, einhergeht.

Als Hypothese bezüglich Mikrosakkaden und gedanklichen Abschweifens sei daher festgehalten: Wenn die kognitive Verarbeitungskapazität sich durch spontan auftretende Gedanken in Mikrosakkaden widerspiegelt, dann ist eine erhöhte durchschnittliche Mikrosakkadenrate beim Bericht gedanklichen Abschweifens zu erwarten.

Aufbauend auf den vorliegenden Fragestellungen und Hypothesen ist es die Forschungsintention der vorliegenden Diplomarbeit herauszuarbeiten, wie sich berichtetes gedankliches Abschweifen bei einer klassischen visuellen Suchaufgabe in behavioralen Daten (Reaktionszeiten und Fehlerraten) sowie in Eye-Tracking-Daten (Mikrosakkaden) abbildet. Es soll ein Abgleich zwischen Berichten gedanklichen Abschweifens, behavioralen Daten und Eye-Tracking-Daten möglich werden.

Um sich ein konkreteres Bild von der durchzuführenden Untersuchung und der Operationalisierung der Fragestellungen machen zu können, wird nun zum Methodenteil übergeleitet.

3 UNTERSUCHUNGSMETHODE

3.1 Stichprobenbeschreibung

Vierundzwanzig Testpersonen (16 Frauen, 8 Männer), nahmen an der Untersuchung teil. Das Durchschnittsalter lag bei 25, 2 Jahren mit einer Reichweite von 19 und 38 Jahren. Die Testpersonen wurden aus dem privaten wie studentischen Umfeld rekrutiert. Sie bekundeten ihr Interesse zur Teilnahme an der Untersuchung per Email. Achtzehn TeilnehmerInnen waren rechtshändig, siebzehn waren linksäugig. Eine Rot-Grün- bzw. Blau-Gelb-Farbenschwäche konnte bei allen Testpersonen ausgeschlossen werden. Weiters verfügten alle Testpersonen über normale bzw. korrigierte Sehfähigkeit.

3.2 Apparatur

Das Experiment wurde in Matlab (The Mathworks Inc., Version R2010b) mit der Psychophysics Toolbox und der Eyelink Toolbox programmiert (Brainard, 1997; Cornelissen, Peters, & Palmers, 2002). Der Bildschirm war ein 21 Zoll TFT Monitor mit einer Bildwiederholrate von 60 Hz und einer Auflösung von 1280 x 800 Pixel. Die Blickbewegungen beider Augen wurden mit dem Blickverfolger Eyelink 1000 Desktop Mount (SR Research, Mississauga, Ontario, Canada) mit einer Abtastungsfrequenz von 500 Hz aufgezeichnet. Um Kopfbewegungen gering zu halten, kam eine fixierte Kinn,- und Stirnstütze zum Einsatz. Der Blickverfolger war direkt unter dem Bildschirm positioniert und wurde für alle Testpersonen individuell eingestellt. Vor dem Blickverfolger waren eine handelsübliche Tastatur und Computermaus platziert. Hinter dem Monitor stand eine Tischlampe als indirekte Lichtquelle. Ein Sessel direkt vor der Kinn,- und Stirnstütze war in seiner Position individuell verstellbar, sodass die Testpersonen möglichst angenehm in die Kinn,- und Stirnstütze hineinsinken konnten.

3.3 Stimuli

Das Suchdisplay bestand aus sechs oder zwölf Stimuli (kleine vs. große Suchfeldgröße; „small vs. large set-size“). Jeder Stimulus verfügte über eine Sehwinkelgröße von $2,1^\circ$. Die Stimuli waren in gleicher Entfernung auf einem imaginären Kreis rund um ein schwarzes Fixationskreuz platziert. Der Radius des imaginären Kreises lag einander in einem Sehwinkel von 10° gegenüber. Die Stimuli für Target und Distraktoren wurden auf grauem Hintergrund (38,7; -2,6; -8,1) unter Verwendung der Formen Kreis und Viereck sowie der Farben blau (38,7; 60,03;-122,9) und grün (38,7;-47,2; 33,7) entworfen. Alle Farbenwerte wurden im $L^*a^*b^*$ Farbraum des CIE Farbensystems konstruiert. (Dieser wird durch ein dreidimensionales Koordinatensystem beschrieben: Die a^* -Achse beschreibt den Grün- und Rotanteil einer Farbe, während die b^* -Achse den Blau- und

Gelbanteil angibt. Die L*-Achse gibt Auskunft über die Helligkeit der Farben.) Die im Experiment verwendeten Farben wurden mittels des Eye-One Pro Farbmessgerätes (X-Rite Inc., Grand Rapids, MI, USA) alle in etwa mit gleichem Helligkeitsunterschied (Luminanz) dargeboten. Jede Testperson erhielt exakt ein Target, das über die gesamte Untersuchung gleich blieb. Die Auswahl des Targets wurde über alle Testpersonen ausbalanciert vorgegeben. Jedes Target, zum Beispiel ein grüner Kreis, war von zwei Distraktoren umgeben, welche genau eine Eigenschaft des Targets teilten. Im Falle des grünen Kreises bedeutete dies den Einsatz grüner Vierecke oder blauer Kreise als Distraktoren (siehe **Abbildung 1** als Beispielstimuli). Die Position des Targets war ausbalanciert innerhalb kleiner vs. großer Suchfeldgröße über alle Target-Anwesenheit-Durchgänge (target present trials). Die Auswahl der Distraktor-Positionen wurde von allen Positionen auf dem imaginären Kreis (ausgenommen der Target-Position) randomisiert dargeboten. Fünfzig Prozent aller Target-Anwesenheit-Durchgänge, beinhalteten das Target auch. Die anderen fünfzig Prozent aller Target-Abwesenheit-Durchgänge (target absent trials), beinhalteten lediglich die Distraktoren. Die Anzahl dieser, sowohl des einen als auch des anderen Typs (zum Beispiel blaue Kreise vs. grüne Vierecke), war gleich für alle Target-Abwesenheit-Durchgänge. Target-Anwesenheit-Durchgänge beinhalteten einen Distraktor, zum Beispiel einen blauen Kreis oder ein grünes Viereck, mehr. Welcher Distraktor dabei um einmal mehr vorhanden war, wurde randomisiert ausgewählt. Auch die Anordnung der anwesenden bzw. abwesenden Targets wurde randomisiert.

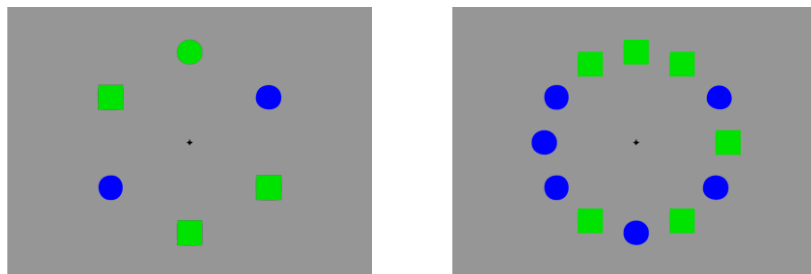


Abbildung 1. Darstellung eines kleinen vs. großen Suchdisplays (links vs. rechts im Bild) bei Target-Anwesenheit vs. Target-Abwesenheit (links vs. rechts im Bild). In beiden Displays fungiert der grüne Kreis als Target, während grüne Vierecke und blaue Kreise die Distraktoren darstellen.

3.4 Untersuchungsablauf und Versuchsdesign

Die Testpersonen meldeten sich für die Testung an und ein gemeinsamer Termin wurde vereinbart, zu welchem jeweils ein(e) TeilnehmerIn getestet werden konnte. Die Testung dauerte ca. 1,5 bis 2 Stunden. Die Teilnahme war freiwillig. Die Testung fand an der Fakultät für Psychologie im 2. Stock in Testraum TR II-1 statt.

Vor der Testung bekamen die Testpersonen eine Einverständniserklärung ausgehändigt, die auf die Anonymität sowie die Möglichkeit, jederzeit das Experiment abubrechen, hinwies. Weiters erhielten sie die Information, dass nur Testpersonengruppen ausgewertet werden, nicht Einzelergebnisse. Zunächst wurden Vortests zur Händigkeit, Sehschärfe, Farbenschwäche und Äugigkeit durchgeführt. In einem Händigkeits-Fragebogen sollte angegeben werden, mit welcher Hand bevorzugt bestimmte Tätigkeiten ausgeführt werden. In einem Sehschärfetest bzw. einer Nahleseprobe wurde die Sehfähigkeit überprüft. Die Verwendung der Ishihara – Farbtafeln konnte eine Rot-Grün- bzw. Blau-Gelb-Farbenschwäche bei allen StudienteilnehmerInnen ausschließen. Ein Äugigkeitstest ermittelte das dominante Auge.

Nachdem alle Vortests abgeschlossen waren, nahmen die Testpersonen am Sessel Platz und positionierten Kopf und Kinn in der eingerichteten Stütze. Bei Bedarf konnten sie die Höhe des Sessels, den individuellen Bedürfnissen entsprechend, anpassen. Die Deckenbeleuchtung wurde abgedreht und die Tischlampe hinter dem Monitor aufgedreht. Das Experiment startete durch einen Tastendruck der Testpersonen und der Blickverfolger wurde anschließend von der Testleiterin kalibriert (um die Augenposition mit den Bildschirmkoordinaten abzugleichen).

Das Experiment gliederte sich in zwei Blöcke. Die Testpersonen bearbeiteten in einem Block jeweils 624 Durchgänge bei kleiner vs. großer Suchfeldgröße (6 vs. 12 Stimuli). Die Anordnung der Blöcke wurde dabei über alle Testpersonen ausbalanciert vorgegeben. Jeder Durchgang startete mit einem schwarzen Fixationskreuz, welches auf dem Bildschirm während des gesamten Durchgangs erhalten blieb. Die Testpersonen wurden instruiert, ihre Augen auf das Fixationskreuz fortlaufend zu fixieren. Da in der aktuellen Forschung bis jetzt nicht eindeutig herausgearbeitet werden konnte, in welchem Zusammenhang Augenbewegungen, verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen und Pupillenweite stehen (Engbert & Kliegl, 2003; Gagli, Hawelka, & Hutzler, 2011) oder ob sie in der Tat unabhängig voneinander sind (Horowitz et al., 2007), haben wir ein Modell angewendet, welches Augenbewegungen maximal reduziert. Eine Sekunde, nachdem das Fixationskreuz am Bildschirm auftauchte, wurde ein Suchdisplay, bestehend aus entweder Target oder nur Distraktoren, präsentiert, solange bis die Testpersonen eine manuelle Antwort gaben. Diese bestand darin, so schnell und so richtig wie möglich, auf zwei Tasten der Computertastatur anzugeben, ob das Suchdisplay das Target beinhaltete. Die Taste (X) sollte mit dem linken Finger und die Taste (,) mit dem rechten Finger gedrückt werden. Die Funktion der Reaktionstasten auf die Antworten (Target anwesend vs. Target abwesend) wurde über alle Testpersonen ausbalanciert vorgegeben. Nachdem eine Reaktion gegeben wurde, startete der nächste Durchgang mit der Präsentation des Fixationskreuzes für 1000ms (siehe **Abbildung 2**).

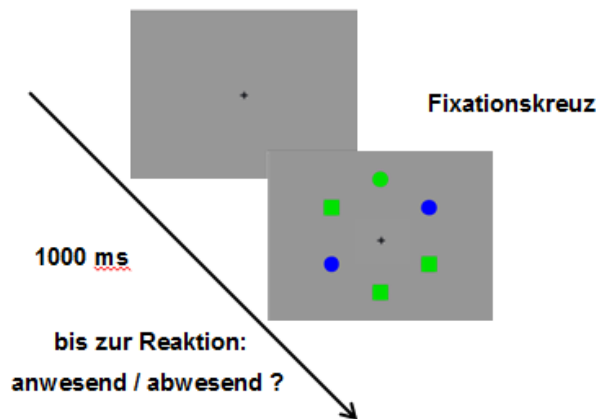


Abbildung 2. Schematischer Ablauf eines Target-Anwesenheit-Durchgangs bei kleiner Suchfeldgröße.

Nach 96 Durchgängen hatten die Testpersonen die Möglichkeit eine Pause einzulegen, so lange sie wollten. Insgesamt gab es 12 Pausen. Nach einer Pause wurden die Testpersonen vor dem nächsten Durchgang noch einmal an das Target, die Funktion der Antworten (Target anwesend vs. Target abwesend) zu den Reaktionstasten und die Suchfeldgröße (klein vs. groß), erinnert. Zu Beginn des eigentlichen Experiments bearbeiteten die Testpersonen auch 32 Probendurchgänge, jeweils 16 davon entsprachen der kleinen vs. großen Suchfeldgröße.

Um den Aufmerksamkeitsgrad zu beurteilen, mit welchem die visuelle Suchaufgabe bearbeitet wurde, also ob die Testpersonen zum Beispiel bei der Aufgabe waren (on-task) oder gedanklich abgeschweift sind (off-task), wurden sogenannte Gedankenproben alle vier bis sechs Durchgänge verwendet (siehe **Abbildung 3**). In diesen Gedankenproben-Durchgängen wurde, sofort nach der Reaktion der Testpersonen auf das Suchdisplay, die Frage präsentiert: „*Woran haben Sie eben jetzt gedacht?*“. Diese Gedankenproben-Frage war auf einer 9-stufigen Likert-Skala zu beantworten, von „*Ich habe mich auf die Aufgabe konzentriert*“ bis „*Ich habe an etwas Anderes gedacht*“. Die Likert-Skala selbst wurde in einer Serie von neun Kästchen unterhalb der Frage dargestellt. Die Testpersonen beantworteten die Gedankenproben-Frage, indem sie, in eines der neun Kästchen mit der Computermouse klickten. Die Richtung der Skala war über alle Testpersonen ausbalanciert. Im Zuge der Instruktion zu Experimentbeginn wurde ausdrücklich betont, dass es für die Beantwortung der Gedankenproben-Frage kein Zeitlimit gab und es in diesem Kontext irrelevant war, wie viel Zeit gebraucht wurde. Zusätzlich wurde betont, dass sich die Frage unmittelbar auf den Moment vor der Gedankenprobe bezog. Darüber hinaus wurden die Testpersonen angehalten, diese Frage so ehrlich wie möglich zu beantworten. Hierfür wurde auch jeweils ein Beispiel für Aufgabenfokus („*den Zielreiz im Kopf haben*“) und gedankliches Abschweifen („*an etwas denken, dass ich nach dem Experiment machen werde*“) gegeben. Die Entscheidung über die Einstufung

Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen wurde den Testpersonen überlassen. Trotzdem erhielten sie die Aufforderung bei Unklarheiten nachzufragen.

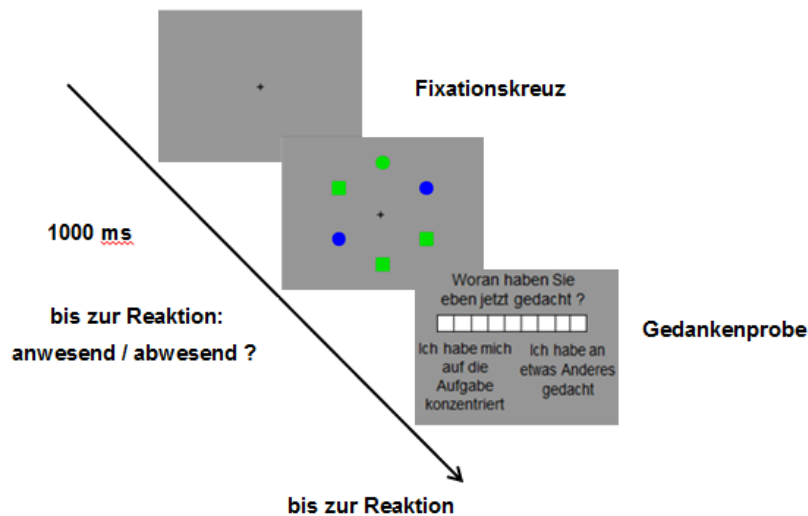


Abbildung 3. Schematischer Ablauf eines Gedankenproben-Durchgangs bei kleiner Suchfeldgröße und Target-Anwesenheit. Die Frage „Woran haben Sie eben jetzt gedacht?“ sollte auf einer 9-stufigen Likert-Skala beantwortet werden, von „Ich habe mich auf die Aufgabe konzentriert“ (in diesem Beispiel auf der linken Seite der Skala) bis „Ich habe an etwas Anderes gedacht“ (in diesem Beispiel auf der rechten Seite der Skala). Die Richtung der Skala wurde über alle Testpersonen ausbalanciert vorgegeben.

3.5 Eye-Tracking

Während die Testpersonen die visuelle Suchaufgabe sowie die Gedankenproben alle vier bis sechs Durchgänge bearbeiteten, wurden Eye-Tracking Daten aufgezeichnet. Die Testpersonen platzierten ihren Kopf in die Kinn,- und Stirnstütze in einer Betrachtungsdistanz von 70 cm. Dies gewährleistete, dass die Größe des visuellen Abbildes auf der Retina bei allen Testpersonen möglichst gleich groß war. Nach erfolgreicher Kalibrierung beider Augen, wurde das Experiment von der Testleiterin gestartet. Nach jedem Gedankenproben-Durchgang, also alle vier bis sechs Durchgänge, wurde die Qualität der Kalibrierung mit einer Abweichungsüberprüfung festgestellt. Dabei wurde den Testpersonen ein einzelnes Target präsentiert und der Unterschied zwischen berechneter Fixationsposition, während der Kalibrierung, und dem aktuellen Target berechnet. Wenn die Abweichung der aufgenommenen Blickposition von der berechneten Fixationsposition zu stark war, so musste der Eye-Tracker erneut kalibriert werden. Bei erfolgreicher Abweichungsüberprüfung, wenn also keine erneute Kalibrierung notwendig war, konnten die Testpersonen mit einem Mausklick die nächste Sequenz an Durchgängen starten, bis zur nächsten Gedankenprobe.

4 AUSWERTUNG UND ERGEBNISSE

Die Darstellung der Ergebnisse gliedert sich in eine Analyse der visuellen Suche und gedanklichen Abschweifens, jeweils bezogen auf behaviorale Daten (Reaktionszeiten, Fehlerraten etc.) und Eye-Tracking-Daten (Mikrosakkaden).

Die Datenanalyse erfolgte mittels der Statistik-Software R. Aus der Analyse wurden insgesamt drei Testpersonen ausgeschlossen, da in der visuellen Suchaufgabe zu viele Fehler gemacht oder gar nie gedankliches Abschweifens berichtet wurde(n).

4.1 Behaviorale Daten

Durchschnittliche Reaktionszeiten [ms] und Fehlerraten [%] werden mit dem Mittelwert (MW) und der Standardabweichung (SW) angegeben. Für die Analyse der Reaktionszeiten und Fehlerraten wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (repeated measures ANOVA) herangezogen, da es sich um ein Within-Subject-Versuchsdesign handelte. Folglich haben alle Testpersonen alle Bedingungen und Faktorstufen durchlaufen. Post Hoc-Vergleiche wurden als gepaarte t-Tests bei mehr als zwei Faktorstufen realisiert, um Gruppenvergleiche erheben zu können. Diese wurden nach Bonferri korrigiert, um ein unverhältnismäßiges Ansteigen eines Fehlers erster Art zu vermeiden und $\alpha \leq 0,05$ zu halten (vgl. Field, 2009). Konfidenzintervalle wurden für das vorliegende Within-Subject-Design nach Loftus und Mason (1994) berechnet. Effektgrößen, zur Beurteilung der praktischen Relevanz statistischer Signifikanz, wurden über das partielle Eta-Quadrat (η^2_p) angegeben. Die Gedankenproben-Berichte der Testpersonen wurden auf den individuellen Durchschnitt aller Gedankenproben-Durchgänge zentriert. Für jede Testperson wurde dabei das durchschnittliche Mittel des Gedankenproben-Bericht-Wertes entfernt von allen gegebenen Gedankenproben-Bericht-Werten dieser Testperson. Um den Zusammenhang zwischen Gedankenproben-Berichten und Fehlerraten aufzudecken, kam die Signalentdeckungstheorie von Stanislaw & Todorov (1999) zum Einsatz.

Es wurden in der Analyse der durchschnittlichen Reaktionszeiten vorab alle Durchgänge ausgeschlossen,

1. in denen die Reaktionszeiten weniger als 200 ms oder mehr als zweieinhalb Standardabweichungen von der Reaktionszeit innerhalb jeder Bedingung (bezüglich der Variablen Testperson, Suchfeldgröße, Target, Aufmerksamkeitsgrad, Fehler oder korrekte Antwort) abwichen.
2. die Fehlerdurchgänge waren.

Für die übrigen Durchgänge wurden Reaktionszeiten, Fehlerraten und die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens im Durchschnitt über Durchgänge in jeder Testperson x Bedingung Kombination berechnet. Für die Analyse der Reaktionszeiten und Fehlerraten in der visuellen Suche, wurden alle Durchgänge, die den aufgestellten Kriterien entsprachen, verwendet (unabhängig von Gedankenproben).

4.1.1 Visuelle Suche: *Reaktionszeiten und Fehlerraten*

Die Auswertung der visuellen Suche sollte die Fragestellung beantworten, ob in der durchgeführten Merkmals-Konjunktions-Suchaufgabe signifikant langsamere Reaktionszeiten bei Target-Abwesenheit resultieren und ob insgesamt durchschnittliche Reaktionszeiten [ms] als Funktion der Displaygröße ansteigen. Dafür wurden alle Durchgänge unabhängig von Gedankenproben verwendet und in die Faktoren *Suchfeldgröße* (klein vs. groß) und *Target* (anwesend vs. abwesend) aufgeteilt. Die durchgeführte zwei-faktorielle ANOVA zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Targets ($F[1, 23] = 9,12$; $p < 0,01$; $\eta^2_p = 0,28$). Bei Target-Abwesenheit-Durchgängen konnten erwartungsgemäß signifikant langsamere Reaktionszeiten festgestellt werden, im Vergleich zu Target-Anwesenheit-Durchgängen ($t[23] = -3,02$; $p < 0,01$). In Target-Abwesenheit-Durchgängen nahm die visuelle Suche doppelt so viel Zeit in Anspruch (MW = 643,4; SW = 127,7) verglichen mit Target-Anwesenheit-Durchgängen (MW = 612,1; SW = 99,5) - siehe **Abbildung 4**.

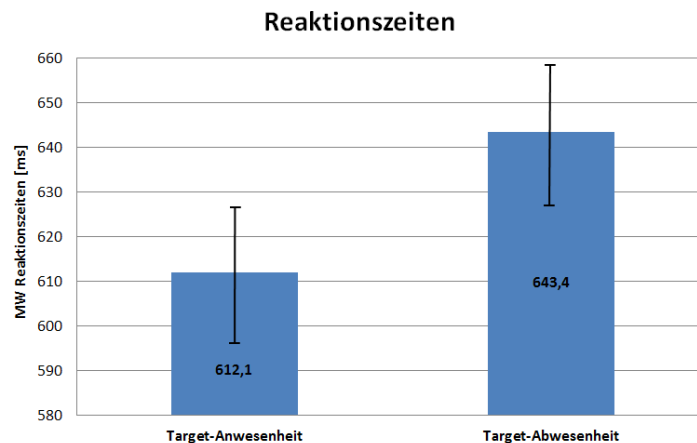


Abbildung 4. Durchschnittliche Reaktionszeiten [ms] und Konfidenzintervalle für die visuelle Suchbedingung Target-Anwesenheit vs. Target-Abwesenheit.

Es zeigte sich weiters, dass je mehr Distraktoren sich in einem Suchfeld befanden, umso langsamer reagierten die Testpersonen. Dies spricht dafür, dass die durchschnittlichen Reaktionszeiten in einer Merkmals-Konjunktions-Suchaufgabe mit der Displaygröße ansteigen. Bei einer geringeren Anzahl an Distraktoren (kleine Suchfeldgröße) reagierten die Testpersonen im Vergleich schneller (vgl. **Abbildung 5a**).

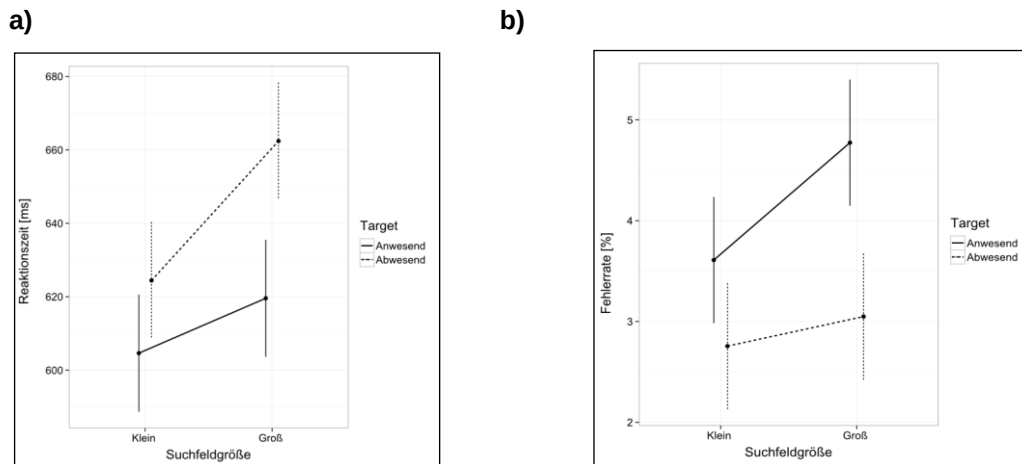


Abbildung 5. Durchschnittliche a) Reaktionszeiten [ms] und b) Fehlerraten [%] pro visueller Suchbedingung.

Bezüglich der Analyse der Fehlerraten [%] in der visuellen Suche zeigte die durchgeführte zwei-faktorielle ANOVA auch einen signifikanten Haupteffekt des Targets ($F[1, 23] = 6,6$; $p = 0,01$; $\eta^2_p = 0,22$). Im Gegensatz zur Analyse der Reaktionszeiten konnten jedoch in Target-Anwesenheit-Durchgängen signifikant höhere Fehlerraten festgestellt werden, im Vergleich zu Target-Abwesenheit-Durchgängen ($t[23] = 2,57$; $p = 0,01$). Testpersonen reagierten zwar schneller bei Target-Anwesenheit, machten jedoch auch signifikant mehr Versäumnis-Fehler (MW = 4,19; SW = 3,69), verglichen mit Target-Abwesenheit (MW = 2,9; SW = 2,98) - siehe **Abbildung 6**.

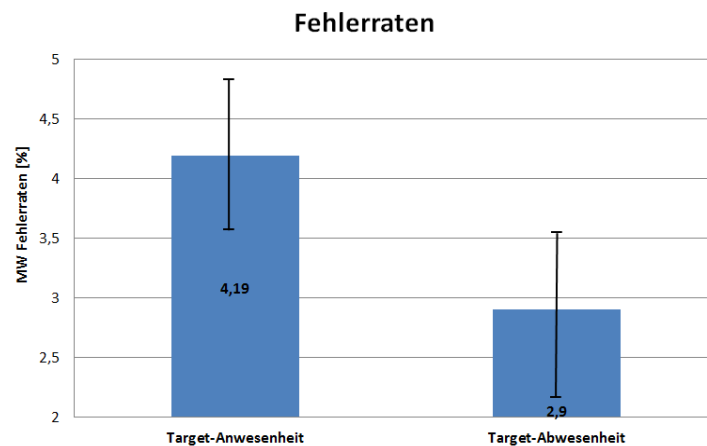


Abbildung 6. Durchschnittliche Fehlerraten [%] und Konfidenzintervalle für die visuelle Suchbedingung Target-Anwesenheit und Target-Abwesenheit.

Daraus kann gefolgert werden, dass die Testpersonen in Target-Anwesenheit-Durchgängen zwar durchaus schneller eine Entscheidung treffen, jedoch die visuelle Suche beenden, bevor das Target noch identifiziert werden kann. Insbesondere stieg die Fehlerrate bei der Präsentation der großen Suchfeldgröße ca. eineinhalb so hoch an, verglichen mit der kleinen Suchfeldgröße. (siehe **Abbildung 5b**).

Zusammenfassend ergab die Analyse der visuellen Suche, dass:

1. Target-Abwesenheit-Durchgänge signifikant langsamer als Target-Anwesenheit-Durchgänge bearbeitet wurden.
2. In Target-Anwesenheit-Durchgängen signifikant mehr Fehler als in Target-Abwesenheit-Durchgängen gemacht wurden.

4.1.2 Gedankliches Abschweifen in Gedankenproben-Durchgängen

Für die Analyse gedanklichen Abschweifens in Gedankenproben-Durchgängen verwendeten wir ausschließlich Durchgänge, die mit einer Gedankenprobe abgeschlossen haben. Wir teilten diese Durchgänge in die drei Faktoren *Suchfeldgröße* (klein vs. groß), *Target* (anwesend vs. abwesend) und *Aufmerksamkeitsgrad* (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen) auf.

4.1.2.1 Reaktionszeiten und Fehlerraten

Eine drei-faktorielle ANOVA bezüglich der Reaktionszeiten zeigte signifikante Haupteffekte des Targets ($F[1, 23] = 8,68$; $p < 0,01$; $\eta^2_p = 0,27$) sowie des Aufmerksamkeitsgrades ($F[1, 23] = 9,69$; $p < 0,01$; $\eta^2_p = 0,29$). In Analogie zur visuellen Suche war die durchschnittliche Reaktionszeit [ms] in Gedankenproben-Durchgängen bei Target-Abwesenheit (MW = 622,0; SW = 127,7) signifikant langsamer ($t[23] = -2,95$; $p = 0,007$) als bei Target-Anwesenheit (MW = 597,1; SW = 99,5). Beim Bericht gedanklichen Abschweifens (MW = 622,9; SW = 130,1) kam es im Vergleich zu Aufgabenfokus (MW = 596,2; SW = 103,9) zu signifikant langsameren Reaktionszeiten ($t[23] = -3,11$; $p = 0,004$) (siehe **Abbildung 7**).

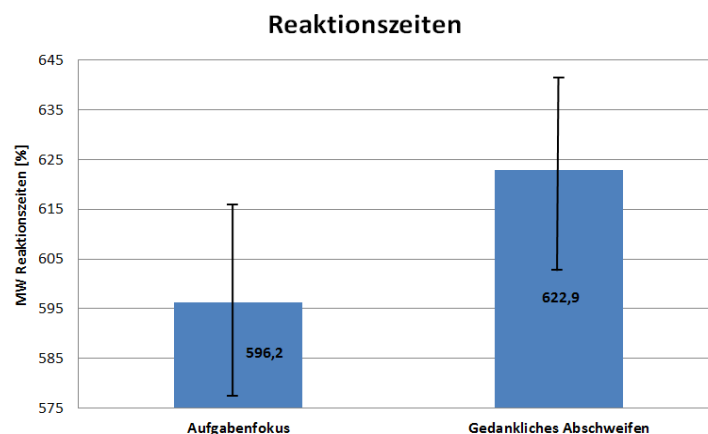


Abbildung 7. Durchschnittliche Reaktionszeiten [ms] und Konfidenzintervalle in Gedankenproben-Durchgängen nach Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen).

Sichtbar wird dieser Anstieg der Reaktionszeit bei gedanklichem Abschweifen besonders stark in der großen Suchfeldgröße und bei Target-Abwesenheit, wenn also mehr Distraktoren vorhanden sind. Die Testpersonen scheinen sich mehr von Distraktoren beim gedanklichen Abschweifen ablenken zu lassen und dies wirkt sich in langsameren Reaktionszeiten aus (vgl. **Abbildung 8a**).

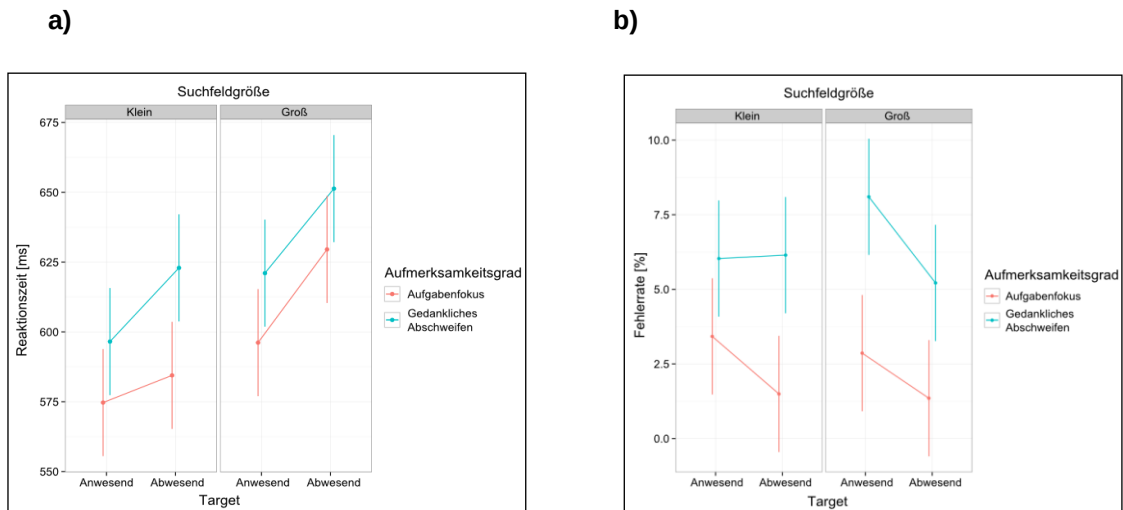


Abbildung 8. Durchschnittliche a) Reaktionszeiten [ms] und b) Fehlerraten [%] in Gedankenproben-Durchgängen für Target (anwesend vs. abwesend), Suchfeldgröße (klein vs. groß) und Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen).

Die Analyse der Fehlerraten [%] in Gedankenproben-Durchgängen mittels drei-faktorieller ANOVA zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Aufmerksamkeitsgrades ($F[1, 23] = 9,41$; $p < 0,01$; $\eta^2_p = 0,29$). Bei Durchgängen mit dem Bericht gedanklichen Abschweifens (MW = 6,37; SW = 9,19) konnten signifikant höhere Fehlerraten im Vergleich zu Durchgängen mit dem Bericht Aufgabenfokus (MW = 2,28; SW = 5,09) festgestellt werden ($t[23] = -3,07$; $p < 0,01$) - siehe **Abbildung 9**.

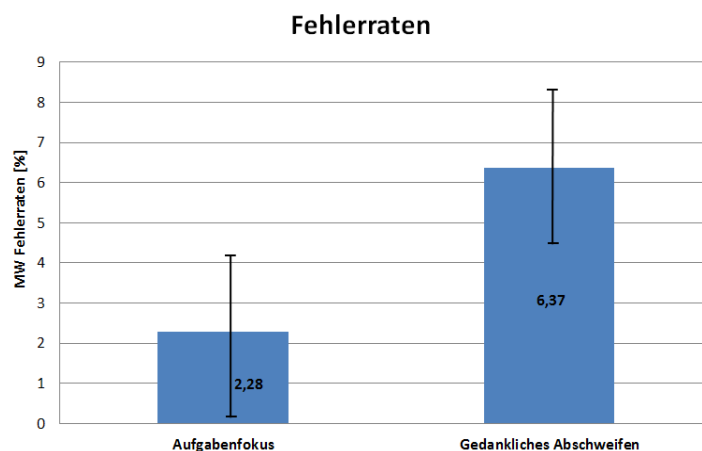


Abbildung 9. Durchschnittliche Fehlerraten [%] und Konfidenzintervalle in Gedankenproben-Durchgängen nach Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen).

Es zeigte sich weiters, dass beim Bericht gedanklichen Abschweifens und großer Suchfeldgröße in Target-Anwesenheits-Durchgängen im Durchschnitt deutlich mehr Versäumnis-Fehler als falsche Alarme (in Target-Abwesenheits-Durchgängen) gemacht wurden (siehe **Abbildung 8b**).

4.1.2.2 Häufigkeit gedanklichen Abschweifens

Um zu beantworten, ob die perzeptuelle Verarbeitungskapazität mit der Häufigkeit gedanklichen Abschweifens einhergeht bzw. in den Daten der von Forster und Lavie (2009) postulierte Suchfeldgrößen-Effekt gefunden werden kann, wurde eine Analyse der Häufigkeit gedanklichen Abschweifens durchgeführt. Die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens setzte sich dabei zusammen aus Durchgängen, in denen gedankliches Abschweifen berichtet wurde, in Relation zu Gedankenproben-Durchgängen. Es sollte untersucht werden, wie sich Target und Suchfeldgröße auf die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens auswirken.

Wird mehr gedankliches Abschweifen bei hoher (großer Suchfeldgröße) oder niedriger (kleiner Suchfeldgröße) perzeptueller Verarbeitungskapazität berichtet?

Die durchgeführte zwei-faktorielle ANOVA ergab weder signifikante Haupteffekte des Targets ($F[1, 23] = 0,94$; $p = 0,34$; $\eta^2_p = 0,03$) noch der Suchfeldgröße ($F[1, 23] = 1,51$; $p = 0,23$; $\eta^2_p = 0,06$). Dennoch, rein numerisch betrachtet, wenn auch nicht signifikant, stützen die Daten der vorliegenden Untersuchung den von Forster & Lavie (2009) postulierten Suchfeldgrößen-Effekt (siehe **Tabelle 1**). Denn die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens ist in der kleinen Suchfeldgröße höher als in der großen. Dies deutet darauf hin, dass geringe perzeptuelle Verarbeitungskapazität eher das Tor für gedankliches Abschweifen öffnet als hohe perzeptuelle Verarbeitungskapazität. Auf eine mögliche Erklärung für den trotzdem nicht signifikanten Suchfeldgrößen-Effekt wird in der Diskussion eingegangen.

<i>Suchfeldgröße</i>	<i>Target</i>	<i>Häufigkeit gedanklichen Abschweifens</i>	<i>95% - Konfidenzintervall: Untere Grenze</i>	<i>95% - Konfidenzintervall: Obere Grenze</i>
Klein	Anwesend	42,30	37,57	47,02
Groß	Anwesend	35,95	31,23	40,68
Klein	Abwesend	43,97	39,25	48,69
Groß	Abwesend	36,53	31,80	41,25

Tabelle 1. Durchschnittliche Häufigkeit gedanklichen Abschweifens [%] in Gedankenproben-Durchgängen für Target (anwesend vs. abwesend) und Suchfeldgröße (klein vs. groß).

4.1.2.3 Häufigkeit gedanklichen Abschweifens und Fehlerraten

Eine Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson ($R^2 < 0,001$) ergab absolut keinen Zusammenhang zwischen der Fehlerrate und der Häufigkeit gedanklichen Abschweifens, wenn nur Gedankenproben-Durchgänge in die Berechnung miteinbezogen werden ($t[22] = 0,002$, $p = 0,99$). Dieses Ergebnis kann jedoch als erwartet bezeichnet werden, weil durch die Mittelung gedanklichen Abschweifens bei Gedankenproben-Durchgängen auf den individuellen Durchschnitt aller Gedankenproben-Durchgänge mehr oder weniger die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens über alle Testpersonen gleichgesetzt wurde. Doch auch wenn bei Berichten gedanklichen Abschweifens (Gedankenproben-Durchgänge) die ursprünglichen, nicht zentrierten Werte, genommen werden, ergibt dies keinen signifikanten Zusammenhang ($t[22] = -0,03$; $p = 0,97$).

4.1.2.4 Gedankenproben-Berichte und Fehlerinformation

Die Analyse der Fehlerraten in Gedankenproben-Durchgängen hat bisher ergeben, dass beim Bericht gedanklichen Abschweifens signifikant mehr Fehler gemacht werden. Direkt daran anknüpfend, sollte das Verhältnis zwischen Gedankenproben-Berichten und Fehlerraten untersucht werden. Dabei ging es um die Fragestellung, ob für den Bericht gedanklichen Abschweifens die Fehlerinformation verwendet wird. Im Speziellen ging es um die bedingte Wahrscheinlichkeit, dass Testpersonen gedankliches Abschweifen (im Vergleich zu Aufgabenfokus) berichten, gegeben dass, ein Durchgang ein Fehlerdurchgang (oder ein korrekter Durchgang) ist. Um dies speziell zu untersuchen, kam die Signalentdeckungstheorie von Stanislaw und Todorov (1999) zum Einsatz. Der Fehler galt dabei als Signal und der Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen) als Antwort auf dieses Signal. Für jede Testperson wurde dabei der Signalentdeckungsparameter d' berechnet. Dieses Sensitivitätsmaß gab dabei die Differenz der z-transformierten bedingten Wahrscheinlichkeiten von „Treffern“ (Fehlerdurchgang mit dem Bericht gedanklichen Abschweifens) und der „falschen Alarme“ (korrekter Durchgang mit dem Bericht gedanklichen Abschweifens) an. Wenn d' gleich Null ist, dann bedeutet dies, dass die Testpersonen einen Fehler nicht erkannten und die Antwort auf die Aufmerksamkeitsfrage in keinem Kontext mit einem möglicherweise zuvor gemachten Fehler stand. Der Aufmerksamkeitsbericht wird dann also introspektiv gegeben.

Alle Testpersonen zeigten eine Verwendung der Fehlerinformation für den Aufmerksamkeitsbericht von größer als Null ($d' = 3,97$; $SW = 0,83$). Das durchschnittliche Sensitivitätsmaß über alle Testpersonen unterschied sich signifikant von Null ($t[23] = 23,19$; $p < 0,01$), was dafür spricht, dass Testpersonen in dieser Untersuchung die Fehlerinformation verwendet haben, um bei der Aufmerksamkeitsfrage anzugeben, ob sie

gedanklich abgeschweift sind oder nicht. Darüber hinaus zeigte die Analyse der bedingten Wahrscheinlichkeiten, dass nicht alle Fehlerdurchgänge als „gedankliches Abschweifen“ und nicht alle korrekten Durchgänge als „Aufgabenfokus“ angegeben wurden.

Zusammenfassend, ergab die Analyse gedanklichen Abschweifens in Gedankenproben-Durchgängen: Gedankenproben-Durchgänge wurden nicht nur signifikant langsamer, sondern auch mit höheren Fehlerraten bearbeitet und es wurde währenddessen auch mehr gedankliches Abschweifen als Aufgabenfokus berichtet. Der Suchfeldgrößen-Effekt zeigte sich zwar nicht signifikant, jedoch geht dieser Effekt numerisch in die von Forster & Lavie (2009) postulierte Richtung: mehr Berichte gedanklichen Abschweifens in der kleinen (niedrige perzeptuelle Verarbeitungskapazität) verglichen mit der großen Suchfeldgröße (hohe perzeptuelle Verarbeitungskapazität). Die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens und die Fehlerraten erscheinen, unter Einbezug von Gedankenproben-Durchgängen, in keinem Zusammenhang zu stehen. Testpersonen verwendeten die Fehlerinformation für die Beantwortung der Aufmerksamkeitsfrage.

4.1.3 Gedankliches Abschweifen inklusive der Durchgänge ohne Gedankenproben

Für die Analyse gedanklichen Abschweifens inklusive der Durchgänge ohne Gedankenproben verwendeten wir im Unterschied zur Analyse von Gedankenproben-Durchgängen auch jene Durchgänge, die nicht mit einer Gedankenprobe (no probe trials) abgeschlossen haben. Dies ergab einen drei-stufigen Faktor des Aufmerksamkeitsgrades. Wir teilten diese Durchgänge in die Faktoren *Suchfeldgröße* (klein vs. groß), *Target* (anwesend vs. abwesend) und *Aufmerksamkeitsgrad* (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen vs. keine Gedankenprobe) auf.

4.1.3.1 Reaktionszeiten und Fehlerraten

Eine drei-faktorielle ANOVA bezüglich Reaktionszeiten zeigte signifikante Haupteffekte des Targets ($F[1, 23] = 10,00$; $p < 0,01$; $\eta^2_p = 0,30$) sowie des Aufmerksamkeitsgrades ($F[2, 46] = 8,06$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,25$). Die Analyse der Fehlerraten mittels drei-faktorieller ANOVA zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Aufmerksamkeitsgrades ($F[2, 46] = 8,48$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,27$).

Wie bereits in Gedankenproben-Durchgängen, zeigte sich die durchschnittliche Reaktionszeit [ms] in Target-Abwesenheit-Durchgängen (MW = 631,5; SW = 130,9) signifikant langsamer ($t[23] = -2,94$; $p < 0,01$) als in Target-Anwesenheit-Durchgängen (MW = 603,5; SW = 104,2). Es ergaben sich weiters signifikante Unterschiede der Reaktionszeiten zwischen Aufgabenfokus (MW = 596,2; SW = 103,9) und gedanklichem Abschweifen (MW = 622,9; SW = 130,1) ($t[23] = -3,11$; $p < 0,01$) sowie zwischen Aufgabenfokus und keiner Gedankenprobe (MW = 633,3; SW = 119,4)

($t[23] = -4,03$; $p < 0,001$). Allerdings konnte kein signifikanter Unterschied der Reaktionszeiten zwischen gedanklichem Abschweifen und keiner Gedankenprobe festgestellt werden ($t[23] = -0,97$; $p = 0,34$).

Es ergaben sich, in Analogie zu den Reaktionszeiten bei der Analyse gedanklichen Abschweifens in Durchgängen inklusive keiner Gedankenproben, signifikante Unterschiede der Fehlerraten [%] zwischen Aufgabenfokus (MW = 1,99; SW = 4,89) und gedanklichem Abschweifen (MW = 6,16; SW = 9,00) ($t[23] = -3,13$; $p < 0,01$) sowie zwischen Aufgabenfokus und keiner Gedankenprobe (MW = 3,64; SW = 3,47) ($t[23] = -2,77$; $p = 0,01$). Allerdings konnte kein signifikanter Unterschied der Fehlerraten zwischen gedanklichem Abschweifen und keiner Gedankenprobe festgestellt werden ($t[23] = 2,51$; $p = 0,01$) - siehe **Abbildung 10**.

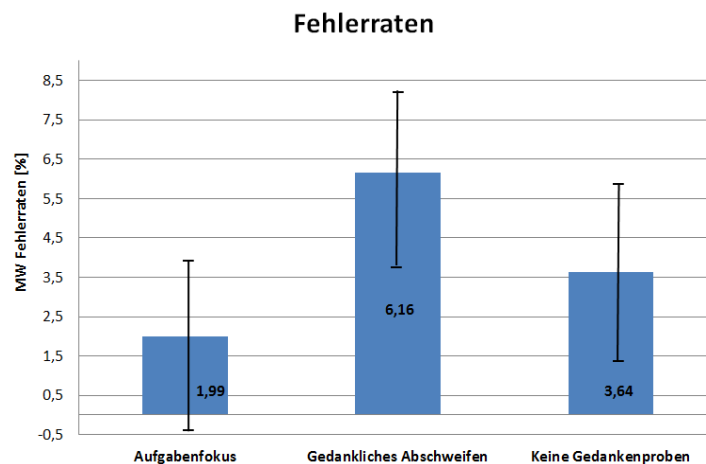


Abbildung 10. Durchschnittliche Fehlerraten [%] und Konfidenzintervalle in Durchgängen inklusive keiner Gedankenproben nach Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen vs. keine Gedankenprobe).

Gedankliches Abschweifen und Durchgänge mit keiner Gedankenprobe gehen also im Vergleich zu Aufgabenfokus mit höheren Fehlerraten einher. Jedoch unterscheiden sich Durchgänge, in denen gedankliches Abschweifen angegeben wurde, nicht signifikant von Durchgängen ohne Gedankenproben bezüglich ihrer Fehlerraten.

Zusammenfassend, ergab die Analyse gedanklichen Abschweifens in Durchgängen inklusive keiner Gedankenproben: Auch Durchgänge ohne Gedankenproben wurden bei Target-Abwesenheit signifikant langsamer bearbeitet. Eine signifikant erhöhte Fehlerrate zeigte sich vor allem in Bezug auf gedankliches Abschweifen und keine Gedankenprobe im Vergleich zu Aufgabenfokus. In Durchgängen inklusive keiner Gedankenproben, reagierten die Testpersonen signifikant langsamer und mit höherer Fehlerrate als bei Aufgabenfokus. Testpersonen reagierten jedoch nicht signifikant langsamer oder fehlerbehafteter beim Einsatz keiner Gedankenprobe im Vergleich zu gedanklichem Abschweifen (siehe **Abbildung 11**).

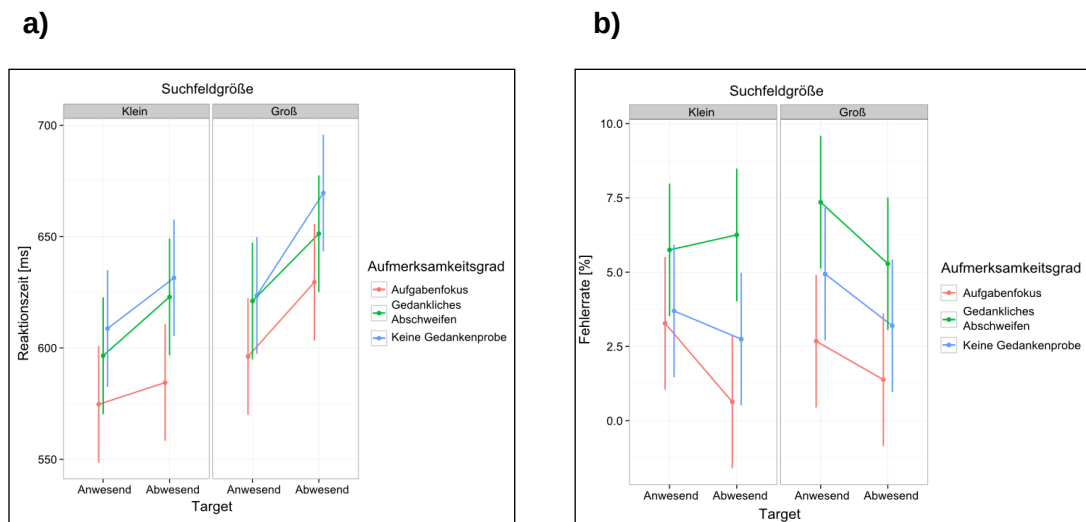


Abbildung 11. Durchschnittliche a) Reaktionszeiten [ms] und b) Fehlerraten [%] inklusive der Durchgänge ohne Gedankenproben für Target (anwesend vs. abwesend), Suchfeldgröße (klein vs. groß) und Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen vs. keine Gedankenprobe).

4.2 Eye-Tracking Daten: Mikrosakkaden

Die Mikrosakkaden-Daten wurden mittels eines von Engbert & Kliegl (2003) entwickelten Algorithmus aus der Rohdatenstichprobe entnommen. Wir verwendeten die Implementierung dieses Algorithmus als Teil der edfImport Toolbox (siehe edfImport library, Version 1.0.2, Alexander Pastukhov, Universität Magdeburg, siehe: <http://kobi.nat.uni-magdeburg.de/edfImport>), einer Toolbox für Matlab (The Mathworks Inc., Version R2010b). Dadurch konnten die Eye-Tracker-Daten in Matlab implementiert werden. Die Schwellenwerte für die Extrahierung der Mikrosakkaden waren folgende Standardwerte der edfImport Toolbox:

1. Zeitspanne, die für die Geschwindigkeitsberechnung eines Datenpunktes herangezogen wird: 20ms
2. Geschwindigkeitsschwellenwert: 6
3. Minimale Mikrosakkadendauer: 12 ms
4. Minimal zugelassene Zeit zweier Mikrosakkaden, ohne dass sie zusammenlaufen: 12 ms

Wir berechneten die Mikrosakkadenraten pro Sekunde für jeden Durchgang, der nicht von der Analyse exkludiert wurde. Dafür wurden die Mikrosakkaden in einem Zeitfenster von 100ms gezählt. Eine Mikrosakkade galt in diesem Zeitfenster als vorhanden, wenn Start-, und / oder Endzeitpunkt der Mikrosakkade innerhalb dieses Zeitfensters lagen. Das bedeutet, die Mikrosakkade konnte entweder zur Gänze oder auch nur teilweise im

Zeitfenster liegen. Ein Durchgang wurde von der Mikrosakkaden-Analyse ausgeschlossen, wenn zumindest eines der folgenden Kriterien zutraf:

1. Der Durchgang war ein Fehlerdurchgang.
2. Die Reaktionszeiten waren langsamer als 200ms oder mehr als zweieinhalb Standardabweichungen vom Durchschnitt der Reaktionszeiten aller Testpersonen entfernt. Dieser Filter ist genau analog zur Analyse der behavioralen Daten.
3. Schlechte Daten, die zum Beispiel durch Fixationen außerhalb des Bildschirms oder mehr als zwei Drittel fehlender Daten angezeigt sind.
4. Blinzeln oder Sakkaden (sowohl Anfangs- als auch Endzeitpunkt) zwischen Einsatz des Suchdisplays und manueller Antwort

Für die übrigen Durchgänge wurden Mikrosakkadenraten im Durchschnitt über Durchgänge in jeder Testperson x Bedingung Kombination berechnet. Für die Mikrosakkaden-Analyse in der visuellen Suche, wurden alle Durchgänge, unabhängig von Gedankenproben, verwendet. Für die Darstellung der „Mikrosakkadenrate (n/sec)“ auf der y-Achse kam ein Gauß-Filter (low-pass Sigma: 3) zur Anwendung. Dieser Filter wurde nur für die Darstellung der Graphen verwendet, nicht aber für die statistische Berechnung. Die Ergebnisse wurden mit dem Mittelwert der Differenzen der Mikrosakkaden-Verteilungen (M) und den daraus resultierenden Standardabweichungen (SW) und Konfidenzintervallen (CI) angegeben. Effektgrößen, zur Berechnung der praktischen Relevanz signifikanter Mittelwertsunterschiede, wurden über Cohen´s d angegeben.

4.2.1 Visuelle Suche

Für die Analyse der visuellen Suche verwendeten wir alle Durchgänge, unabhängig von Gedankenproben, und teilten sie in die Faktoren *Suchfeldgröße* (klein vs. groß) und *Target* (anwesend vs. abwesend) auf. Insgesamt, kam es zu einem Ausschluss von 37% von Durchgängen durch die aufgestellten Kriterien. Es sollte die Fragestellung beantwortet werden, ob Mikrosakkaden verdeckte Aufmerksamkeit aufdecken können.

Die durchgeführte zwei-faktorielle ANOVA zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Targets ($F[1, 23] = 8,55$; $p < 0,01$; $d = 1,21$) in einem Zeitfenster von 230 bis 330 ms nach Reizdarbietung (siehe **Abbildung 12**).

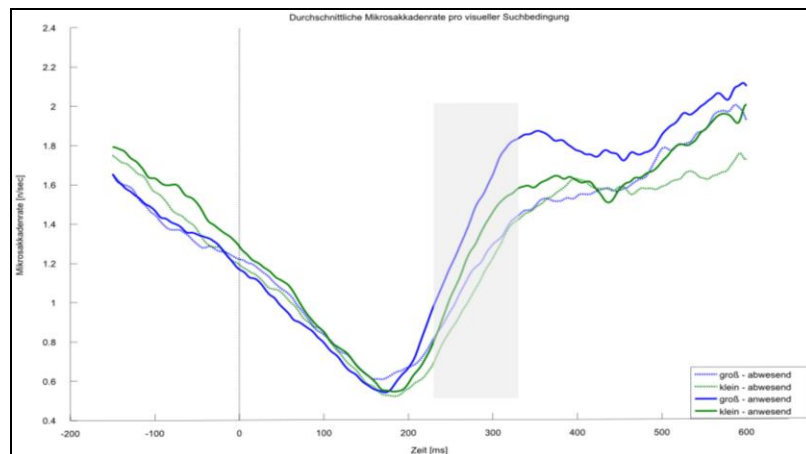


Abbildung 12. Durchschnittliche Mikrosakkadenraten [n/sec] pro visueller Suchbedingung und für die Analyse visueller Suche. Der grau hinterlegte Bereich zeigt den signifikanten Haupteffekt des Targets an.

In Target-Anwesenheit-Durchgängen war die durchschnittliche Mikrosakkadenrate [n/sec] in einem Zeitfenster von 230 bis 330 ms nach Reizdarbietung höher ($MW = 1,36$) verglichen mit Target-Abwesenheit-Durchgängen ($MW = 1,11$), unabhängig von kleiner bzw. großer Suchfeldgröße. Der Mittelwert der Differenzen der beiden Mikrosakkadenverteilungen ($M = -0,24$; $SW = 0,41$; $CI = [-0,42; -0,07]$) unterschied sich dabei signifikant von Null ($t[23] = -2,92$; $p = 0,007$), was dafür spricht, dass das Target verdeckte Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat und sich dies in einer signifikanten Erhöhung der durchschnittlichen Mikrosakkadenrate widerspiegelte. Die Testpersonen konnten also schneller auf das Target reagieren, weil der Lichtkegel der Aufmerksamkeit verdeckt auf das Target verlagert wurde und dies zeigte sich wiederum, verglichen mit den behavioralen Daten, in einer erhöhten Reaktionsbereitschaft in Target-Anwesenheits-Durchgängen.

4.2.2 Gedankliches Abschweifen

Für eine Anpassung der Mikrosakkaden in der visuellen Suche, wegen gedanklichen Abschweifens, verwendeten wir nur Gedankenproben-Durchgänge und fügten zusätzlich den Faktor Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen) hinzu. Wir teilten diese Durchgänge in die Faktoren *Suchfeldgröße* (klein vs. groß), *Target* (anwesend vs. abwesend) und *Aufmerksamkeitsgrad* (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen) auf. Insgesamt kam es zu einem Ausschluss von 45,6% von Durchgängen durch die erwähnten Kriterien.

Es sollte beantwortet werden, ob der Bericht gedanklichen Abschweifens mit der Verteilung der durchschnittlichen Mikrosakkadenrate in Zusammenhang steht.

Die durchgeführte drei-faktorielle ANOVA ergab in einem Zeitfenster von 278 bis 295 ms nach Reizdarbietung einen signifikanten Haupteffekt (A) des Aufmerksamkeitsgrades

($F[1, 23] = 4,63$; $p = 0,042$; $d = 0,33$). In einem Zeitfenster von 320 bis 380 ms nach Reizdarbietung ergab sich weiters ein signifikanter Interaktionseffekt (B) zwischen Suchfeldgröße und Target ($F[1, 1] = 7,49$; $p = 0,01$; $d = -1,12$) (siehe **Abbildung 13**).

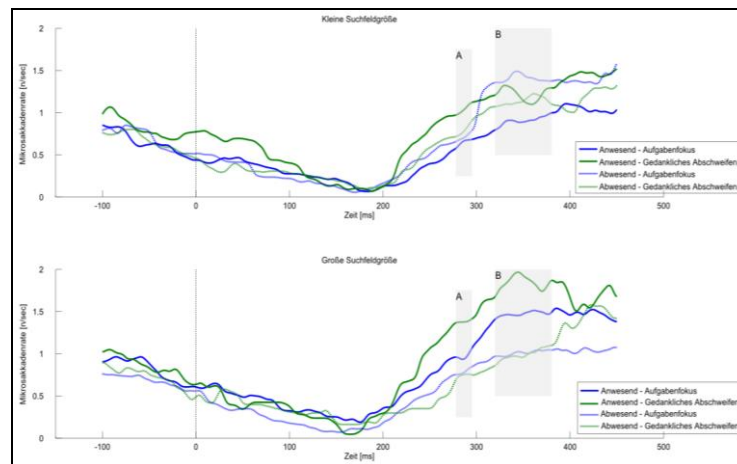


Abbildung 13. Durchschnittliche Mikrosakkadenraten [n/sec] pro visueller Suchbedingung und für die Analyse gedanklichen Abschweifens. Grau hinterlegte Bereiche zeigen Intervalle eines signifikanten Haupteffekts (A) des Aufmerksamkeitsgrades (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen) und eines signifikanten Interaktionseffektes (B) zwischen Suchfeldgröße (klein vs. groß) und Target (anwesend vs. abwesend) an.

In Durchgängen mit dem Bericht gedanklichen Abschweifens, war die durchschnittliche Mikrosakkadenrate [n/sec] in einem kurzen Zeitfenster von 278 bis 295 ms nach Reizdarbietung höher ($MW = 0,99$) verglichen mit dem Bericht Aufgabenfokus ($MW = 0,77$). Der Mittelwert der Differenzen der beiden Mikrosakkaden-Verteilungen ($M = 0,21$; $SW = 0,48$; $CI = [0,008; 0,41]$) unterschied sich dabei signifikant von Null ($t[23] = 2,15$; $p = 0,042$). Dieses Ergebnis ist als wenig aufschlussreich zu bezeichnen, da sich die signifikante Erhöhung der Mikrosakkadenrate beim Bericht gedanklichen Abschweifens in nur einem sehr kurzen Zeitfenster zeigt.

Um alle Levels an möglichen Interaktionen zwischen Suchfeldgröße und Target (B) zu vergleichen, wurden abhängige (paarweise) T-Tests durchgeführt. Signifikant (jedoch ohne Bonferri-Korrektur) zeigte sich allerdings nur die Interaktion große Suchfeldgröße und Target-Anwesenheit – bzw. Abwesenheit. In Target-Anwesenheit-Durchgängen war die durchschnittliche Mikrosakkadenrate [n/sec] daher in einem Zeitfenster von 320 bis 380 ms nach Reizdarbietung bei großer Suchfeldgröße höher ($MW = 1,65$) als in Target-Abwesenheits-Durchgängen ($MW = 1,001$).

Der Mittelwert der Differenzen der beiden Mikrosakkaden-Verteilungen unterschied sich dabei, nur Bonferri – unkorrigiert, signifikant von Null ($t[23] = -2,69$; $p = 0,01$).

Zusammenfassend, ergab die Mikrosakkaden-Analyse sehr aussagekräftige Ergebnisse für die visuelle Suche, weil die erhobenen Daten die behavioralen Informationen stützen.

Hingegen die Analyse gedanklichen Abschweifens zeigte sich als wenig aufschlussreich, da der Bericht gedanklichen Abschweifens in nur einem kurzen Zeitfenster mit einer signifikanten Erhöhung der Mikrosakkaden-Verteilung einhergeht und sich die Interaktion von Suchfeldgröße und Target nur ohne Bonferri-Korrektur signifikant erweist.

Diese Ergebnisse lassen zwar darauf schließen, dass Mikrosakkaden verdeckte Aufmerksamkeit aufdecken können und damit für die Erforschung visueller Suche bedeutsam sind, jedoch lassen sich pauschal keine Aussagen darüber treffen, welche Rolle sie bei gedanklichem Abschweifens einnehmen. Zum Zeitpunkt gedanklichen Abschweifens bleibt zu sagen, dass dieser wenn auch sehr kurz, in einem Zeitintervall von 278 bis 295 ms nach Reizdarbietung stattfindet.

Wie das abschließende Kapitel zeigen wird, so gibt es einige Einschränkungen für die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit sowie deren Interpretation, welche einer kritischen Diskussion bedürfen.

5 DISKUSSION

Die vorliegende Diplomarbeit intendierte subjektive Berichte gedanklichen Abschweifens, mit Reaktionszeiten und Fehlerraten sowie den Ergebnissen einer Mikrosakkadenanalyse abzugleichen, um validere Ergebnisse über Zeitpunkt und Häufigkeit gedanklichen Abschweifens zu erhalten. Es sollte ein Bogen zwischen den Ergebnissen visueller Suche und gedanklichen Abschweifens gespannt werden. Damit war die Frage impliziert, ob nicht etwa gedankliches Abschweifen auch als wesentlicher Faktor für die visuelle Suche gelten könne, weil die Aufmerksamkeit nicht immer auf das visuelle Suchfeld gerichtet ist.

Bezogen auf die visuelle Suche deckten sich behaviorale Daten und Eye-Tracking Daten in ihrer Ergebnis-Richtung. So etwa wurden Target-Anwesenheit-Durchgänge signifikant schneller bearbeitet und dies spiegelte sich auch in der Mikrosakkadenrate wider. Es ist daher in Anlehnung an Posner (1980) wahrscheinlich, dass der Lichtkegel der Aufmerksamkeit verdeckt auf das Target verlagert wurde und dadurch das Target schneller entdeckt werden konnte, selbst wenn die Augen nicht dorthin bewegt werden durften. Die kognitive Verarbeitungskapazität, die für diesen Prozess erforderlich war, spiegelte sich in der erwartungsgemäß signifikant erhöhten Mikrosakkadenrate wider. Passend zu diesem Ergebnis kam es daher zu einer erwartungsgemäß signifikanten Verlangsamung der Reaktionsbereitschaft in Target-Abwesenheit-Durchgängen, insbesondere bei höherer Anforderung der Displaygröße (große Suchfeldgröße). Je mehr Items und damit Distraktoren sich in einem Suchfeld befanden, umso mehr Zeit nahm die visuelle Suche in Anspruch. Eine Erklärung dafür kann darin liegen, dass sich das Target und einige Distraktoren durch die Aufgabenstellung der Merkmals-Konjunktions-Suche nur wenig voneinander unterschieden und damit die visuelle Suche erschwert war. Auch wenn ein Aktivierungsschwellenwert als Cut Off – Kriterium eingesetzt wird, um nicht erst das gesamte Suchdisplay nach dem Target absuchen zu müssen, kam es dennoch in Target-Anwesenheits-Durchgängen zu einer signifikant erhöhten Fehlerrate. Dies deutet darauf hin, dass auch wenn Testpersonen im Durchschnitt Target-Anwesenheit-Durchgänge schneller bearbeiteten, verabsäumten sie signifikant häufiger das Target, weil es niedriger aktiviert war, als der Aktivierungsschwellenwert angesetzt wurde. Die visuelle Suche wurde dann vorzeitig abgebrochen, bevor noch das Target entdeckt werden konnte. Insbesondere zeigte sich die Erhöhung der Fehlerraten bei großer Suchfeldgröße. Dies wirft die Frage auf, warum es gerade bei einer höheren Distraktorenanzahl zu einer ineffizienten visuellen Suche kommt. Ist es nicht etwa denkbar, dass gedankliches Abschweifen zu langsameren Reaktionszeiten und höheren

Fehlerraten geführt haben könnte? Oder verhält es sich umgekehrt so, dass Testpersonen auffällt, dass sie für die visuelle Suchaufgabe mehr Zeit brauchen und Fehler gemacht haben und erst daraus der Bericht gedanklichen Abschweifens resultiert?

Unterstützung für die These, dass gedankliches Abschweifen zu langsameren Reaktionszeiten und höheren Fehlerraten führt, liefern Forster und Lavie (2009), welche von abschweifenden Gedanken als potentieller Quelle der Ablenkung und damit einhergehender, beeinträchtigter Aufgabenperformanz sprechen. Bezogen auf die perzeptuelle Verarbeitungskapazität müsste allerdings in kleinen Suchfeldgrößen eher das Tor für gedankliches Abschweifen geöffnet werden. Bezogen auf die kognitive Verarbeitungskapazität müsste dann bei großer Suchfeldgröße mehr gedankliches Abschweifen berichtet werden (als bei kleiner Suchfeldgröße).

In der Tat zeigte die Analyse gedanklichen Abschweifens (behaviorale Daten) in Übereinstimmung mit den Ergebnissen visueller Suche signifikant langsamere Reaktionszeiten bei Target-Abwesenheit sowie signifikant höhere Fehlerraten bei Target-Anwesenheit beim Bericht gedanklichen Abschweifens (verglichen mit Aufgabenfokus). Die Richtung der Ergebnisse visueller Suche und gedanklichen Abschweifens decken sich somit. Die Tatsache, dass signifikant häufiger das Target verabsäumt wurde, kann dafür stehen, dass gedankliches Abschweifen bei visueller Suche durchaus eine Rolle spielen kann. Allerdings ist der Sachverhalt nicht ganz so einfach, wie es auf den ersten Blick erscheint. Um den möglichen Zusammenhang zwischen abschweifenden Gedanken und höheren Fehlerraten näher zu beleuchten, war es daher notwendig zu überprüfen, ob für den Bericht gedanklichen Abschweifens die Fehlerinformation verwendet wird. Es zeigte sich, dass Testpersonen für den Bericht gedanklichen Abschweifens die Tatsache einbeziehen, ob sie gerade zuvor einen Fehler gemacht haben oder nicht. Mit dem vorliegenden Versuchsdesign konnte jedoch nicht beantwortet werden, ob es abschweifende Gedanken sind, die zu Fehlern und diese wiederum zum Bericht gedanklichen Abschweifens oder ob es die Fehler sind, die zum Bericht gedanklichen Abschweifens führen. Problematisch an der Verwendung der Fehlerinformation für den Bericht gedanklichen Abschweifens ist jedoch, dass nur gedankliches Abschweifen angegeben werden kann, wenn Bewusstsein bzw. Gedächtnis für gemachte Fehler besteht. Unter Berücksichtigung des „Meta-Bewusstseins“ (vgl. Schooler, 2002) sind uns eben nicht zu jedem Zeitpunkt all unsere Gedanken bewusst und folglich können möglicherweise auch nicht alle Fehler korrekt identifiziert werden, was wiederum keine korrekte Berichterstattung abschweifender Gedanken bedeutet.

Dennoch konnte erwartungsgemäß gezeigt werden, dass bei geringer, im Vergleich zu hoher, perzeptueller Verarbeitungskapazität mehr gedankliches Abschweifen berichtet wird. Die Daten der vorliegenden Untersuchung stützen damit den von Forster und Lavie (2009) postulierten Suchfeldgrößen-Effekt, wenn auch nur in ihrer Richtung und nicht signifikant. So gaben die Testpersonen bei kleiner Suchfeldgröße eine Häufigkeit gedanklichen Abschweifens von ca. 42 – 44 % an, während bei der großen Suchfeldgröße nur ca. 36 – 37 %. Der nicht signifikante Effekt der perzeptuellen Verarbeitungskapazität auf die Häufigkeit gedanklichen Abschweifens könnte weniger vor inhaltlichem, als vielmehr vor methodischem Hintergrund, zu erklären sein. Denn in der durchgeführten Untersuchung wurden die Berichte gedanklichen Abschweifens bei Gedankenproben-Durchgängen auf den individuellen Durchschnitt aller Gedankenproben-Durchgänge gemittelt und nicht wie in der Originaluntersuchung von Forster und Lavie (2009) die ursprünglichen, nicht zentrierten, Daten aus den Gedankenproben-Durchgängen für die Analyse herangezogen. Interessant jedoch bleibt, dass die Ergebnisse dieser Arbeit die Forschungsergebnisse von Forster und Lavie (2009), zumindest in ihrer Richtung, stützen. Kurz zusammengefasst: häufigere Berichte gedanklichen Abschweifens bei niedriger perzeptueller Verarbeitungskapazität, während hohe perzeptuelle Verarbeitungskapazität durch einen Mehraufwand an Aufmerksamkeitsvermögen den Bericht gedanklichen Abschweifens minimiert.

Bezugnehmend auf die kognitive Verarbeitungskapazität, operationalisiert durch Mikrosakkaden, zeigte sich die Analyse gedanklichen Abschweifens als nur wenig aussagekräftig. Es konnte zwar erwartungsgemäß eine signifikant höhere durchschnittliche Mikrosakkadenrate beim Bericht gedanklichen Abschweifens identifiziert werden, diese zeigte sich jedoch in einem nur sehr kurzen Zeitfenster von 278 bis 295 ms nach Reizdarbietung signifikant. In Anbetracht bisheriger Forschungsergebnisse bezüglich des Auftretens von gedanklichem Abschweifen von 20 bis 50 % unserer täglichen Zeit (vgl. Smallwood & Schooler, 2006; Kane et al., 2007; Killingsworth & Gilbert, 2010; Song & Wang, 2012), überrascht ein Zeitintervall von nur 17 ms, indem gedankliches Abschweifen berichtet wird. Weiters zeigte sich, dass die durchschnittliche Mikrosakkadenrate bei großer Suchfeldgröße und Target-Anwesenheit in einem Zeitfenster von 320 bis 380 ms signifikant erhöht war. Aus diesen Ergebnissen alleine können jedoch keine Rückschlüsse darauf gezogen werden, dass sich beim Bericht gedanklichen Abschweifens die Mikrosakkadenraten signifikant erhöhen bzw. aufgrund der höheren kognitiven Verarbeitungskapazität mehr gedankliches Abschweifen bei visueller Suche resultiert.

Daher ist zu hinterfragen, wodurch solche Ergebnisse zustande gekommen sein könnten:

In Anlehnung an Horowitz et al. (2007) könnte eine Erklärung sein, dass Mikrosakkaden nicht in jedem Zeitintervall auftreten und damit alleine schon weniger Durchgänge für die Analyse verfügbar waren. Hinzukommt, dass Testpersonen genau in diesem Zeitintervall gedankliches Abschweifen berichten, Mikrosakkaden produzieren und sonst auch alle Kriterien erfüllt sein müssten. Daher erklärt sich, warum 45,6 % an Durchgängen aus den Daten ausgeschlossen werden mussten und folglich für die Analyse der Mikrosakkaden-Daten bezogen auf gedankliches Abschweifen zu wenig Informationsmaterial erhalten blieb.

Die Ergebnisse der visuellen Suche können jedoch als sehr aussagekräftig bezeichnet werden. In Übereinstimmung mit der Prämotor-Theorie der Aufmerksamkeit von Rizzolatti et al. (1987) sowie den Forschungsergebnissen von Engbert und Kliegl (2003) entstanden die zeitlichen Mikrosakkadenraten als Reaktion auf verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen mit einer charakteristischen Mikrosakkaden-Inhibition kurz nach Target-Darbietung, gefolgt von einem signifikanten Anstieg. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen die Programmierung von Blickbewegungen steuern, wie dies von Rizzolatti et al. (1987) postuliert wird. Durch die subliminale Aktivierung des augenmotorischen Systems, ausgelöst durch verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen, erscheint es durchaus möglich, davon zu sprechen, dass Mikrosakkaden verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen aufdecken können. Allerdings bleibt einschränkend zu formulieren, dass das vorliegende Versuchsdesign keine Auskunft über den Zusammenhang zwischen der Richtung der Mikrosakkaden sowie der Richtung verdeckter Aufmerksamkeitsverlagerungen erlaubt.

Conclusio: Resümierend, kann für die vorliegende Untersuchung bezüglich eines Abgleichs subjektiver Berichte, behavioraler Daten visueller Suche und Mikrosakkaden festgehalten werden: Die Einbeziehung von Mikrosakkaden in dieser Untersuchung scheint vor allem für die visuelle Suche bedeutsam, zur Analyse gedanklichen Abschweifens jedoch als wenig aussagekräftig. Mikrosakkaden sind aber ein wichtiges Kriterium, um validere Ergebnisse über den Zeitpunkt gedanklichen Abschweifens zu erhalten. Dennoch zeigte sich in den behavioralen Daten eine Übereinstimmung der Analyse gedanklichen Abschweifens und visueller Suche. Damit kann das psychologische Phänomen des gedanklichen Abschweifens in der wissenschaftlichen Erforschung visueller Suche nicht vernachlässigt werden, eben weil Menschen sogar bei den einfachsten Tätigkeiten mit visueller Suche beschäftigt sind und hier Episoden gedanklichen Abschweifens öfter auftreten können, als Menschen es bewusst wollen.

Dennoch ist dieses Forschungsgebiet noch nicht zur Gänze erforscht und lässt Spielraum für weitere Forschungsbeiträge.

Ausblick: Aufbauend auf der durchgeführten Untersuchung ergeben sich zum Beispiel folgende Fragestellungen:

1. Ist es gedankliches Abschweifen, das zu Fehlern und dieses wiederum zu Bericht gedanklichen Abschweifens oder sind es die Fehler, die zum Bericht gedanklichen Abschweifens führen? Wenn es tatsächlich die Fehler sind, die zum Bericht gedanklichen Abschweifens führen, dann ist damit die Problematik verbunden, aufgrund eines fehlerhaften „Meta-Bewusstseins“ nicht alle Gedanken bzw. Fehler zu bemerken und damit gedankliches Abschweifen auch nicht adäquat berichten zu können.
2. Erbringt eine höhere Anzahl an Durchgängen eine Verbesserung der Mikrosakkaden-Ergebnisse bezüglich gedanklichen Abschweifens? In zukünftiger Forschung ist daher zu untersuchen, ob durch eine Erhöhung der Zahl an Durchgängen eine signifikant erhöhte Mikrosakkadenrate bei gedanklichem Abschweifen (in einer großen Suchfeldgröße) resultiert. In der vorliegenden Untersuchung wurden ca. 45,6 % an Datenmaterial durch die aufgestellten Kriterien ausgeschlossen, also würde dies eine Erhöhung der Durchgänge um ca. das Doppelte bedeuten. Allerdings sind damit höhere Belastungen für die Testpersonen verbunden, wenn man bedenkt, dass die Testpersonen bereits in dieser Untersuchung 1248 Durchgänge bearbeiteten.

LITERATURVERZEICHNIS

- Allport, A. (1987). Selection for action: Some behavioral and neurophysiological considerations of attention and action. In H., Heuer, & H. F., Sander (Eds.), *Perspectives on perception and action* (pp. 395 – 419). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baron, E., Riby, L. M., Greer, J., & Smallwood, J. (2011). Absorbed in thought: The effect of mind wandering on the processing of relevant and irrelevant events. *Psychological Science*, 22 (5), 596-601. doi:10.1177/09567611404083
- Braboszcz, C. & Delorme, A. (2011). Lost in thoughts: Neural markers of low alertness during mind wandering. *Neuroimage*, 54(4), 3040-3047. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.10.008
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433–436. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9176952>
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Oxford University Press.
- Cave, K. R., & Wolfe, J. M. (1990). Modeling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, 22, 225–271. doi:10.1016/0010-0285(90)90017-x
- Christoff, K., Gordon, A. M., Smallwood, J., Smith, R., & Schooler, J. W. (2009). Experience sampling during fMRI reveals default network and executive system contributions to mind wandering. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(21), 8719-8724. doi:10.1073/pnas.0900234106
- Chun, M. M. & Wolfe, J. M. (1996). Just say no: How are visual searches terminated when there is no target present? *Cognitive Psychology*, 30, 39-78. doi:10.1006/cogp.1996.0002
- Corbetta, M., Akbudak, E., Conturo, T. E., Snyder, A. Z., Ollinger, J. M., Drury, H. A., Linenweber, M. R., Peterson, S. E., Raichle, M. E., Van Essen D. C., & Shulman, G. L. (1998). A common network of functional areas for attention and eye movements. *Neuron*, 21, 761-773. doi:10.1016/S0896-6273(00)80593-0
- Cornelissen, F. W., Peters, E. M., & Palmer, J. (2002). The Eyelink Toolbox: eye tracking with MATLAB and the Psychophysics Toolbox. *Behavior reasearch methods, instruments, & computers*, 34(4), 613–617. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12564564>
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433-458. doi:10.1037//0033-295X.96.3.433

- Egeth, H. E., & Yantis, S. (1997). Visual attention: Control, representation, and time course. *Annual Review of Psychology*, 48, 269-297. doi:10.1146/annurev.psych.48.1.269
- Engbert, R. & Kliegl, R. (2003). Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43, 1035-1045. doi:10.1016/S0042-6989(03)00084-1
- Ericsson, K.A. & Simon, H.A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. Cambridge, MA: Bradford Books / MIT Press.
- Ericsson, K.A. (2003). Valid and non-reactive verbalization of thoughts during performance of tasks. Towards a solution to the central problems of introspection as a source of scientific data. *Journal of Consciousness Studies*, 10(9-10), 1-18.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS. Third Edition*. London: SAGE Publications Ltd.
- Folk, C. L., Remington, R. W., & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology – Human Perception and Performance*, 18(4), 1030-1044. doi:10.1037/0096.18.4.1030
- Forster, S., & Lavie, N. (2009). Harnessing the wandering mind: the role of perceptual load. *Cognition*, 111(3), 345–55. doi:10.1016/j.cognition.2009.02.006
- Fox, M. D., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Corbetta, M., Van Essen, D. C., & Raichle, M. E. (2005). The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 102(27), 9673-9678. doi:10.1073/pnas.0504136102
- Gagl, B., Hawelka, S., & Hutzler, F. (2011). Systematic influence of gaze position on pupil measurement: analysis and correction. *Behavioural Research Methods*, 43, 1171-1181. doi:10.3758/s13428-011-0109-5
- Giambra, L. M. (1995). A laboratory based method for investigating influences on switching attention to task unrelated imagery and thought. *Consciousness and Cognition*, 4, 1-21. doi:10.1006/ccog.1995.1001
- Greicius, M. D., Krasnow, B., Reiss, A. L., & Menon, V. (2003). Functional connectivity in the resting brain: A network analysis of the default mode hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 100, 253-258. doi:10.1073/pnas.0135058100
- Hafed, Z. M., & Clark, J. J. (2002). Microsaccades as an overt measure of covert attention shifts. *Vision Research*, 42, 2533-2545. doi:10.1016/S0042-6989(02)00263-8

- Huber-Huber, C., & Ansorge, U. (2013). Mind Wandering in Visual Search. Poster presented at the 55 TeaP (Tagung experimentell arbeitender Psychologen - Conference of Experimental Psychologists) 2013, Vienna, Austria, 24.-27.03.2013.
- Horowitz, T. S., Fine, E. M., Fencsik, D. E., Yurgenson, S., & Wolfe, J. M. (2007). Fixational eye movements are not an index of covert attention. *Psychological Science*, 18(4), 356-363. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01903.x
- Ilg, U. & Thier, P. (2006). Zielgerichtete Augenbewegungen. In H.-O., Karnath, & P., Thier (Eds.). *Neuropsychologie* (pp. 296-307). Berlin Heidelberg: Springer Verlag. doi:10.1007/3-540-28448-2
- Joos, M., Rötting, M., & Velichovsky, B. M. (2003). Bewegungen des menschlichen Auges: Fakten, Methoden und innovative Anwendungen. In G., Rickheit, T., Hermann, & W., Deutsch (Hrsg.). *Psycholinguistik/ Psycholinguistics. Ein internationales Handbuch/ An International Handbook* (pp. 142-168). Berlin/NY: De Gruyter.
- Kane, M. J.; Brown, L. H.; McVay, J. C.; Silvia, P. J.; Myin-Germeys, I., & Kwapil, T. R. (2007). For whom the mind wanders and when: An experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychological Science*, 18(7), 614-621. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01948.x
- Killingsworth, M. A., & Gilbert, D. T. (2010). A wandering mind is an unhappy mind. *Science*, 330, 932. doi:10.1126/science.1192439
- Kustov, A. A., & Robinson, D. L. (1996). Shared neural control of attentional shifts and eye movements. *Nature*, 384, 74-77. doi:10.1038/384074a0
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468. doi:10.1037/0096-1523.21.3.451
- Laubrock, J., Engbert, R., & Kliegl, R. (2005). Microsaccade dynamics during covert attention. *Vision Research*, 45, 721-730. doi:10.1016/j.visres.2004.09.029
- Laufs, H., Holt, J. L., Elfont, R., Krams, M., Paul J. S., Krakow, K., & Kleinschmidt, A. (2006). *Neuroimage*, 31, 1408-1418. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.02.002
- Lee, C., Rohrer, W.H., & Sparks, D.L. (1988). Population coding of saccadic eye movements by the superior colliculus. *Nature*, 332(6162), 357-359. Retrieved from http://www.dbspark.com/research/html/Lee_etav2.pdf.

- Levinson, D. B., Smallwood, J., & Davidson, R. J. (2012). The persistence of thought: Evidence for a role of working memory in the maintenance of task-unrelated thinking. *Psychological Science*, 23(4), 375-380. doi:10.1177/0956797611431465
- Loftus, G. R., & Mason, M. E. J. (1994). Using confidence intervals in between-subject designs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 476-490. doi: 10.3758/BF03210951
- Martinez-Conde, S., Macknik, S. L., & Hubel, D. H. (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 229-240. doi:10.1038/nrn1348
- Martinez-Conde, S., Macknik, S.L., Troncoso, X.G., & Hubel, D.H. (2009). Microsaccades: a neurophysiological analysis. *Trends in Neuroscience*, 32(9), 463-470. doi:10.1016/j.tins.2009.05.006
- McVay, J. C., & Kane, M.J. (2009). Conducting the train of thought: Working memory capacity, goal neglect, and mind wandering in an executive-control task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 35(1), 196-204. doi:10.1037/a0014104
- McVay, J. C., & Kane, M. J. (2012). Drifting from slow to "D'oh!": working memory capacity and mind wandering predict extreme reaction times and executive control errors. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 38(3), 525-549. doi:10.1037/a0025896
- Müller, H., & Krummenacher, J. (2012). Funktionen und Modelle der selektiven Aufmerksamkeit. In H.-O., Karnath, & P., Thier (Eds.), *Kognitive Neurowissenschaften* (pp. 307-330). Berlin Heidelberg: Springer Verlag. doi:10.1007/978-3-642-25527-4
- Munoz, D. P., & Fecteau, J. H. (2002). Vying for dominance: Dynamic interactions control visual fixation and saccadic initiation in the superior colliculus. *Progress in Brain Research*, 140, 3-19. doi:10.1016/S0079-6123(02)40039-8
- Nobre, A. C., Gitelman, D. R., Dias, E. C., & Mesulam, M. M. (2000). Covert visual spatial orienting and saccades: overlapping neural systems. *Neuroimage*, 11, 210-216. doi:10.1006/nimg.2000.0539
- Pastukhov, A. & Braun, J. (2010). Rare but precious: Microsaccades are highly informative about attentional allocation. *Visual Research*, 50, 1173-1184. doi:10.1016/j.visres.2010.04.007

- Porter, G., Tales, A., Troscianko, T., Wilcock, G., Haworth, J., & Leonards, U. (2010). New insights into feature and conjunction search: I. Evidence from pupil size, eye movements and ageing. *Cortex*, 46(5), 621-636. doi:10.1016/j.cortex.2009.04.013
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H., Pick, & I. J., Saltzman (Eds.), *Modes of Perceiving and Processing Information*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology*, 109(2), 160-174. doi:10.1093/cercor/11.7.592
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 32, 3-25. doi:10.1080/00335558008248231
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., & Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25(1), 31-40. doi:10.1016/0028-3932(87)90041-8
- Rolfs, M., Kliegl, R., & Engbert, R. (2008). Toward a model of microsaccade generation: The case of microsaccadic inhibition. *Journal of Vision*, 8(11), 1-23. doi:10.1167/8.11.5
- Schooler, J. W. (2002). Re-representing consciousness: dissociations between experience and meta-consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(8), 339-344. doi:10.1016/S1364-6613(02)01949-6
- Schooler, J. W. & Schreiber, C. A. (2004). Experience, meta-consciousness and the paradox of introspection. *Journal of Consciousness Studies*, 11(7-8), 17-39.
- Schooler, J. W., Reichle, E. D., & Halpern, D. V. (2005). Zoning-out during reading: Evidence for dissociations between experience and meta-consciousness. In D. T., Levin (Ed.), *Thinking and seeing: Visual metacognition in adults and children* (pp.204-226). Cambridge, MA: MIT Press.
- Schooler, J. W., Smallwood, J., Christoff, K., Handy, T. C., Reichle, E. D. & Sayette, M. A. (2011). Meta-awareness, perceptual decoupling and the wandering mind. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(7), 319-324. doi:10.1016/j.tics.2011.05.006
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2006). The restless mind. *Psychological Bulletin*, 132(6), 946-958. doi:10.1037/0033-2909.132.6.946

- Smallwood, J., McSpadden, M., & Schooler, J. W. (2007). The lights are on but no one's at home: Meta-awareness and the decoupling of attention when the mind wanders. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(3), 527-533. doi:10.3758/BF03194102
- Smallwood, J., Brown, K. S., Tipper, C., Giesbrecht, B., Franklin, M. S., Mrazek, M. D., Carlson, J. M., & Schooler, J. W. (2011). Pupillometric evidence for the decoupling of attention from perceptual input during offline thought. *PloS one*, 6(3), e18298. doi:10.1371/journal.pone.0018298
- Smallwood, J., Brown, K. S., Baird, B., Mrazek, M. D., Franklin, M. S. & Schooler, J. W. (2012). Insulation for daydreams: A role for tonic norepinephrine in the facilitation of internally guided thought. *PLoS ONE*, 7(4). doi:10.1371/journal.pone.0033706
- Smilek, D., Carriere, J. S. A., & Cheyne, J. A. (2010). Out of mind, out of sight: Eye blinking as indicator and embodiment of mind wandering. *Psychological Science* 21(6), 786-789. doi:10.1177/0956797610368063
- Song, X., & Wang, X. (2012). Mind wandering in chinese daily lives – an experience sampling study. *PLoS ONE*, 7(9), e44423. doi:10.1371/journal.pone.0044423
- Stanislaw, H., & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(1), 137-149. doi:10.3758/BF03207704
- Stawarczyk, D., Cassol, H., & D'Argembeau, A. (2013). Phenomenology of future-oriented mind-wandering episodes. *Frontiers in Psychology: Perception Science*, 4, 1-12. doi:10.3389/fpsyg.2013.00425
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for colour and form. *Perception & Psychophysics*, 51(6), 599-606. doi:10.3758/BF03211656
- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136. doi:10.1016/0010-0285(80)90005-5
- Tse, P. U., Sheinberg, D. S., & Logothetis, N. K. (2004). The distribution of microsaccade directions need not reveal the location of attention. *Psychological Science*, 15(10), 708-710. Retrieved from <http://www.dartmouth.edu/~petertse/TSEmicrosaccades.pdf>
- Weissman, D. H., Roberts, K. C., & Woldorff, M. G. (2006). The neural bases of momentary lapses in attention. *Nature Neuroscience*, 9(7), 971-978. doi:10.1038/nn1727

- Williams, D. E., Reingold, E. M., Moscovitch, M., & Behrmann, M. (1997). Patterns of eye movements during parallel and serial visual search tasks. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51(2), 151-164. doi:10.1037/1196-1961.51.2.151
- Wolfe, J. M. (1994). Guided Search 2.0: A revised model of guided search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, 202-238. doi:10.3758/BF03200774
- Wolfe, J. M., O'Neill, P., & Bennett, S. C. (1998). Why are there eccentricity effects in visual search? Visual and attentional hypotheses. *Perception & Psychophysics*, 60(1), 140-156. doi:10.3758/BF03211924
- Yantis, S. (2000). Goal-directed and stimulus-driven determinants of attentional control. In S., Monsell, & J., Driver (Eds.), *Attention and performance, XVIII* (pp.73-104). Cambridge, MA: MIT Press.

ABBILDUNGS – UND TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1.	Darstellung eines kleinen vs. großen Suchdisplays (links vs. rechts im Bild) bei Target-Anwesenheit vs. Target-Abwesenheit (links vs. rechts im Bild)	36
Abbildung 2.	Schematischer Ablauf eines Target-Anwesenheit-Durchgangs bei kleiner Suchfeldgröße	38
Abbildung 3.	Schematischer Ablauf eines Gedankenproben-Durchgangs bei kleiner Suchfeldgröße und Target-Anwesenheit	39
Abbildung 4.	Durchschnittliche Reaktionszeiten [ms] und Konfidenzintervalle für die visuelle Suchbedingung Target-Anwesenheit vs. Target-Abwesenheit	41
Abbildung 5.	Durchschnittliche a) Reaktionszeiten [ms] und b) Fehlerraten [%] pro visueller Suchbedingung	42
Abbildung 6.	Durchschnittliche Fehlerraten [%] und Konfidenzintervalle für die visuelle Suchbedingung Target-Anwesenheit und Target-Abwesenheit	42
Abbildung 7.	Durchschnittliche Reaktionszeiten [ms] und Konfidenzintervalle in Gedankenproben-Durchgängen nach Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen)	43
Abbildung 8.	Durchschnittliche a) Reaktionszeiten [ms] und b) Fehlerraten [%] in Gedankenproben-Durchgängen für Target (anwesend vs. abwesend), Suchfeldgröße (klein vs. groß) und Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen)	44
Abbildung 9.	Durchschnittliche Fehlerraten [%] und Konfidenzintervalle in Gedankenproben-Durchgängen nach Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen)	44
Abbildung 10.	Durchschnittliche Fehlerraten [%] und Konfidenzintervalle in Durchgängen inklusive keiner Gedankenproben nach Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen vs. keine Gedankenprobe)	48
Abbildung 11.	Durchschnittliche a) Reaktionszeiten [ms] und b) Fehlerraten [%] inklusive der Durchgänge ohne Gedankenproben für Target (anwesend vs. abwesend), Suchfeldgröße (klein vs. groß) und Aufmerksamkeitsgrad (Aufgabenfokus vs. gedankliches Abschweifen vs. keine Gedankenprobe)	49
Abbildung 12.	Durchschnittliche Mikrosakkadenrate [n/sec] pro visueller Suchbedingung und für die Analyse visueller Suche	51
Abbildung 13.	Durchschnittliche Mikrosakkadenrate [n/sec] pro visueller Suchbedingung und für die Analyse gedanklichen Abschweifens	52
Tabelle 1.	Durchschnittliche Häufigkeit gedanklichen Abschweifens [%] in Gedankenproben-Durchgängen für Target (anwesend vs. abwesend) und Suchfeldgröße (klein vs. groß)	45

CURRICULUM VITAE

PERSÖNLICHES

NAME	MARTINA MORGL
GEBURTSDATUM	11.10.1981
GEBURTSORT	WIEN, ÖSTERREICH
E-MAIL	martina.morgl@hotmail.com

SCHULBILDUNG

1988 – 1992	VS GRAF STARHEMBERGGASSE, 1040 WIEN
1992 – 1993	AHS THERESIANUM, 1040 WIEN
1993 – 2001	AHS WIEDNER GÜRTEL 68, 1040 WIEN
Juni 2002	AHS – MATURA (WIRTSCHAFTSKUNDL. REALGYMN.)

AUS - UND WEITERBILDUNG

2002 – 2008	DIPLOMSTUDIUM DER PÄDAGOGIK (1. Studienabschnitt beendet)
Feber 2004	DIPLOM ZUR DIPLOMIERTEN LEGASTHENIETRAINERIN® (EÖDL)
2005 – 2013	DIPLOMSTUDIUM PSYCHOLOGIE , Uni Wien
Psychologie (Mag.)	Schwerpunkte: Angewandte Kinder,- und Jugendpsychologie, Klinische – und Gesundheitspsychologie
2011 – 2014	BACHELORSTUDIUM BILDUNGSWISSENSCHAFT , Uni Wien
Bildungswissenschaft (BA)	Schwerpunkte: Pädagogik der Lebensalter, Inklusive Pädagogik bei speziellem Bedarf
Juni-Juli 2011	Wirtschaftspsychologie Humanware: Mag. Molnar
Pflichtpraktikum	
Sept.-Okt. 2012	UNIVERSITÄTSKLINIK FÜR KINDER,- UND JUGENDHEILKUNDE – KLINISCHE ABTEILUNG FÜR NEONATOLOGIE, PÄDIATRISCHE INTENSIVMEDIZIN UND NEUROPÄDIATRIE - AKH WIEN Mag. Weiler
Freiwilliges Praktikum	
Okt.-Jänner 2012	UNIVERSITÄTSKLINIK FÜR KINDER,- UND JUGENDHEILKUNDE - PÄDIATRISCHE NEUROONKOLOGIE – NEUROPSYCHOLOGIE - AKH WIEN Mag. Pletschko
Praktikum psycholog. Diagnostizierens	

BERUFLICHER WERDEGANG

Dezember 2001	BA-CA, 1010 Wien
2002 – 2008	MOBILE NACHHILFELEHRERIN & DIPL. LEGASTHENIETRAINERIN FÜR KINDER & JUGENDLICHE (Lernen 8, 1080 Wien)
2004 – 2008	TEILZEIT – KASSIER (Julius Meinl am Graben GmbH, 1010 Wien)
seit 2004 – laufend	SELBSTÄNDIGE DIPLOMIERTE LEGASTHENIETRAINERIN, LERNCOACHING FÜR DIE ALTERSGRUPPE 6-18 JAHRE
2008 – 2010	Customer Service Agent AUSTRIAN AIRLINES, Flughafen Wien
2011 – 2012	LEGASTHENIE - & DYSKALKULIE-TRAINERIN FÜR DIE ALTERSGRUPPE 6-18 JAHRE (Lernquadrat)