



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Haben Aufmerksamkeitsverlagerungen
Auswirkungen auf Sakkaden?

Verfasserin

Sabine Schirk

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.a rer. nat.)

Wien, im Oktober 2010

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Danksagung:

Vielen Dank an alle, die sich aus meiner Familie und meinem Freundeskreis neben Arbeit oder Ausbildung sehr kurzfristig Zeit für die Testung zu dieser Diplomarbeit genommen haben und/oder dafür extra nach Wien gekommen sind!

Darüber hinaus möchte ich mich bei meinen engsten Freunden und meinem Lebensgefährten für die emotionale Unterstützung und das Verständnis während der Bearbeitungszeit meiner Diplomarbeit bedanken!

Vielen Dank an meinen Co-Betreuer Dipl.-Psych. Heinz-Werner Priess, der nicht nur das Experiment programmiert hat, das ich für diese Diplomarbeit verwenden durfte, sondern mir auch während der gesamten Zeit, in der ich an der Diplomarbeit gearbeitet habe, immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat.

Herzlichen Dank an meinen Betreuer Prof. Dr. Ulrich Ansorge, der es mir ermöglicht hat innerhalb seines wunderbaren Teams diese Diplomarbeit zu schreiben und mich dabei sehr unterstützt hat – sei es durch Vorarbeiten das Experiment betreffend, oder durch konstruktive Fragen und Anregungen. Danke auch für die „menschliche Art“, die man an Unis heutzutage eher selten findet!

Und „Last, but not least“:

Vielen herzlichen Dank an meine Eltern, ohne die ich heute nicht da wäre, wo ich jetzt bin: Ihr habt mir dieses Studium im zweiten Bildungsweg ermöglicht. Nicht nur finanziell, sondern auch emotional habt ihr mich immer unterstützt.

Auf euch beide konnte ich immer zählen! Danke!

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung	7
Die Orientierungsprozesse des Menschen	9
Theoretischer Hintergrund	10
Verdeckte und offene Orientierungsprozesse als getrennte Konstrukte	10
Ein Mechanismus für beide Prozesse	16
Der Einfluss von Suchintentionen auf Aufmerksamkeitsverlagerungen	27
Ziele und Fragestellung	36
Experimente	39
Experiment 1	39
Experiment 2	59
Allgemeine Diskussion	64
Zusammenfassung	70
Abstract	71
Literatur	72
Tabellenverzeichnis	74
Abbildungsverzeichnis	75
Curriculum Vitae	78

Einleitung – ein Beispiel:

Es ist ein früher Abend im Spätsommer und ich fahre mit meinem Auto auf einer Bundesstraße Richtung Westen. Gerade verschwindet das letzte bisschen Sonne hinter dem Horizont und taucht die Umgebung in ein dämmriges Licht. Im Radio spielt Musik und der Moderator stellt gerade das nächste Musikstück vor, als ich das Ortsende Schild passiere und auf 100 km/h beschleunige. Wiesen und Felder flitzen nun an mir vorbei und es gibt keine Straßenbeleuchtung mehr. Durch das geöffnete Fenster weht mir der noch angenehm warme Fahrtwind ins Gesicht. Da fällt mein Blick auf ein Verkehrsschild – Wildwechsel in den nächsten 15 km. Sofort werde ich unruhig und gehe etwas vom Gas. Ich drehe auch das Radio leiser, damit ich mich besser konzentrieren kann. Angestrengt suche ich den Straßenrand nach den blitzenden Augenpaaren ab. Mein Blick schweift nervös von Straßenrand zu Straßenrand und manchmal auch ein bisschen weiter in die Felder.

Da! Etwas Glänzendes am linken Straßenrand! Ich bewege meine Augen zu der Stelle um zu identifizieren, was es ist und erkenne nach kurzer Zeit zerbrochenes Glas, vermutlich von einem Scheinwerfer – falscher Alarm. Noch immer außer Atem versuche ich noch aufmerksamer zu sein und mein Blick schweift immer wieder nervös vom rechten zum linken Straßenrand. Plötzlich nehme ich im Augenwinkel eine unscharfe Bewegung in zu kurzer Entfernung wahr. Sofort nehme ich meinen Fuß vom Gas und ich versuche gleichzeitig etwas Genaues in der Peripherie zu erkennen. Was war das? Und wenn es ein Tier war, wohin läuft es? Ich kneife meine Augen zusammen um in der nahen Dunkelheit etwas zu erkennen. Es scheint ein Tier zu sein und es ist groß. Ein Reh. Es läuft schnell, vielleicht aufgescheucht von meinem Dieselmotor oder meinem Fernlicht, Richtung Straße – Vollbremsung.

Gefühlte zwei Zentimeter vor meiner Motorhaube prescht das Reh sicher auf die andere Straßenseite ins Feld hinein und verschwindet in der Dunkelheit...

Die Orientierungsprozesse des Menschen:

Wenn Menschen etwas suchen, oder sich in ihrer Umgebung orientieren wollen oder müssen, gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Möglichkeiten: Einerseits können Blickbewegungen zum interessierenden Objekt oder zur interessierenden Position ausgeführt, andererseits kann die visuelle Aufmerksamkeit ohne Bewegung der Augen zu dieser Position verlagert werden. Posner (1978) bezeichnet jene Augenbewegungen als *offenen Orientierungsprozess* und die bloße Verlagerung der Aufmerksamkeit ohne Bewegung der Augen als *verdeckten Orientierungsprozess*. Die Blickbewegungen zu einem interessierenden Objekt werden auch als Sakkaden bezeichnet. Sakkaden sind Augenbewegungen, die die Fovea, den Punkt des schärfsten Sehens auf der Netzhaut, genau auf einen interessierenden Punkt in der Umgebung ausrichten. Erst dann kann ein Objekt scharf gesehen werden. Bevor aber eine Augenbewegung zu einem bestimmten Punkt ausgeführt wird, um diesen Bereich scharf sehen zu können, muss man erst auf diesen Punkt aufmerksam werden. Nach welchen Kriterien wählt man aus, was man als nächstes betrachtet? Welche Bedingungen beeinflussen dieses Zusammenspiel?

Die Forschung im Bereich der visuell-räumlichen Wahrnehmung beschäftigte sich in den vergangenen Jahrzehnten mit der Frage, ob und wie diese beiden Orientierungsprozesse zusammenhängen. Auch heute noch wird der Zusammenhang der beiden Konstrukte in der Literatur kontrovers diskutiert. Einige Studien sehen diese beiden Prozesse als getrennt voneinander an (z.B. Helmholtz, 1867, Posner et al., 1980, Stelmach et al., 1997), andere wiederum belegen einen obligatorischen Zusammenhang zwischen offenen und verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen (z.B. Rizzolatti et al., 1987, Deubel & Schneider, 1996, Adam et al., 2008).

Der Zusammenhang von offenen und verdeckten Orientierungsprozessen ist aber noch immer nicht vollständig geklärt und wird rege beforscht. Auch diese

Diplomarbeit beschäftigt sich mit Aussagen zu dieser Frage und versucht mit Hilfe eines Experimentes einen Teil zur Aufklärung beizutragen.

Theoretischer Hintergrund:

Verdeckte und offene Orientierungsprozesse als getrennte

Konstrukte:

Wie funktioniert visuelle Orientierung? Bereits Hermann von Helmholtz stellte 1867 Überlegungen zur visuellen Erfassung von Gegenständen an. Nach seiner Auffassung benutzen Menschen die sensorischen Empfindungen des Auges um im Raum Objekte mit all ihren Eigenschaften wahrzunehmen. Er bezeichnete diese Wahrnehmungen als *Gesichtswahrnehmungen*, die immer durch vorherige Erfahrung determiniert seien, wie z.B. die Kenntnis des eigenen Arbeitszimmers, um sich auch in diffusen Lichtverhältnissen und nur mit schemenhaft erscheinenden Objekten darin zurechtfinden zu können. Um ein kompliziertes Objekt zu erkunden, richtet man die Augen immer auf den Punkt aus, der gerade die Aufmerksamkeit auf sich zieht und betrachtet so alle interessanten Punkte nacheinander, bis man eine Vorstellung von dem Objekt bekommen hat. Allerdings ist es auch möglich Objekte zu erkennen, die man nicht direkt betrachtet, sondern quasi „aus dem Augenwinkel“ beachtet, also indirekt – ohne die Augen darauf auszurichten – wahrnimmt. Helmholtz ging davon aus, dass diese beiden Orientierungsleistungen unabhängig voneinander stattfinden, wie auch Posner (1980), der *Orientieren* im Sinne von einem Aufmerksamkeitswechsel mit sensorischem Input, also z.B. einer Augenbewegung zu einem interessierenden Reiz und *Erfassen* im Sinne von Bewusstsein über das Vorhandensein eines Reizes definierte. Durch die Unterscheidung der beiden Begriffe ist es auch vorstellbar, dass ein Reiz spontan eine Augenbewegung, oder eine Aufmerksamkeitsverlagerung hervorrufen kann, ohne dass er bereits erfasst wurde. Darüber hinaus ist eine Bestimmung des Ortes der Kontrolle über die Orientierung wichtig: entweder eine Orientierung zum

Gedächtnis (zentrale Orientierung), oder zu einem Reiz (externale Orientierung). Geht man von dieser Unterscheidung aus und einer gemeinsamen Basis, so erscheint es logisch, dass die Aufmerksamkeit auch ohne einen externen Reiz verlagert werden kann. Geschieht so eine Verlagerung der Aufmerksamkeit ohne Bewegung der Augen, oder des Kopfes, bezeichnet Posner diesen Vorgang als verdeckte Orientierung. Dahingegen wäre eine Bewegung der Augen, oder des Kopfes eine offene, von außen beobachtbare Orientierung. Da eine offene Orientierung auch beobachtbar ist, ist diese einfacher zu untersuchen. Eine verdeckte Orientierung kann laut Posner experimentell durch die Aufgabenstellung, durch Manipulation der Auftrittswahrscheinlichkeit des Zieles und durch damit in Zusammenhang stehende offene Orientierungen hervorgerufen und untersucht werden. Posner et al. (1980) versuchten die Beziehung von Orientierung und Erfassung mit Hilfe einer Aufgabe, in der die Präsenz eines Reizes gemeldet werden sollte, näher zu beleuchten. Sie gingen davon aus, dass es ein zusätzliches Aufmerksamkeitssystem gibt, das mit dem visuellen System interagiert, aber nicht mit diesem gekoppelt ist. Außerdem soll die vorherige Kenntnis der Position eines Reizes die Reizverarbeitung an diesem Ort erhöhen. Wenn Reize an einer erwarteten Position auftreten, so ist die Reaktionszeit kürzer im Vergleich zu einer Situation, in der der Reiz an einer unerwarteten Position auftritt (Posner, Nissen & Ogden, 1978; zitiert nach Posner et al., 1980). Aber nicht alle Untersuchungen aus der Literatur konnten dies feststellen und Posner et al. vermuteten als Grund dafür den experimentellen Aufbau: in den meisten Experimenten wurde den Testpersonen die Position des Zielreizes gesammelt für einen Block von Durchgängen vorgegeben, im Experiment von Posner et al. (1978; zitiert nach Posner et al., 1980) wurde eigens für jeden Durchgang ein Hinweisreiz verwendet. Posner et al. (1980) vermuteten, dass durch das blockweise Vorgeben des Hinweisreizes die Testpersonen die Aufmerksamkeitsverlagerung zur erwarteten Zielposition nicht mehr fortführten und dadurch keine Zeitersparnis gemessen werden konnte. In Experiment 1 verglichen sie daher Blöcke einzelner Durchgänge ohne Hinweisreiz mit Blöcken, wo jeder einzelne Durchgang einen eigenen

Hinweisreiz beinhaltete. In der Blocktechnik unterschieden sich nur die Kosten für nicht richtig auf die Zielposition verweisende Reize signifikant von einer neutralen Bedingung, wohingegen in der Bedingung, in der in jedem Durchgang ein Hinweisreiz verwendet wurde, sowohl zeitliche Kosten, als auch eine Zeitersparnis gemessen werden konnten. Posner et al. (1980) sahen durch dieses Experiment die Vermutung bestätigt, dass Testpersonen ihre Aufmerksamkeit nicht verlagern, wenn sie nicht jedes Mal darauf hingewiesen werden es zu tun und schlossen daraus, dass es zur Untersuchung eines Zusammenhanges zwischen Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen notwendig sein muss, jeden einzelnen Durchgang eines Experiments mit einem Hinweisreiz, also einer Instruktion für die Testpersonen, zu versehen. In Experiment 2 testeten Posner et al. (1980) welche Informationen über den Zielreiz gegeben werden müssen, damit er gefunden und auch rückgemeldet werden kann. Sie fanden heraus, dass die Angabe, wo der Reiz erscheinen wird, die Leistung verbesserte, aber eine Information über die Form des Reizes dies nicht vermochte. Die Ergebnisse der beiden Experimente können so interpretiert werden, dass zentrale Faktoren die Effizienz der Reizerkennung beeinflussen. Zentrale oder kognitive Faktoren wählen aus, was angesehen wird, was wiederum die Rückmeldungen zum Reiz verändert. Dies beeinflusst nicht die sensorischen Daten, aber die Ausbildung eines logischen Selektionsprozesses. Diese Erkenntnisse führen laut Posner et al. zum logischen Schluss, dass es eine Interaktion zwischen den beiden Systemen, dem visuellen System und dem Aufmerksamkeitssystem, gibt. Die Ergebnisse von Experiment 3, 4 und 5 befassen sich mit der Struktur des Aufmerksamkeitssystems an sich. Normalerweise ist die Aufmerksamkeit an die Fovea gekoppelt, da wir im täglichen Leben ansehen, was uns interessiert. Wenn diese logische Abfolge aber durch eine bestimmte Suchaufgabe nicht existent ist, gibt es keine Koppelung mehr. Außerdem ist es nicht möglich, mehrere Bereiche im visuellen Feld gleichzeitig zu beachten. Augenbewegungen können also auch auftreten, wenn die Aufmerksamkeit zuvor nicht auf der Zielposition lag, d.h. Aufmerksamkeit und Augenbewegungen können unabhängig voneinander agieren.

Dies versuchten auch Stelmach et al. 1997 in ihrer Studie zum Zusammenhang von Aufmerksamkeit und sakkadischen Augenbewegungen mit Hilfe mehrerer Experimente zu zeigen, in denen sie *endogene*, also informationsgebende und instruierende Hinweisreize verwendeten. Als endogene Hinweisreize wurden verschiedene Wörter akustisch präsentiert (center, left, right) und eine Aufmerksamkeitsverlagerung wurde durch die Präsentation zweier Reize rechts und links vom Fixationspunkt erreicht – die Testpersonen sollten angeben welcher der beiden Reize zuerst erschienen ist. Außerdem gab es drei verschiedene Bedingungen in den Experimenten: in der Augenbewegungs-Bedingung, sollten die Testpersonen, je nachdem welches Wort sie hörten, nach rechts, oder links eine Augenbewegung ausführen, in der Aufmerksamkeits-Bedingung sollte nur die Aufmerksamkeit, je nach Hinweisreiz, rechts oder links verlagert werden und in der Zentrum-Bedingung sollte immer das Zentrum fixiert und auch auf diesen Punkt geachtet werden, wenn das Wort „center“ (englisch für „Zentrum“) ertönte. In mehreren Experimenten konnte gezeigt werden, dass durch endogene Hinweisreize hervorgerufene Aufmerksamkeitswechsel langsamer sind als Augenbewegungen und daher vor der Augenbewegung keine Aufmerksamkeitsverlagerung zum Sakkadenziel stattfand. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass die gewählte Versuchsanordnung sensibel auf durch exogene – automatisch durch ihre Beschaffenheit Aufmerksamkeit auf sich ziehende – Hinweisreize hervorgerufene schnelle Aufmerksamkeitswechsel reagiert. Außerdem war es den Testpersonen möglich ihre Aufmerksamkeit an einem Ort zu belassen, während sie Augenbewegungen zu einer anderen Position durchführten – ohne zeitliche Einbußen bezüglich der Sakkadenlatenz. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Augenbewegungen unabhängig von Aufmerksamkeitsverlagerungen auftreten können. Die Autoren verstehen die beiden Orientierungsprozesse als zwei voneinander unabhängige Systeme – eines für das Verweilen und den Wechsel der Aufmerksamkeit, das andere für die Vorbereitung und Ausführung von Augenbewegungen.

Auch Kowler et al. (1995; zitiert nach Montagnini & Castet, 2007) sahen Aufmerksamkeit und Augenbewegungen als teilweise unabhängig voneinander an. Sie untersuchten die beiden Orientierungsprozesse auch mittels einer Doppelaufgabe, in der einerseits eine Sakkade zu einem Ziel auszuführen und andererseits eine Buchstabendiskrimination vorzunehmen war. Auch wenn die Ergebnisse ihrer Studie zeigten, dass zur Vorbereitung der Augenbewegung die Aufmerksamkeit zum Sakkadenziel hingelenkt wurde, war es den Testpersonen dennoch möglich einen kleinen Teil der Aufmerksamkeit zugunsten der Diskriminationsaufgabe von dort weg zu verlagern. Dies sprach für die Autoren dafür, dass die beiden Orientierungsprozesse auch unabhängig voneinander agieren können. Auch Montagnini & Castet (2007) versuchten in ihrer Studie besonders die Zeit kurz vor Ausführung einer Augenbewegung, also die Zeit, in der normalerweise die Augenbewegung programmiert wird, zu beleuchten, um aufzudecken, ob es in diesem Zeitraum eine unabhängige Komponente der Aufmerksamkeit gibt. Vergangene Studien hätten in ihrem experimentellen Design keine gute Methode verwendet, um den Aufmerksamkeitseffekt in der Zeit kurz vor Ausführung der Sakkade zu messen. In ihrem Design versuchten sie die visuelle Diskriminationsleistung knapp vor einer Sakkadenexekution auch an sehr nahen Positionen zum Sakkadenziel zu messen. Es geht also einerseits darum die Möglichkeiten des Aufmerksamkeitssystems zum parallelen Verweilen auf mehreren Zielen kurz vor einer Augenbewegung und andererseits den Bereich, in dem eine von der Augenbewegung unabhängige Aufmerksamkeitsverlagerung möglich ist, zu bestimmen. In der für die Untersuchung verwendeten Doppelaufgabe waren die Testpersonen angehalten, eine genaue Sakkade zu einem Ziel durchzuführen (erster Aufgabenteil) und zusätzlich die Orientierung eines sogenannten Gabor-Patches (ein Streifenmuster mit einer bestimmten Orientierung im Raum) zu identifizieren, der an verschiedenen Positionen und zu verschiedenen Zeitpunkten vor der Sakkadenexekution präsentiert wurde (zweiter Aufgabenteil). Ein zentral präsentierter Hinweisreiz enthielt sowohl die Information für die genaue Position des Sakkadenzieles, als auch die Information für eine mögliche Position des

Diskriminationszieles. Es gab drei verschiedene Wahrscheinlichkeitsbedingungen: eine hohe Wahrscheinlichkeit (75%) bedeutete, die optimale Position für die Aufmerksamkeit deckte sich mit dem Sakkadenziel, eine neutrale (50%) und niedrige Wahrscheinlichkeit (25%) bedeuteten eine optimale Position weiter weg vom Sakkadenziel. Montagnini & Castet gingen davon aus, dass im Falle einer strikten Koppelung von Aufmerksamkeit und Augenbewegungen der zweite Aufgabenteil keinen Effekt auf die Wahrnehmungsleistung haben würde. Wenn die beiden Prozesse aber wenigstens teilweise unabhängig voneinander agieren können, hätten die verschiedenen Wahrscheinlichkeitsbedingungen einen merkbaren Effekt auf die Diskriminationsleistung. Die Ergebnisse ihrer Experimente zeigten in der Tat einen starken Effekt des zweiten Aufgabenteils auf die Diskriminationsleistung. Montagnini & Castet (2007) gehen davon aus, dass die Ressourcen der Aufmerksamkeit durchaus unabhängig von einer auszuführenden Sakkade verteilt werden können, ohne dass dies eine Erhöhung der Sakkadenlatenzen, oder einen Verlust der Genauigkeit zur Folge hätte, oder nur Testpersonen, die explizit auf diese Aufgabenstellungen trainiert sind, möglich ist (siehe Experiment 2, Montagnini & Castet, 2007). Außerdem zeigte sich eine erhöhte Orientierungsgenauigkeit im näheren Bereich um das Sakkadenziel, was durch einen erweiterten Fokus der Aufmerksamkeit um das Ziel erklärt werden kann. Ein zwingender Aufmerksamkeitsfokus auf die Position des Sakkadenziels wurde aber erst relativ spät nach dem Einsatz des Sakkadenhinweisreizes beobachtet. Daher kann laut Autoren davon ausgegangen werden, dass die Verbindung zwischen Aufmerksamkeit und Augenbewegungen keineswegs als eine Alles-oder-Nichts-Relation zu beschreiben ist und auch über die Zeit variiert.

Ein Mechanismus für beide Orientierungsprozesse:

Entgegen der Auffassung Augenbewegungen können auch unabhängig von Aufmerksamkeitsverlagerung stattfinden, gibt es auch Studien, die die Auffassung vertreten, dass bevor eine Augenbewegung zu einem interessierenden Objekt ausgeführt werden kann, diese erst programmiert werden muss und die dafür relevanten Parameter vor der Augenbewegung mittels einer verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerung zum Ziel ermittelt werden müssen (z.B. Hoffmann & Subramaniam, 1995; Deubel & Schneider 1996). Diese Annahme geht von einem engen Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen aus und stützt sich unter anderem auf die *Premotor Theorie* von Rizzolatti et al. (1987), die von einer strikten Verbindung zwischen verdeckter Orientierung der Aufmerksamkeit und der Programmierung von Augenbewegungen durch ein gemeinsames Motorprogramm ausgeht, das beide Orientierungsprozesse kontrolliert – sowohl verdeckte, als auch offene. Rizzolatti et al. versuchten mit Hilfe dieser Theorie zu erklären, warum bei Präsentation von visuellen Reizen an einer nicht erwarteten Position zeitliche Verzögerungen bei der Exekution von Augenbewegungen auftreten. Die Aufmerksamkeitsverzögerungen entstehen nach dieser Theorie durch die zusätzliche Zeit, die zum Löschen des einen motorischen Programmes und zum Erstellen eines neuen benötigt wird, egal ob die Augenbewegung dann wirklich ausgeführt wird, oder nicht. Dabei verursachen visuelle Reize, die auf der gleichen Seite, aber an einer nicht beachteten bzw. erwarteten Position präsentiert werden, zeitliche Verzögerungen. Werden visuelle Reize auf der gegensätzlichen Seite zur beachteten Position präsentiert, entstehen noch höhere zeitliche Kosten, wobei diese die Tendenz haben zu steigen, je weiter die Position von der beachteten weg liegt. Rizzolatti et al. erklären diese Erkenntnisse mit Hilfe der Art wie Augenbewegungen programmiert werden: wenn Sakkaden absichtlich vermieden werden, tritt zwar eine vorbereitende verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung auf und die Sakkade zum Ziel wird programmiert, aber das Sakkadenprogramm wird aufgrund eines unerwarteten neuen Ziels nicht exekutiert und führt somit durch die Notwendigkeit für ein neues, an das Ziel

angepasste, Bewegungsprogramm zu zeitlichen Verzögerungen – d.h. jede Aufmerksamkeitsverlagerung ist an den Programmierungsprozess einer Augenbewegung gebunden, die dieser vorangeht und sie initiiert. Diese Schlussfolgerungen sprechen laut Autoren sehr dafür, dass es einen gemeinsamen Mechanismus für Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen gibt.

Mit dieser Annahme gehen auch Hoffman & Subramaniam (1995) konform, die ebenfalls den Zusammenhang zwischen visueller Aufmerksamkeit und Augenbewegungen untersuchten. Ziel ihrer Studie war es einerseits herauszufinden, ob einer Augenbewegung zwingend eine Aufmerksamkeitsverlagerung zu einem bestimmten Ort vorausgehen muss und ob Aufmerksamkeit und Augenbewegungen zu verschiedenen Orten geleitet werden können, ohne dass Verzögerungen resultieren. Dazu gaben sie ihren Testpersonen eine Doppelaufgabe vor, in der einerseits ein Zielobjekt innerhalb anderer Nicht-Ziele gefunden werden musste und andererseits eine Augenbewegung zu einem bestimmten Ort ausgeführt werden sollte. In Experiment 1 wurden die Testpersonen darauf hingewiesen, ein Zielobjekt könne an jeder möglichen Position erscheinen und daher sollten alle Positionen gleichermaßen beachtet werden. Die Ergebnisse zeigten, dass eine vorausgehende Aufmerksamkeitsverlagerung zum Ziel der Augenbewegung stattfand und die Diskriminationsleistung dadurch verbessert wurde. In Experiment 2 wurden die Testpersonen instruiert eine bestimmte Position zu beachten, welche entweder dieselbe, oder eine andere Position als das Ziel der Augenbewegung darstellte. Sie beobachteten die beste Diskriminationsleistung, wenn das gesuchte Objekt (Diskriminationsziel) und die Position, wohin die Augenbewegung ausgeführt werden sollte (Sakkadenziel) am selben Ort waren, unabhängig von der Position, die beachtet werden sollte. Außerdem hatte ein valider (bedeutet auf die richtige Position verweisend) Hinweisreiz einen beschleunigenden Effekt auf die Augenbewegungen. Wurden Diskriminationsziel und Sakkadenziel an unterschiedlichen Orten präsentiert, war die Diskriminationsleistung auf Zufallslevel. Hoffman & Subramaniam folgerten aus ihren Ergebnissen, dass es nicht möglich ist die Aufmerksamkeit an einen anderen Ort als das Ziel der

Augenbewegung zu legen und daher die Orientierung der Aufmerksamkeit eine essentielle Komponente für die Vorbereitung und Ausführung einer Augenbewegung darstellt.

Auch Deubel & Schneider untersuchten 1996 den Zusammenhang der beiden Orientierungsprozesse mithilfe einer Doppelaufgabe, allerdings mit Neuerungen im Versuchsaufbau, die durch die Frage inspiriert wurde, ob verschiedene Positionen einer Seite für unterschiedliche Diskriminationsleistungen verantwortlich sind, oder die Seiten an sich (siehe Sheperd et al., 1986, zitiert nach Deubel & Schneider, 1996). In ihrem Experiment wurden die Testpersonen aufgefordert innerhalb einer horizontalen Buchstabenreihe links und rechts von einem Fixationskreuz eine Augenbewegung und zusätzlich eine Diskrimination zwischen „E“ und einem digitalen „3er“ auszuführen, wobei die Diskriminationsleistung als ein Maß für die visuelle Aufmerksamkeit interpretiert wurde. Die Testperson fixierte zuerst ein Kreuz für 700 ms, dann erschien für 500 bis 1000 ms ein zentral eingeblendeter Hinweisreiz in Form eines Dreiecks, wobei aus dessen Farbe und Ausrichtung der Zielpunkt der später auszuführenden Augenbewegung ableitbar war, gefolgt von einer Maske für 60 ms. Darauf folgte ein Display mit dem Diskriminationsziel innerhalb der Buchstabenreihe und dann 120 ms das Targetdisplay zum Ausführen der Sakkade, das nur mehr aus den Buchstabenpositionen umkreisenden Ellipsen bestand. In Experiment 1 konnten Diskriminationsziel und Sakkadenziel alle Positionen unabhängig voneinander innerhalb der Buchstabenreihe annehmen. Das Ziel war es zu testen, ob Aufmerksamkeit und Augenbewegungen unabhängig voneinander kontrolliert werden können. Es stellte sich heraus, dass die visuelle Diskrimination am besten war, wenn Diskriminationsreiz und Sakkadenreiz an derselben Position präsentiert werden. Außerdem war die Erkennensleistung umso schlechter, je weiter der Diskriminationsreiz vom Sakkadenziel entfernt präsentiert wurde. In Experiment 2 blieb das Diskriminationsziel immer an der zentralen Position und nur das Sakkadenziel wurde innerhalb der Buchstabenreihe variiert. Dabei war es den Testpersonen laut den erhaltenen Daten trotz vorheriger Kenntnis der Position des Diskriminationsziels nicht möglich die Aufmerksamkeit zu diesem

zu lenken, während eine Augenbewegung zu einer anderen Position ausgeführt wurde. Deubel & Schneider vermuten daher einen gemeinsamen Aufmerksamkeitsmechanismus, der sowohl die Objekte für Wahrnehmung und Erkennung auswählt, als auch die Informationen für die sich daraus ergebende motorische Aktionen bestimmt.

Ob die Verlagerung der Aufmerksamkeit der Programmierung einer Augenbewegung vorausgeht (z.B. Deubel & Schneider 1996), also kurz vor der Sakkadenausführung primär auf die Sakkadenziele gelenkt wird, untersuchten Godjin & Theeuwes (2003) mit Hilfe einer Doppelaufgabe mit einer vorangestellten Sakkadenexekutionssequenz (mehrere Augenbewegungen sollten hintereinander zu verschiedenen Zielen ausgeführt werden) und einer nachfolgenden Diskriminationsaufgabe. Die Annahme konnte in allen fünf Experimenten bestätigt werden: die Diskriminationsleistung war immer besser, wenn das Diskriminationstarget an, oder nahe zu den Positionen der Sakkadenziele präsentiert wurde, das heißt vor der Ausführung der Sakkadensequenz wird die Aufmerksamkeit parallel zu den Sakkadenzielen gelenkt und nicht erst nacheinander in zeitlicher Reihenfolge der Sakkadenausführungen zu den einzelnen Zielpunkten.

Wenn es also wirklich einen Mechanismus gibt, der die Objekte für Wahrnehmung und Erkennung auswählt, ist dieser aber sicherlich auch sensibel auf z.B. die Beschaffenheit und die Anzahl der Objekte, aus denen er auswählt und daher auch durch diese manipulierbar, was sich wiederum auf die Programmierung der Augenbewegung zu einem bestimmten Punkt auswirken muss. Mit dieser Frage beschäftigten sich 1997 auch Walker et al., die die erhöhten Sakkadenlatenzen bei gleichzeitiger Präsentation von Distraktoren (Nicht-Zielen) und Sakkadenzielen untersuchten. Sie wurden unter anderem inspiriert durch Lévy-Schoen (1969; zitiert nach Walker et al., 1997), die als erste Verzögerungen der Augenbewegungen (in ihrer Studie 40 ms) bei gleichzeitiger Präsentation von Sakkadenzielen und Distraktoren beobachtete. Sie fand heraus, dass bei gleichzeitiger Präsentation eines Distraktorreizes an einer gespiegelten Position in der gegenüberliegenden

Hemisphäre zeitliche Verzögerungen bezüglich der Augenbewegungen resultierten, wohingegen eine benachbarte Präsentation in derselben Hemisphäre die Genauigkeit, also die aktuelle Landeposition der Sakkade, dahingehend beeinflusst, dass sie eher zur Mitte zwischen den beiden Reizen tendiert (z.B. Deubel et al., 1984; Findlay, 1982; beide zitiert nach Walker et al., 1997). Walker et al. untersuchten in ihrer Studie die Auswirkungen mehrerer Distraktoren an verschiedenen Positionen in beiden visuellen Hemisphären und beobachteten die Effekte auf Sakkadenlatenzen und Sakkadengenauigkeit. Die Ergebnisse ihrer Studie zeigten eine Verschlechterung der Sakkadengenauigkeit, aber keinen Einfluss auf die Sakkadenlatenz bei einer Präsentation des Distraktors innerhalb eines 20° Fensters im Umkreis des Sakkadenzieles. Wurden die Distraktoren aber mehr als 20° weit entfernt von der Zielachse präsentiert, erhöhte dies die Sakkadenlatenzen, aber nicht die Sakkadengenauigkeit. Das *Remote Distraktor Paradigma* von Walker et al. (1997) besagt also, dass die Sakkadenlatenz durch den Einsatz eines Distraktorreizes, der gleichzeitig mit dem Sakkadenziel erscheint, verlängert wird. Der Effekt tritt nur auf, wenn der Distraktor mindestens 20° weit weg vom Sakkadenziel positioniert ist – je weiter weg, desto größer ist der Effekt. Befindet sich der Distraktor innerhalb eines 20° Fensters um das Ziel, wird die Genauigkeit der Sakkade beeinträchtigt. Gleichzeitig präsentierte Nicht-Ziele behindern also nach dem Remote Distraktor Effekt (RDE) den Mechanismus, der Objekte für Erkennung und Wahrnehmung auswählt und wirken sich auch auf die Programmierung und Ausführung nachfolgender Sakkaden aus.

Wenn ein Mechanismus Objekte auswählt, die wahrgenommen und erkannt werden sollen, so ist es für diesen Mechanismus zuallererst auch relevant wo im Raum ein bestimmter interessierender Reiz lokalisiert ist, damit nach der Lokalisierung eine Augenbewegung dorthin programmiert werden kann, um letztendlich durch die genaue Betrachtung mit der Fovea detaillierte Informationen zu diesem Reiz zu bekommen. Diesen Ablauf einer Orientierung in einer visuellen Szene postulierten Adam et al. bereits 1993 (zitiert nach Adam et al., 2008) in ihrem Zwei-Prozess-Modell. Um der Frage der Beteiligung der Aufmerksamkeit an

räumlicher Lokalisation interessierender Reize nachzugehen, führten sie 2008 eine weitere Studie zum Thema durch. Aus den Experimenten von 1993 war bekannt, dass innerhalb der ersten 50 ms der Reizpräsentation die Lokalisationsgenauigkeit steil ansteigt, sich ab 100 ms weiter verbessert und bei 300 ms nahezu perfekt ist. Außerdem ist bekannt, dass die früheste Sakkade zu einem Reiz ab 100 ms nach Reizpräsentation einsetzen kann (z.B. Carpenter, 2004; zitiert nach Adam et al., 2008). Werden Testpersonen also instruiert Sakkaden zu vermeiden, bleibt eine steigende Lokalisationsgenauigkeit ab 100 ms aus; werden Sakkaden hingegen durch die Instruktion nicht untersagt, führen Testpersonen fast immer eine Sakkade zum Lokalisationsziel aus (Adam et al., 1993; zitiert nach Adam et al., 2008). In den aktuellen Experimenten sollte untersucht werden, wie sich ein zusätzliches Diskriminationsziel auf die Lokalisationsgenauigkeit auswirkt. Dies wurde mittels einer Doppelaufgabe untersucht, in der einerseits ein zentraler Distraktorreiz identifiziert, andererseits mittels des Cursors die Position eines peripheren Ziels angegeben werden sollte. Wenn also die Aufmerksamkeit an der Lokalisierung eines Reizes beteiligt ist, muss die Identifikationsaufgabe zwangsweise sowohl die Lokalisation des peripheren Reizes verzögern, als auch die Genauigkeit vermindern. Die Ergebnisse zeigten, dass die Identifikationsaufgabe innerhalb der ersten 60 ms mit dem Aufmerksamkeitssystem interferierte, der Effekt zwischen 57 und 86 ms wieder verebbte, danach wieder bis 400 ms auftritt (Interferenz mit dem augenmotorischen System), um dann ganz zu verschwinden. Dies kann so verstanden werden, dass innerhalb der ersten 60 ms die Aufmerksamkeit auf die Identifikationsaufgabe gerichtet ist, danach frei wird und zum peripheren Ziel schweifen kann, wohin dann innerhalb der nächsten Interferenzphase die Bewegung programmiert wird. Eine Sakkade wäre also um die Zeit verzögert, die das Aufmerksamkeitssystem zur Identifizierung des Distraktorreizes benötigt, das heißt also: Muss man zusätzlich zur Programmierung einer Sakkade eine Identifikationsaufgabe ausführen, entstehen Sakkadenlatenzen. In dieser Studie wurde eine Verzögerung von 66 ms für jeden Distraktor verzeichnet, in Kowler et al. (1995, Experiment 2; zitiert nach Adam et al., 2008) 50 – 75 ms bei einer

Doppelaufgabe. Wenn die Aufmerksamkeit also mit der Identifizierung eines Distraktorreizes beschäftigt ist, ist die Lokalisation eines Sakkadenziels zeitlich verzögert, wobei die Verzögerung von der Anzahl der Distraktoren abhängt – je mehr Distraktoren, desto mehr Verzögerung resultiert.

Deubel (2008) interessierten in seiner Studie zum Zusammenhang der beiden Orientierungsprozesse speziell die genaue Funktionsweise der Aufmerksamkeitsverlagerungen kurz vor Ausführung einer Sakkade und die zeitliche Koppelung von Aufmerksamkeit und Augenbewegungen. Aus der Literatur gibt es einige Belege dafür, dass die Aufmerksamkeit kurz vor Ausführung der Sakkade auf dem Sakkadenziel konzentriert ist (z.B. Dore-Mazars et al., 2004; Kowler et al, 1995; beide zitiert nach Deubel, 2008) und die Orientierungsgenauigkeit sich zwischen 150 bis 200 ms vor der Sakkadenexekution immer weiter verbessert, wobei die beste Leistung am Ort des Sakkadenziels gemessen wurde (Castet et al., 2006). Deubel verwendete in der aktuellen Studie eine Doppelaufgabe, in der die Testpersonen zu verschiedenen Zeitpunkten vor Ausführung einer Sakkade eine Entscheidungsaufgabe mit zwei Alternativen bestreiten mussten, während sie eine Sakkade zu einem Ziel programmieren und ausführen sollten, das durch einen zentralen Hinweisreiz angezeigt wurde. Damit wollte er den Wechsel der Aufmerksamkeit vom aktuellen Fokus zum Sakkadenziel untersuchen können. In Experiment 1 war die Position des Diskriminationsziels vorher bekannt und blieb auch für einen Block von Durchgängen stabil. Das Sakkadenziel wurde zufällig manipuliert und durch einen zentralen Hinweisreiz angezeigt. Es zeigte sich, dass die Aufmerksamkeit erst unmittelbar nach Erscheinen des Hinweisreizes zum angezeigten Ziel wanderte und nicht schon vorher, obwohl der Ort des Diskriminationsziels ja schon bekannt war. Die Sakkade setzte danach mit einer Verzögerung ein, was Deubel als Beleg dafür interpretierte, dass die Sakkade keine unmittelbare Folge einer Aufmerksamkeitsverlagerung darstellt. In Experiment 2 war das Sakkadenziel immer vorher bekannt und blieb auch für einen Block an der gleichen Position, wohingegen das Diskriminationsziel zufällig variiert wurde – ein peripherer Hinweisreiz wurde verwendet, um anzuzeigen wo das Ziel

wahrscheinlich erscheinen würde. Dabei zeigte sich, dass die Zeit zwischen dem Erscheinen des Reizes und dem Einsetzen der Sakkade einen Einfluss auf die Sakkadenlatenz hatte, der nahe legt, dass die Sakkadenprogrammierung offenbar nicht unabhängig von der Aufmerksamkeitsaufgabe von statten geht. Die Aufmerksamkeit lag unmittelbar vor der Sakkadenexekution immer auf dem Sakkadenziel. Zusammenfassend kann man also sagen, die Ergebnisse der beiden Experimente zeugen von einer Aufgabenabhängigkeit: während in Experiment 1 kein Gebrauch von der zuvor bekannten Position des Diskriminationszieles gemacht wurde – die Diskriminationsleistung war an dieser Position vor dem Einsetzen des Sakkadenhinweisreizes zufällig – wurde in Experiment 2 der Aufmerksamkeitswechsel unmittelbar vor Sakkadenexekution auf das Sakkadenziel durchgeführt – wobei hier die Diskriminationsleistung am besten am Sakkadenziel war. Die Ergebnisse von Experiment 1 sprechen also dafür, dass unter gewissen Umständen die Aufmerksamkeit auf einem Ort liegen kann, ohne dass dahin sofort eine Sakkade ausgeführt wird, was für einen eher losen temporalen Zusammenhang von Aufmerksamkeit und Augenbewegungen sprechen würde, wohingegen die Ergebnisse von Experiment 2 das Gegenteil suggerieren – eine obligatorische Aufmerksamkeitsverlagerung zum Sakkadenziel wird kurz vor der Augenbewegung dorthin vorgenommen. Temporal gesehen ist es also unter bestimmten Bedingungen (siehe Experiment 1) möglich, Aufmerksamkeitsverlagerungen unabhängig von Augenbewegungen zu machen, aber in beiden Experimenten war die Aufmerksamkeit letztendlich auf der Position des Sakkadenzieles, damit dorthin eine Sakkade ausgeführt werden konnte (geht z.B. konform mit Hoffman & Subramaniam, 1995; Deubel & Schneider, 1996). Die Aufmerksamkeit kann also je nach Aufgabe entweder früh, oder spät während der Sakkadenprogrammierungsperiode zum Sakkadenziel schweifen, aber kurz vor Ausführung der Sakkade ist die Diskrimination am Sakkadenziel immer am besten. Belopolsky & Theeuwes (2009) interessierte in ihrer Studie wann Aufmerksamkeit und Sakkadenprogrammierung unabhängig voneinander sein können. Sie sehen in der Unterscheidung von Verweilen und Wechsel der Aufmerksamkeit eine mögliche

Klärung für den kontrovers diskutierten Zusammenhang von Aufmerksamkeit und Sakkaden. Die Autoren verwendeten in ihrer Studie eine neue Versuchsanordnung, die das gleichzeitige Messen von Aufmerksamkeitszuweisung und Sakkadenprogrammierung erlaubt: es musste zuerst eine Aufmerksamkeitsverlagerung zum Hinweisreiz gemacht werden und durch die Identifizierung des Zieles wusste die Testperson in welche Richtung die Augenbewegung ausgeführt werden sollte (entweder links, oder rechts über der zentralen Fixationsposition). Der Hinweisreiz zeigte zu 80% die richtige Richtung an und die Autoren erwarteten deshalb in diesen Bedingungen kleinere Sakkadenlatenzen. Außerdem konnte das Sakkadenziel entweder ident mit dem Diskriminationsziel sein (Match) – eine Zahl war zu identifizieren – oder nicht (Mismatch), d.h. eine willentliche Sakkade konnte erst programmiert werden, nachdem die Position durch den Hinweisreiz angezeigt wurde. Es wurde erwartet, dass die Sakkadenlatenzen in den identen Bedingungen kleiner sind, als die in den nicht-identen Bedingungen (laut Premotor Theorie von Rizzolatti et al, 1987), wenn Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen strikt zusammenhängen. Sollte dies nicht der Fall sein, wären die Sakkadenlatenzen durch die Aufmerksamkeitsverlagerung aufgrund des Hinweisreizes in keiner der Bedingungen beeinflusst und daher vergleichbar. Außerdem verglichen die Autoren die Sakkadenvorbereitung unter Bedingungen, in denen der Hinweisreiz korrekt anzeigte, wo sich das Ziel befinden würde (Verweilen der Aufmerksamkeit), mit der Sakkadenvorbereitung unter Bedingungen, in denen der Hinweisreiz auf die falsche Position verwies und somit die Aufmerksamkeit erst bei Erscheinen des Ziels auf die Zielposition verlagert werden konnte (Wechsel der Aufmerksamkeit). Ein Zusammenhang zwischen der Korrektheit des Hinweisreizes und den identen bzw. nicht identen Bedingungen würde bedeuten, die beiden Anteile der Aufmerksamkeit würden sich in ihrer Beziehung zum augenmotorischen System unterscheiden. Die Ergebnisse von Experiment 1 zeigten, dass die Sakkadenlatenzen in der Bedingung, in der der Hinweisreiz richtig war, kleiner waren und die Sakkaden wurden auch schneller initiiert, wenn Diskriminationsziel und Sakkadenziel ident

waren. Das bedeutet einen strikten Zusammenhang von Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen. Auf der anderen Seite wurden die Diskriminations- und Sakkadenziele der vorangegangenen Durchgänge mit den folgenden verglichen. Wenn es einen strikten Zusammenhang gibt, wäre es für den nachfolgenden Durchgang unerheblich wo sich die Ziele im vorangegangenen befunden haben. Die Resultate zeigten, dass Sakkaden zu einer Position, auf der die Aufmerksamkeit liegt, entweder erleichtert werden, oder unterdrückt und zwar abhängig von der Wahrscheinlichkeit eine Sakkade dorthin durchzuführen und der Sakkadenposition im vorigen Durchgang. Ein Aufmerksamkeitswechsel zu einer anderen Position wurde immer mit einer Sakkadenerleichterung verbunden. Es gab einen signifikanten Zusammenhang zwischen vergangenen Durchgängen und folgenden hinsichtlich der Positionen der beiden Ziele: der Zusammenhang von Aufmerksamkeitsverlagerung und Augenbewegungsplanung in einem Durchgang hat den Zusammenhang der beiden Konstrukte im nächsten Durchgang beeinflusst. Das würde bedeuten, Aufmerksamkeit und Augenbewegungen können unabhängig voneinander sein. Um die Vermutung zu überprüfen, modifizierten Belopolsky & Theeuwes ihr Experiment: die Wahrscheinlichkeit, dass ein Diskriminationsziel mit dem Sakkadenziel zusammenfiel, wurde auf 25% gesenkt, indem zwei Zielpositionen im unteren Feldbereich hinzugefügt wurden. Wenn es also wenig wahrscheinlich ist eine Sakkade zu einer beachteten Position ausführen zu müssen, dann wäre die Sakkadenvorbereitung unabhängig von der Aufmerksamkeitsverlagerung. Außerdem wurde dieselbe Überprüfung für die dynamische Komponente der Aufmerksamkeit vorgenommen, also für Bedingungen, in denen die Aufmerksamkeit erst nach Auftauchen des Zieles verlagert werden konnte, da der Hinweisreiz falsch war. Ein Zusammenhang zwischen der Richtigkeit des Hinweisreizes und identer/nicht-identer Sakkadenzielposition würde einen Unterschied im Zusammenhang der beiden Aufmerksamkeitsteile (Verweilen/Wechsel der Aufmerksamkeit) und dem augenmotorischen System bedeuten. Es zeigte sich, dass das Verweilen der Aufmerksamkeit mit einer

Unterdrückung der Sakkade zu dieser Position gekoppelt war, wenn die Wahrscheinlichkeit für eine tatsächliche Ausführung der Sakkade klein war. Die Ergebnisse belegten im Gesamten einen starken Zusammenhang von Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen laut der Premotor Theorie (Rizzolatti et al, 1987), aber die Autoren schlagen vor, die Premotor Theorie sollte um eine dynamische Komponente erweitert werden, also eine Unterscheidung zwischen dem Verweilen und dem Wechsel der Aufmerksamkeit sollte vorgenommen werden, da die Aufmerksamkeit durch Aktivierung eines augenmotorischen Programmes verlagert wird. Nach der Verlagerung ist es möglich das augenmotorische Programm zu unterdrücken, wenn die Wahrscheinlichkeit für die tatsächliche Ausführung der Sakkade klein ist.

Man kann also durchaus behaupten, es gibt einen starken räumlichen Zusammenhang zwischen verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen und der Programmierung von Augenbewegungen (z.B. Rizzolatti et al., 1987; Hoffman & Subramaniam, 1995; Deubel & Schneider, 1996; Walker et al., 1997). Die Premotor Theorie von Rizzolatti et al. (1987) geht aber auch von einem strikten temporalen Zusammenhang der beiden Orientierungsprozesse aus. Dieser Frage widmeten sich Filali-Sadouk et al. in ihrer Studie 2010, nachdem es bisher zu diesem Thema nur wenige Untersuchungen in der Literatur gibt. Zum Beispiel fanden Castet et al. (2006) in ihrer Untersuchung heraus, dass eine Wahrnehmungsverbesserung im Bereich des Sakkadenziels zeitlich eher mit dem Auftauchen des Hinweisreizes einhergeht, als mit dem Einsetzen der Augenbewegung. Das würde eine temporale Unabhängigkeit der beiden Orientierungsprozesse bedeuten. Im Gegensatz dazu berichten Dore-Mazars et al. (2004; zitiert nach Filali-Sadouk, 2010), dass eine maximale Wahrnehmungsleistung am Ort des Sakkadenziels nur dann auftritt, wenn das Ziel 50 ms vor dem Einsetzen der Sakkade gezeigt wurde – also eine temporäre zeitliche Koppelung der beiden Orientierungsprozesse innerhalb der letzten 50 ms vor der Sakkadenexekution. Auch Deubel (2008) beschäftigte sich mit der Frage der zeitlichen Koppelung und stellte in seiner Untersuchung fest, dass die Aufmerksamkeit kurz vor dem Einsetzen einer Sakkade in jedem Fall zum Ziel der

Augenbewegung wechselte. Filali-Sadouk et al. (2010) schlussfolgern, dass bei einem strikten zeitlichen Zusammenhang von Aufmerksamkeit und Augenbewegungen ein Faktor, der einen Prozess zeitlich beeinflusst, auch den anderen gleichermaßen beeinflussen muss. Ein solcher Faktor waren in ihren zwei Experimenten verschieden beschaffene Hinweisreize. Die Ergebnisse des ersten Experimentes zeigten, dass sich die Hinweisreize auf verdeckte und offene Aufmerksamkeitsverlagerungen gleichermaßen auswirkten. Darüber hinaus war dies auch für die Sakkadenlatenzen der Fall. In Experiment 2 fanden Filali-Sadouk et al. einen Anstieg der Sakkadenlatenzen und der Zeit, die für einen Aufmerksamkeitswechsel benötigt wird, wenn die Salienz (Salienz bedeutet, dass ein Reiz durch seine Beschaffenheit aus dem Kontext hervorgehoben wird, wie z.B. durch Farbe, Form, oder Kontrast) des Reizes sinkt. Die Salienz wirkte sich außerdem auf Aufmerksamkeit und Sakkaden gleichermaßen aus. Die Ergebnisse der beiden Experimente können im Sinne der Premotor Theorie (Rizzolatti et al., 1987) interpretiert werden: Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen werden durch einen gemeinsamen Prozess gesteuert und sind daher räumlich und zeitlich miteinander verbunden bzw. voneinander abhängig.

Der Einfluss von Suchintentionen auf Aufmerksamkeitsverlagerungen:

Einerseits wird also behauptet Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen würden unabhängig voneinander agieren (z.B. Helmholtz, 1867; Montagnini & Castet, 2007; Posner, 1980; Posner et al., 1980; Stelmach et al., 1997), andererseits sprechen sich auch verschiedene Autoren für einen engen Zusammenhang der beiden Orientierungsprozesse aus (z.B. Adam et al., 2008; Deubel & Schneider, 1996; Filali-Sadouk et al., 2010; Godjin & Theeuwes, 2003; Hoffman & Subramaniam, 1995; Rizzolatti et al., 1978; Walker et al., 1997). Zwei Faktoren könnten einen maßgeblichen Einfluss auf ein Zusammenspiel zwischen den beiden Orientierungsprozessen ausüben und vielleicht so einen Beitrag zur Vereinigung der beiden Standpunkte, das Verhältnis von Aufmerksamkeitsverlagerungen und Augenbewegungen betreffend, leisten: da

wäre einerseits die automatische Verlagerung der Aufmerksamkeit ausgelöst durch die Beschaffenheit der im visuellen Feld vorhandenen Reize selbst – auch reizgesteuerte/exogene Selektion, oder bottom-up Prozess genannt – und andererseits die willkürliche Aufmerksamkeitsverlagerung verursacht durch eine spezifische instruktionsbedingte Suchintention einer Testperson – auch zielgerichtete/endogene Selektion, oder top-down Prozess genannt (siehe z.B. Posner, 1980). Folk et al. (1992) hatten zu diesen beiden Faktoren und deren Wirkung auf die visuelle Suche ihre eigene These, die sie in mehreren Experimenten überprüften. Nach ihrer Vorstellung sind reizgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerungen nicht nur bedingt durch die Beschaffenheit eines Reizes selbst, sondern abhängig von einem Zusammenspiel von Reiz und visueller Aufgabe an sich. Besonders eine spezielle Reizeigenschaft – eine abrupte Helligkeitsveränderung – soll exogene Aufmerksamkeitsverlagerungen auslösen (z.B. Posner, 1980). Wenn allerdings die Position des Zieles zuvor mit absoluter Sicherheit bekannt ist, so wird der Effekt von Helligkeitsveränderungen in der Peripherie eliminiert (z.B. Yantis & Jonides, 1990; zitiert nach Folk et al., 1992). Außerdem sollen nur abrupt erscheinende Reize mit sich dynamisch verändernden Eigenschaften die Fähigkeit haben, reizgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerungen hervorzurufen (z.B. Jonides & Yantis, 1988; zitiert nach Folk et al., 1992). Zusammenfassend heißt das, dass die reizgesteuerte Selektion nur sensibel auf Reize reagiert, die unerwartet sind, also zuvor nicht durch die Instruktion bekannt sind und sich stets dynamisch verändern. Folk et al. gehen hingegen davon aus, dass die dynamischen Veränderungen des Reizes nicht alleine für exogene Aufmerksamkeitsverlagerungen verantwortlich sind, sondern dass die Eigenschaften, nach denen in der jeweiligen Aufgabe gesucht wird, genauso beeinflussen wie die Aufmerksamkeit gelenkt wird. Wenn nämlich sowohl die Position des Zieles, als auch die des Distraktors durch ein und dieselbe Reizeigenschaft (z.B. eine Helligkeitsveränderung) angezeigt werden, könnte die Aufmerksamkeitsverlagerung eine Folge der nicht adäquaten Suchstrategie sein, die die Testpersonen angewandt haben – nämlich anhand der Helligkeitsveränderung

fälschlicherweise davon auszugehen, dass das Ziel erscheint (z.B. Jonides & Yantis, 1988; zitiert nach Folk et al., 1992). Folk et al. postulieren daher, dass unter Bedingungen, unter denen nicht bekannt ist wo der Zielreiz auftauchen wird, reizgesteuerte Aufmerksamkeitszuweisung davon abhinge, ob der Zielreiz eine aufgabenrelevante Eigenschaft mit dem Distraktor teilt, oder nicht (*Contingent Capture Hypothese*). Folglich würde bei fehlender kritischer Eigenschaft eines dem Ziel ähnlichen Distraktors keine reizgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerung ausgelöst werden, aber ein Distraktor, der eine Eigenschaft des Zieles besitzt, die für die Suchstrategie der Testperson relevant ist (z.B. gleiche Farbe), wird die visuelle Suche derart „stören“, dass eine reizgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerung zum Distraktor vollzogen wird. Um ihre Theorie zu testen, verwendeten sie einen peripheren Hinweisreiz, der an einer der vier möglichen Zielreizpositionen auftauchte. Der Hinweisreiz zeigte entweder zu 100% richtig die nachfolgende Zielreizposition an, oder zu 100% falsch. Außerdem wurde die Eigenschaft des Hinweisreizes für das Ziel und die des Distraktors unabhängig voneinander manipuliert. Die Ergebnisse ihrer Studie zeigten, dass Einzelreize (Singletons) nur dann besonders beachtet wurden, wenn sie ein Merkmal des gesuchten Reizes besaßen, also aufgabenrelevant waren. Im Gegensatz dazu lösten Reize, die kein aufgabenrelevantes Merkmal besaßen, keine Aufmerksamkeitsverlagerung aus. Das exogene Aufmerksamkeitssystem kann also so „programmiert“ werden, dass es je nach Aufgabe sensibel auf bestimmte Merkmale reagiert – es kann also ein spezifisches Suchprogramm für die Aufgabe erstellt werden. Wenn die Suche begonnen hat und das Programm gestartet wurde, ist der Vorgang reizgesteuert. Das heißt also, wenn man ein Objekt mit bestimmten Merkmalen sucht, werden andere Objekte, die nicht das gesuchte Objekt sind, nur dann ablenken – eine zeitliche Verzögerung hervorrufen – wenn sie ein relevantes Merkmal des Zielobjektes besitzen.

Theeuwes (1991; zitiert nach Bacon & Egeth, 1994) hingegen sieht eine zielgerichtete Selektion einer speziellen Reizeigenschaft als nicht möglich an. In seinen Experimenten wählten die Testpersonen die Ziele ausschließlich anhand

ihrer hervorstechenden Reizeigenschaften, also reizgesteuert aus – war die Farbe der salientere Faktor, wurde nach der Farbe ausgewählt, war die Form hervorstechender, dominierte die Auswahl anhand der Form des Reizes – sogar dann, wenn durch die Instruktion bekannt war, dass der hervorstechende Faktor für die Zielsuche irrelevant war. Pashler (1988; zitiert nach Bacon & Egeth, 1994) wiederum fand heraus, dass wenn die Form des Zieles bekannt war, kein oder fast kein Effekt eines irrelevanten Singletons messbar war. Er führte diese Tatsache auf zwei verschiedene Suchstrategien zurück, die verwendet werden können: den *feature search* Modus, in dem eine eigens für die Aufgabe angelegte Suchstrategie mit allen bekannten und relevanten Eigenschaften des Zieles verwendet wird und den *singleton detection* Modus, in dem lediglich hervorstechende Elemente aus dem visuellen Umfeld ausgewählt werden (z.B. auch LaBerge & Brown, 1989; zitiert nach Bacon & Egeth, 1994). Wenn also alle Informationen zur Zielbeschaffenheit bekannt sind, können beide Suchstrategien angewandt werden. Ist das Aussehen des Zieles weitgehend unbekannt, ist nur der *singleton detection* Modus verfügbar. Der spezifische *feature search* Modus reagiert im Gegensatz zum *singleton detection* Modus nicht sensibel auf irrelevante Distraktoren. In den Experimenten von Theeuwes (1991, 1992; zitiert nach Bacon & Egeth, 1994) war aufgrund fehlender Informationen zum Ziel nur der *singleton detection* Modus möglich, wodurch die Testpersonen auch auf irrelevante Distraktoren reagierten. Bei Folk et al. (1992) hingegen, die die visuelle Aufmerksamkeit als auf Aufgaben programmierbar erachten, war durch genügend Zielinformationen auch der *feature search* Modus verfügbar, wodurch die Testpersonen in den jeweiligen Bedingungen irrelevante Distraktoren ignorierten. Reagieren Testpersonen in Experimenten, in denen eigentlich genügend Informationen zum Ziel vorhanden wären und somit der *feature search* Modus verwendet werden könnte trotzdem auf irrelevante Distraktoren (z.B. Theeuwes, 1992; zitiert nach Bacon & Egeth, 1994), ist es möglich, dass sie trotz Verfügbarkeit des überlegenen Modus aus irgendwelchen Gründen dennoch den *singleton detection* Modus verwendet haben (vielleicht, weil dieser schlicht und einfach weniger aufwendig ist). Diese Möglichkeit wurde von Bacon &

Egeth (1994) in ihren Experimenten überprüft. Sie modifizierten die Versuchsanordnung von Theeuwes (1992; zitiert nach Bacon & Egeth, 1994) so, dass der singleton detection Modus unattraktiv wurde. In ihrem ersten Experiment replizierten sie vorerst Theeuwes Ergebnisse von 1992, im zweiten und dritten Experiment verwendeten sie modifizierte Versuchsanordnungen um den feature search Modus als einzige Suchstrategie sinnvoll zu machen. Wie vermutet, hatten nach einer Vermeidung des singleton detection Modus Distraktoren keinen Effekt mehr. Das bedeutet, eine zielgerichtete Selektion visueller Stimuli ist unter bestimmten Bedingungen durchaus möglich: wenn durch die Instruktion alle relevanten Informationen zum Zielreiz gegeben sind und der singleton detection Modus unattraktiv ist. Sind nicht alle Informationen zum Ziel gegeben, oder ist der „einfachere“ singleton detection Modus attraktiver, ist die Suche nach dem richtigen Reiz durch bottom-up Prozesse gestört und verlängert daher die Reaktionszeiten.

Viele Studien verlagern sich darauf entweder reizgesteuerte oder zielgerichtete Selektion von visuellen Reizen als die dominierende Variante zu betrachten, aber Van Zoest et al. (2004) versuchten in ihrer Untersuchung zur visuellen Suche die Frage zu beantworten wann im zeitlichen Verlauf welche der beiden Selektionen aktiv ist. Vorstellbar wäre, dass eine zielgerichtete Selektion zum Zeitpunkt der gleichzeitigen Präsentation von Diskriminationsziel und Sakkadenziel noch nicht möglich ist und die beiden Prozesse sich gleichermaßen auf die visuelle Selektion auswirken, aber zu verschiedenen Zeitpunkten aktiv sind. Es spricht einiges für eine frühe Aktivierung von reizgesteuerter Selektion und einer eher späteren Aktivierung zielgerichteter Suche (z.b. Godjin & Theeuwes, 2002; Ludwig & Gilchrist, 2002; beide zitiert nach Van Zoest et al., 2004). Die Autoren betonen aber, die zeitliche Abfolge von bottom-up (Prozess der reizgesteuerten Selektion) und top-down (Prozess der zielgerichteten Selektion) Prozessen würde keinen Zusammenhang zwischen den beiden Vorgängen unterstellen. Beide Prozesse wirken nach Vorstellung von Van Zoest et al. unabhängig voneinander zu verschiedenen Zeitpunkten auf die visuelle Selektion ein. Um diese Vermutungen zu testen,

konstruierten die Autoren eine Reihe von Experimenten, in denen die Testpersonen einen Zielreiz unter vielen Nicht-Zielreizen und manchmal mit einem Distraktor (ein Reiz, der eine Eigenschaft mit dem Zielreiz gemeinsam hat) finden mussten. Dabei variierten sie die Eigenschaften des Distraktors über die Experimente. In Experiment 1 und 2 waren Zielreiz und Distraktor gleich bezüglich ihrer Orientierung. In Experiment 3 wurde ein Farbreiz als Distraktor verwendet. In Experiment 4 wurde die Orientierung des Distraktors relativ zu den Nicht-Zielen variiert, wobei es drei verschiedene Distraktororientierungen gab. Aus den Ergebnissen aller vier Experimente schließen die Autoren auf eine frühe reizgesteuerte Selektion und eine spätere zielgerichtete Selektion, die unabhängig voneinander agieren. Außerdem sprechen die Ergebnisse gegen den top-down kontrollierten Prozess, da es den Testpersonen in keinem der Experimente, trotz vorheriger Kenntnis der Ziel- und Distraktorbeschaffenheit, möglich war, den Distraktorreiz zu ignorieren. Sogar wenn der Distraktor in einer anderen Dimension variiert wurde (siehe Experiment 3, Farbdistraktor), war die Diskriminationsleistung verringert. Auch das Wissen, dass der Distraktor in 100% der Durchgänge präsentiert wurde, was ja eine Singleton-Suchstrategie (vgl. Bacon & Egeth, 1994) uneffektiv machen sollte, veränderte nichts an der schlechten Diskriminationsleistung durch die verwendeten Distraktoren. Selbst wenn Testpersonen die Singleton-Suchstrategie verwendet haben sollten, müsste das die Folge eines bottom-up Prozesses sein und als solcher erkennbar durch die Sakkadenlatenzen und Diskriminationsleistungen. Es zeigte sich aber, dass nur schnelle Sakkaden von der Salienz des Ziels profitieren, aber auch wenn die Testpersonen langsamere Sakkaden ausführten, litt nicht automatisch die Diskriminationsleistung. Die Ergebnisse sprechen also auch gegen einen bottom-up Prozess für die visuelle Suche. Van Zoest et al. interpretierten ihre Ergebnisse als eine Variation von reizgesteuerter und zielgerichteter Selektion über die Zeit. Schnelle Augenbewegungen (mit geringer Sakkadenlatenz) sind also reizgesteuert und langsame Augenbewegungen (mit hoher Sakkadenlatenz) im Gegensatz dazu zielgerichtet. Das heißt, wenn nach etwas Bestimmtem gesucht werden soll, werden die Sakkadenlatenzen größer sein und kleiner, wenn dies nach der Instruktion nicht

verlangt wird. Visuelle Selektion ist also nach Ansicht der Autoren das Ergebnis zweier unabhängiger Prozesse, die zu verschiedenen Zeitpunkten aktiv sind.

Einen anderen Aspekt der visuellen Selektion beleuchtet der Remote Distraktor Effekt von Walker et al. (1992): ein automatischer Prozess, der durch erregende und hemmende Prozesse im Superior Colliculus (SC) bedingt ist. Wenn man davon ausgeht, dass diese Erkenntnis den Tatsachen entspricht, muss man auch davon ausgehen, eine vorherige Kenntnis der Zielposition der Augenbewegung würde keinen Effekt auf den RDE haben, weil dieser ja automatisch auftritt (Benson, 2008). Um diese Annahme zu überprüfen, testete Benson (2008), ob vergleichbare Remote Distraktor Effekte auftreten, wenn der Ort des Sakkadenziels laut Instruktion nicht vorher bekannt gegeben wird. Sie präsentierte ihren Testpersonen die Sakkadenziele zufällig in der rechten oder linken Hemisphäre und entweder alleine, oder zusammen mit einem Distraktor, der entweder an zentraler Position, oder in der Peripherie gespiegelt zum Sakkadenziel in der anderen Hemisphäre auftreten konnte. Wenn der RDE automatisch auftritt, sollten unabhängig davon, ob die Sakkadenzielposition zuvor bekannt war oder nicht, die beobachteten Effekte für zentrale Distraktoren größer sein als für Distraktoren, die in der Peripherie präsentiert wurden. In Experiment 1, in dem zuvor nicht bekannt war wo der Sakkadenreiz auftreten wird, zeigten die Ergebnisse einen gegenteiligen Effekt im Vergleich zu Walker et al. (1997): periphere Distraktoren produzierten größere Sakkadenlatenzen (36 ms) als zentrale Distraktoren (24 ms). Benson räumte die Möglichkeit ein, dass das differierende Reizmaterial die Ergebnisse bedingen könnte – in ihrem Experiment waren Zielreize kleiner als Distraktoren. Deshalb replizierte sie in Experiment 2 die Versuchsanordnung von Walker et al. (1997) – hier war zuvor bekannt wo der Sakkadenreiz auftreten wird – mit ihrem Reizmaterial und erhielt auch ähnliche Ergebnisse: die Sakkadenlatenzen waren in allen Distraktorbedingungen höher als in der Bedingung ohne Distraktor. Außerdem produzierten periphere Distraktoren eine Verzögerung von 13 ms (vgl. Walker et al., 1997: 15 ms) und zentrale Distraktoren eine Verzögerung von 32 ms (vgl. Walker et al., 1997: 40 ms). Die veränderte Instruktion hatte also entgegen der Annahme

eines automatischen RDEs eine Auswirkung auf die Ergebnisse. Außerdem war der RDE bei einer Präsentation der Reize auf beiden Seiten größer, als bei Präsentation auf nur einer Seite. Das heißt also, der Remote Distraktor Effekt ist durch die Aufgabe selbst beeinflussbar und damit laut Benson (2008) kein reiner automatischer Effekt sondern durch zielgerichtete Selektion modifizierbar.

Nicht nur Benson (2008), sondern auch Born & Kerzel (2009) interessierte die Funktionsweise des von Walker et al. (1992) postulierten Remote Distraktor Effektes und dessen Beeinflussbarkeit durch top-down Prozesse. Im Remote Distraktor Effekt werden die Sakkadenlatenzen durch die „Störung“ eines Distraktors verlängert. Laut Folk et al. (1992) stört ein Distraktor die visuelle Suche aber nur, wenn er ein kritisches Merkmal des Ziels besitzt. In drei Experimenten untersuchten Born & Kerzel (2009) in ihrer Studie die Effekte von Ziel-Distraktor Ähnlichkeit im Remote Distraktor Effekt (RDE). Sie verwendeten dafür entweder graue oder grüne Zielreize und zentrale Distraktoren, die entweder ident mit dem Zielreiz sein konnten, oder verschieden von diesem. In Experiment 1 blieb die Zielbeschaffenheit (Farbe: grün oder grau) entweder einen ganzen Block lang gleich, oder variierte über die Durchgänge. In manchen Durchgängen wurde ein Distraktor zentral präsentiert. Im geblockten Design war also die Zielbeschaffenheit zuvor bekannt und daher sollte bei einer top-down Beeinflussung des RDE auch nur in diesem Design ein solcher Effekt messbar sein. Im gemixten Versuchsdesign wurde die Zielbeschaffenheit zufällig variiert und daher sollte hier kein Effekt auftreten. Die Ergebnisse bestätigten die Vermutungen: idente Distraktoren produzierten einen größeren RDE als unähnliche, wobei aber auch bei unähnlichen Distraktoren ein RDE gemessen wurde. Außerdem wurden bei positivem RDE die Sakkaden in der identen Distraktorbedingung genauer zum Ziel ausgeführt – möglicherweise steigt die Sakkadengenauigkeit, wenn die Sakkadengeschwindigkeit sinkt. Der Unterschied der RDEs in den Bedingungen wurde als top-down Einfluss interpretiert. In Experiment 2 wurde die Beschaffenheit des Sakkadenziels innerhalb eines Blocks konstant gehalten, aber die Richtung veränderte sich zufällig. Zusätzlich wurde in 75% der Fälle ein unähnlicher Distraktor gegenüber dem Ziel präsentiert, d.h. es

waren immer drei Reize auf dem Bildschirm zu sehen, wobei zwei dieselbe Farbe hatten. In der identen Versuchsbedingung erschien der Distraktor unerwartet, in der unähnlichen Bedingung das Ziel. Die Testpersonen mussten also eine aufgabenspezifische Suche verwenden, um das Ziel zu finden und richtig zu diskriminieren. Die gemessenen RDEs waren größer, als die in Experiment 1. Allerdings könnte der Distraktoreffekt in der identen Bedingung auch auf das plötzliche Erscheinen des Distraktors zurückzuführen sein, deshalb gestalteten Born & Kerzel noch ein drittes Experiment, um diese Möglichkeit auszuschließen. In diesem sollten die Testpersonen entweder eine Sakkade nach links oder nach rechts ausführen. Diesmal wurden nur grüne Reize verwendet, aber alle Distraktorbedingungen aus Experiment 2 und eine zusätzliche Bedingung mit einem zentralen Distraktor, der entweder ident, oder verschieden sein konnte. In dieser Bedingung gab es keine Suchaufgabe. Die Effekte in der Bedingung ohne Suchaufgabe waren gleich mit denen aus den Suchbedingungen, daher schlossen die Autoren, dass das überraschende Erscheinen eines Distraktors nicht für die größeren RDEs in Experiment 2 verantwortlich ist, sondern ein starker zielgerichteter Suchmodus für die bestimmte Reizeigenschaft (Farbe). Die Ergebnisse aller drei Experimente zeigten also, dass ähnliche Distraktoren die Sakkadenlatenzen stärker erhöhen als unähnliche Distraktoren und diese außerdem durch die Instruktion modifizierbar waren. Je besser der zielgerichtete Suchmodus an die Aufgabe angepasst wurde, also je eher die relevante Reizeigenschaft beachtet wurde, desto größer war der Ähnlichkeitseffekt. Der RDE kann also durch die Veränderung der Aufgabe beeinflusst werden. Außerdem fanden Born & Kerzel einen Zusammenhang zwischen Sakkadengeschwindigkeit und Sakkadengenauigkeit: je schneller die Sakkaden, desto ungenauer, je langsamer die Sakkaden, desto genauer (idente Bedingungen). McSorley & Findlay (2003; zitiert nach Born & Kerzel, 2009) erhielten ähnliche Ergebnisse und meinten, das augenmotorische System könnte die durch den RDE erhöhten Sakkadenlatenzen dazu nutzen, die Sakkaden zu adjustieren. Dies sei aber ein passiver Prozess, der nicht aktiv initiiert werden kann.

Ziele und Fragestellung:

Ziel dieser Studie ist es den Zusammenhang zwischen offenen und verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen genauer zu bestimmen und zu versuchen, zu Grunde liegende Mechanismen aufzudecken.

Bisherige Studien zum Zusammenhang von offenen und verdeckten Orientierungsprozessen, wie z.B. Deubel (2008), Deubel & Schneider (1996), Filali-Sadouk et al. (2010), Godjin & Theeuwes (2003) oder Hoffmann & Subramaniam (1995) stellten einen engen Zusammenhang zwischen den beiden Konstrukten fest. Deubel & Schneider (1996) erkannten in ihrer Studie einen obligatorischen Zusammenhang in der Art, dass sich offene Orientierungsprozesse auf verdeckte Orientierungsprozesse auswirken. In der jetzigen Studie wird versucht zu zeigen, dass sich auch verdeckte Orientierungsprozesse auf offene Orientierungsprozesse, also verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerungen auf offene Augenbewegungen auswirken. Zieht man dazu die Contingent Capture Hypothese von Folk et al. (1992) heran – wenn durch die Aufgabenbeschreibung bekannt ist, wo der Zielreiz auftauchen wird, hängt reizgesteuerte Aufmerksamkeitszuweisung davon ab, ob der Distraktor eine relevante Eigenschaft mit dem Zielreiz teilt – wird deutlich, dass die Aufmerksamkeit vorab nur dann auf Ziele gelenkt wird, wenn sie dem Zielreiz in relevanten Eigenschaften ähneln. Das Reizmaterial von Deubel & Schneider (1996) ist bei Betrachtung unter diesem Gesichtspunkt dafür nicht optimal geeignet, denn als Distraktoren wurden digitale 2er und 5er verwendet und die Diskriminationsziele stellten entweder ein „E“, oder ein digitaler „3er“ dar. Die Distraktoren bewirken also nach der Contingent Capture Hypothese keine unwillkürliche Aufmerksamkeitszuweisung. Auch das Sakkadenziel, wofür eine farbige Ellipse verwendet wurde, erfüllt diese Voraussetzung nicht. Das bedeutet, die Ergebnisse von Deubel & Schneider berücksichtigen vielleicht nicht alle Faktoren, die auf das Zusammenspiel der Orientierungsprozesse einwirken. Will man also feststellen, ob reizgesteuerte Aufmerksamkeitsverlagerungen durch die Aufgabenstellung willentlich beeinflusst werden können und sich in Folge auf die Augenbewegungen

auswirken, muss man diesen Aspekt ebenfalls in die Überlegungen mit einbeziehen. Dazu sind auch die Erkenntnisse von Bacon & Egeth (1994) relevant: zielgerichtete Selektion mittels des sogenannten feature search Modus ist dann möglich, wenn die Zielreize durch die Aufgabe genau definiert sind, also das Suchprogramm genau geplant und mit allen Informationen gefüttert werden kann und der sogenannte singleton detection Modus, der automatisch und reizgesteuert die Aufmerksamkeit auf herausstechende Reize im visuellen Feld lenkt, in einer Versuchsanordnung unattraktiv ist. Reizgesteuerte Selektion passiert dann, wenn nicht genügend Informationen für den überlegenen feature search Modus verfügbar sind, oder durch die Aufgabengestaltung der einfachere singleton detection Modus vorgezogen wird. Je besser also der Suchmodus an die Aufgabe angepasst ist, desto größer ist der verzeichnete Ähnlichkeitseffekt von Distraktoren, die eine relevante Eigenschaft mit dem Zielreiz teilen, der sich in höheren Sakkadenlatenzen zeigt (Born & Kerzel, 2009). Verwendet man also eine Versuchsanordnung, in der eine willkürliche Aufmerksamkeitszuweisung vor einer Sakkade möglich wird, ist zusätzlich relevant, wie viele Distraktoren verwendet werden, denn pro Distraktor wird sich auch die Sakkadenlatenz erhöhen (Adam et al., 2008). Außerdem zeigen die Erkenntnisse von Belopolsky & Theeuwes (2009), dass die Sakkadenlatenz erhöht wird, wenn Diskriminationsziel und Sakkadenziel nicht am gleichen Ort präsentiert werden, also erst ein zusätzlicher Aufmerksamkeitswechsel zum Sakkadenziel vorgenommen werden muss.

Wendet man diese Erkenntnisse zur Gestaltung einer Versuchsanordnung zum Zwecke der Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsverlagerungen und Sakkaden an und verändert das Reizmaterial von Deubel & Schneider so, dass eine willkürliche Aufmerksamkeitsverlagerung vor der Sakkade ausgelöst werden kann, so kann man von folgender Auswirkung auf die Sakkadenlatenzen ausgehen: wird eine verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung an einen Ort ausgeführt, sollte eine Sakkade zu diesem Ort begünstigt werden, also weniger Zeit in Anspruch nehmen (valide Bedingung). Dagegen sollte eine Sakkade

zu einem Ort, der davor nicht verdeckt beachtet wurde, in ihrer Ausführung zeitlich benachteiligt sein (nicht valide Bedingung).

Außerdem kontrollieren laut Rizzalotti et al. (1987) die gleichen neuronalen Mechanismen die selektive räumliche Aufmerksamkeit und räumliche motorische Antworten, das heißt wenn ein Reiz eine verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung auslöst, wird laut Rizzalotti et al. davon ausgegangen, dass dahin auch eine Sakkade programmiert wird. Dabei ist die Distanz von zwei Reizen ausschlaggebend (z.B. Walker et al, 1997): Werden zwei Reize nacheinander auf gegenüberliegenden Seiten präsentiert und nur zum nachfolgenden soll eine Augenbewegung ausgeführt werden, resultiert dies in einer verzögert ausgeführten Sakkade, wobei die Verzögerung durch die Löschung des einen Motorprogramms entsteht, das ja durch die unterschiedliche Position des zweiten Reizes nicht mehr benötigt wird. Das heißt durch die verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung hin zum zuerst präsentierten Reiz sind bei Präsentation des zweiten Reizes, zu dem eine Augenbewegung ausgeführt werden soll, an jeder anderen Stelle der gegenüber liegenden Hemisphäre die Sakkadenlatenzen erhöht (siehe auch Benson, 2008).

Demzufolge kann auch davon ausgegangen werden, dass ein Zusammenhang zwischen Sakkadenlatenzen und der Seite der Reize besteht: Sakkadenlatenzen sollten geringer ausfallen, wenn beide Reize auf derselben Seite präsentiert werden, aber größer, wenn die beiden Reize auf verschiedenen Seiten erscheinen.

Experimente:

Um die oben genannten Annahmen zu überprüfen, wurden zwei verschiedene Experimente durchgeführt. Beide Experimente sollten den Hauptaspekt testen, ob die Farbheterogenität an sich – die farbigen Singletonhinweisreize betreffend – die Aufmerksamkeit auf sich zieht und sich auf die Sakkaden auswirkt (vgl. Contingent Capture), also vor der Ausführung einer Sakkade willkürlich die Aufmerksamkeit auf die Position des Hinweisreizes gelenkt wird.

Experiment 1:

Um die hypothetischen Schlussfolgerungen aus der eingangs vorgestellten Literatur zu überprüfen, wurde ein Experiment gestaltet, das deren Überprüfung ermöglicht. Dazu wurde einerseits auf das Reizmaterial geachtet, um die Anforderung zur Contingent Capture zu erfüllen – es wurden ähnliche Reize verwendet und Contingent Capture sollte durch einen Farbsingleton hergestellt werden – andererseits auf die Anordnung, um die zweite Hypothese zu testen – dabei war es wichtig die bilaterale Präsentation zu ermöglichen und nicht nur einen Reiz pro Seite zu verwenden, demzufolge wurden je zwei Reizpositionen rechts und links vom Mittelpunkt vorgesehen und jeweils eine Distraktorposition oben und unten.

In dem für diese Untersuchung verwendeten Experiment wurden in jedem Durchgang drei verschiedene Displays gezeigt. Im ersten Display informierte ein grüner Farbreiz die Testperson, dass nur eine Augenbewegungsaufgabe auszuführen war, der blaue Farbreiz, dass zusätzlich zur Augenbewegung eine Diskriminationsaufgabe gelöst werden musste und das Diskriminationsziel am selben Ort wie der blaue Singleton erscheinen würde.

Die Testpersonen in Experiment 1 wurden gebeten im ersten Display anhand der Farbe des Symbols zu entscheiden, ob zusätzlich zur Augenbewegung eine Diskrimination durchgeführt werden sollte (blauer Farbreiz) oder nicht (grüner Farbreiz) und sich die Position des blauen Symbols zu merken, da an dieser im zweiten Display das Diskriminationstarget erscheinen würde. Zusätzlich dazu war im

zweiten Display das rote Symbol (Sakkadenziel) zu beachten. Das dritte Display gab das Startsignal zur Ausführung der Augenbewegung.

Methode:

Stichprobe:

An dem Experiment nahmen insgesamt 11 Testpersonen zwischen 18 und 60 Jahren teil, wovon fünf Testpersonen weiblich und zehn Personen Rechtshänder waren.

Alle Testpersonen hatten ausreichende Sehkraft für das Experiment.

Zwei Testpersonen konnten in der Auswertung nicht berücksichtigt werden bzw. mussten extrahiert werden, da ihre Antworten nicht mit den dargebotenen Stimuli übereinstimmten.

Jede Testperson absolvierte 10 Blöcke des Experiments, wobei ein Block aus 64 Einzelversuchen bestand. Das heißt, es gäbe im Idealfall jeweils insgesamt 640 aufgezeichnete Durchgänge von jeder Testperson.

Experimentelles Setup:

Das Experiment wurde in einem abgedunkelten Kellerraum mit diffusem, indirektem Licht durchgeführt. Die Testpersonen wurden instruiert ihr Kinn auf eine ausgerichtete Auflage zu platzieren, ihre Stirn gegen eine darauf befestigte Stirnauflage zu lehnen und die Position möglichst zu halten. Die Betrachtungsdistanz zum Bildschirm betrug 57 cm. Durch diese Betrachtungsdistanz entsprach 1° Blickwinkel genau 1 cm am Bildschirm und 0,039 Pixel. Die visuellen Stimuli wurden auf einem 19 Zoll Farbbildschirm mit einer Framerate von 100 Hz und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel präsentiert. Die Augenbewegungen wurden mit einem Eyelink 1000 (SR Research, Osgoode, ON, Canada) gemessen. Jedes Experiment startete mit einer neun Punkt Kalibrierung des Eyetrackers, in der die Testperson der Reihe nach bestimmte Positionen am Bildschirm fixieren musste. Für die Auswertung wurden die Daten des Auges verwendet, das die genaueren Messungen lieferte.

Stimuli:

Die Stimuli und der Ablauf eines Durchgangs sind ersichtlich in Abbildung 1 und 2 (siehe Seite 45). Die Reize, die nicht als Ziele fungierten, waren hellgrau und alle Reize wurden auf einem schwarzen Hintergrund gezeigt. In dem Experiment wurden drei verschiedene Reiz-Displays verwendet, die nacheinander präsentiert wurden. Alle drei bestanden aus sechs Reizen, die auf einem imaginären Kreis mit einem Durchmesser von $15,6^\circ$ (von der Mitte eines Reizes bis zur Mitte des gegenüber liegenden Reizes) um ein hellgraues Fixationskreuz arrangiert waren, das den Mittelpunkt des Kreises darstellte und $1,56^\circ$ hoch und breit war. Display 1, im Folgenden *Aufgaben-Display* genannt, definierte die Aufgabe und enthielt sechs digitale „8er“ mit einer Breite von $1,17^\circ$ und einer Höhe von $1,95^\circ$, von denen einer ein farbiger Einzelreiz (Singleton) war. Dieser zeigte entweder mittels eines blauen „8ers“ (= Diskriminationshinweisreiz, im Folgenden mit DC abgekürzt) eine Diskriminationsaufgabe und eine örtliche Übereinstimmung mit dem darauf folgenden Diskriminationsziel (im Folgenden *passend* genannt, ersichtlich in Abbildung 1, Seite 44), oder mittels eines grünen „8ers“ eine einfache Augenbewegungsaufgabe ohne zusätzliche Diskrimination an (im Folgenden *unpassend* genannt, ersichtlich in Abbildung 2, Seite 44). Das bedeutet, in jedem einzelnen Durchgang war es Zufall, ob ein blauer, oder grüner DC die Aufgabe einleitete. Der DC konnte an beiden Positionen rechts oder links vom Fixationskreuz erscheinen, aber nie ober- oder unterhalb davon. Der blaue DC (*passend*) fungierte dabei als valider Hinweisreiz, da er zu 100% die Position des Diskriminationszieles (im Folgenden mit DT abgekürzt) anzeigte. Der grüne DC (*unpassend*) hingegen bestimmte die Aufgabe nur eine Augenbewegung auszuführen und war nur zu 25% an derselben Position wie der folgende Sakkadenhinweisreiz. Display 2, im Folgenden *Ziel-Display* genannt, enthielt das DT, das in der *passend*-Bedingung am selben Ort wie der blaue DC präsentiert wurde, und den Sakkadenhinweisreiz (im Folgenden mit SC abgekürzt). Das DT war entweder ein digitaler „3er“ (Breite = $1,17^\circ$, Höhe = $1,95^\circ$) oder ein „E“ (Breite = $1,17^\circ$, Höhe = $1,95^\circ$) und der SC wurde immer in der Farbe Rot gezeigt. Die restlichen Reize waren hellgrau. DT und SC

wurden unabhängig voneinander zufällig variiert und konnten jeweils die beiden Positionen rechts und links vom Fixationskreuz einnehmen. Dadurch ergeben sich zwei Seitenpositionsverhältnisse: DT und SC auf derselben Seite (SS-Bedingung), DT und SC auf unterschiedlichen Seiten (US-Bedingung) und zwei Höhenpositionsverhältnisse: DT und SC auf derselben Höhe (SH-Bedingung) und DT und SC auf unterschiedlichen Höhen (UH-Bedingung). Zusätzlich ergaben sich dadurch vier gemischte Positionsverhältnisse: SS/SH bedeutete DT und SC waren ident (valide Bedingung), SS/UH bedeutete DT und SC wurden auf einer Seite benachbart präsentiert, US/SH ergab sich, wenn das DT z.B. links oben und der SC rechts oben erschien und in der Bedingung US/UH erschienen DT und SC diagonal zueinander. Display 3, das *Sakkaden-Display*, zeigte sechs hellgraue Kreise mit einer Liniendicke (Ring) von $0,39^\circ$ und einem Durchmesser von $3,9^\circ$ und enthielt das Sakkadenziel (im Folgenden ST genannt). So ergibt sich als gesamtes Versuchsdesign: zwei mögliche DC-Farben (passend, unpassend) x vier mögliche DC/DT-Orte (oben/links, unten/links, oben/rechts, unten/rechts) x vier mögliche SC/ST-Orte (oben/links, unten/links, oben/rechts, unten/rechts). Diese wurden unabhängig voneinander variiert, d.h. in den meisten Fällen waren die Positionen der Diskriminations- und Sakkadenreize nicht ident (nicht valide Bedingungen). Es gab 10 Blöcke zu jeweils 64 Einzeldurchgängen, also insgesamt 640 Durchgänge.

Ablauf:

Nach der Kalibrierung wurde die Testperson gebeten während eines Durchgangs nicht zu blinzeln, da der Eyetracker sonst nicht in der Lage wäre die Augenbewegungen aufzuzeichnen. Danach erhielten die Probanden eine Erklärung der Aufgabe. Anschließend konnte das Experiment gestartet werden. Nach jedem Block gab es eine Pause, die von der Testperson selbst durch Drücken der Leertaste beendet werden konnte. Der erste Block wurde hierbei als Testblock verwendet, um die Aufgabe zu üben, die restlichen neun wurden ausgewertet.

Ein Durchgang begann mit der Präsentation eines hellgrauen Fixationskreuzes in der Mitte des schwarzen Displays für eine Sekunde, das bis zum Sakkaden-Display mit

den Augen fixiert werden sollte. Danach wurde für 50 ms das Passungs-Display gezeigt, in dem anhand des farbigen Singletons unterschieden werden musste, welche Aufgabe ausgeführt werden sollte. Die Position des Diskriminationszieles war also zuvor immer bekannt, die des Sakkadenzieles wurde zufällig auf den vier möglichen Positionen variiert. Anschließend wurde für 450 ms ein schwarzes Display mit hellgrauem Fixationskreuz präsentiert, auf den wieder 50 ms das Ziel-Display folgte. Hier sollte in der passenden Bedingung das DT gemerkt werden und zusätzlich musste darauf geachtet werden, auf welcher Position sich der SC befand. In der unpassenden Bedingung musste nur auf die Position des SC geachtet werden. Danach wurde für 450 ms ein schwarzes Display mit hellgrauem Fixationskreuz gezeigt. Im Sakkaden-Display, das für 50 ms präsentiert wurde, sollte so schnell wie möglich die Augenbewegung zum Sakkadenziel, also zu dem Kreis, der sich an derselben Position wie das rote Symbol, der SC, im Ziel-Display befand, ausgeführt werden. Nach den 50 ms sah die Testperson wieder einen schwarzen Bildschirm mit hellgrauem Fixationskreuz, wobei hier die Diskrimination rückgemeldet werden sollte. War das DT ein „E“, musste die Taste „F“ betätigt werden, war es ein digitaler „3er“, die Taste „J“. Die Testpersonen bekamen keine Rückmeldung über die Richtigkeit der Diskriminationsaufgabe. Nach der Diskriminationsrückmeldung musste die Fixierung des Kreuzes durch Betätigung der Leertaste bestätigt werden, womit ein neuer Durchgang gestartet wurde. Den Testpersonen war es erlaubt nach jedem Durchgang eine kurze Pause zu machen und nach der Hälfte der Durchgänge war eine längere Pause von 15 Minuten vorgesehen. Diese konnte aber durch Betätigung der Leertaste je nach Wunsch frühzeitig abgebrochen werden. Insgesamt benötigte man für alle Durchgänge etwa 60 bis 90 Minuten. Der Computer zeichnete sowohl die Reaktionszeiten (im Folgenden RT genannt) der Sakkaden, als auch die Augenbewegung selbst auf.

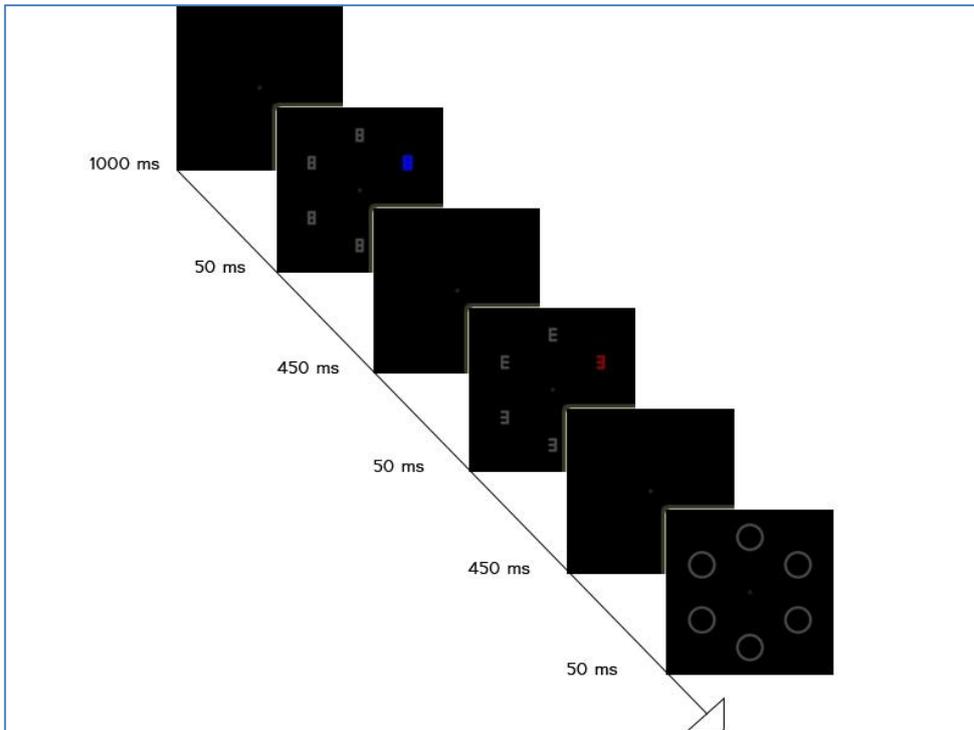


Abbildung 1 zeigt den Ablauf des Experiments unter der passend-Bedingung – Sakkade und Diskrimination waren auszuführen. In diesem Beispiel sind DT und SC ident.

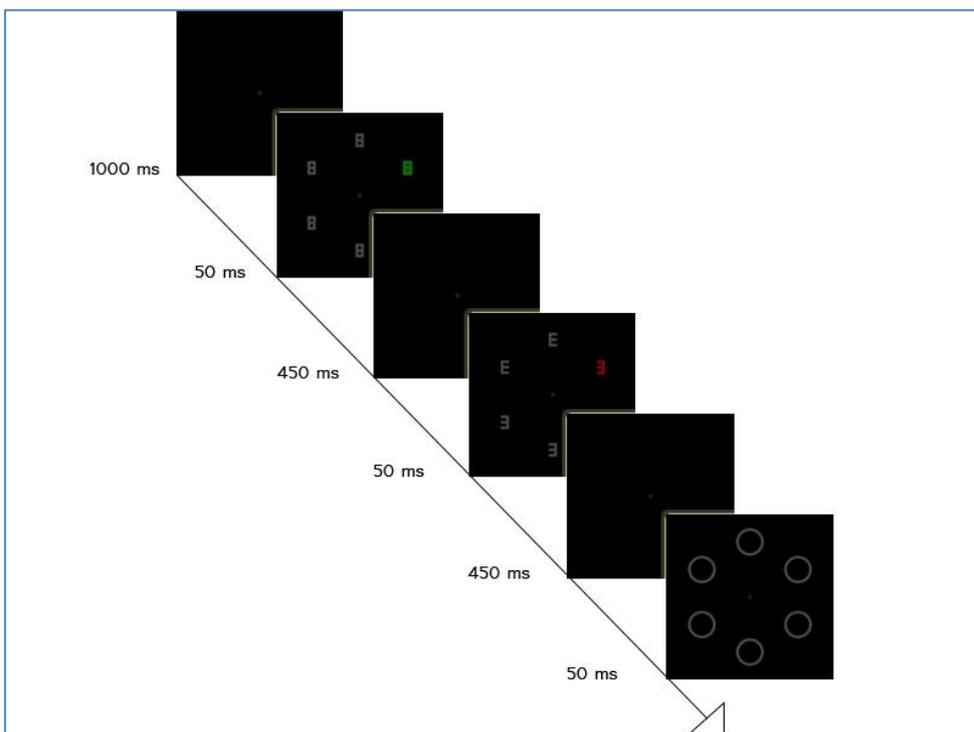


Abbildung 2 zeigt den Ablauf des Experiments unter der unpassend-Bedingung – nur eine Augenbewegung war zu vollführen.

Ergebnisse:

Die ersten Durchgänge einer Testperson wurden als Testdurchgänge verwendet, da die Aufgabe erst geübt werden musste. Es wurden nur Durchgänge gewertet, in denen die Sakkade im richtigen Zeitfenster (100 ms bis 1000 ms nach dem Start-Signal) und zum richtigen Ziel durchgeführt wurde. Außerdem wurden in der passend-Bedingung nur jene Durchgänge in die Berechnung mit einbezogen, in denen auch das Diskriminationstarget rückgemeldet wurde – damit sollte sichergestellt werden, dass nur solche Durchgänge gewertet werden, in denen auch eine verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung durchgeführt wurde.

Auswirkungen auf die Sakkaden:

Für die Mediane der korrekten Sakkaden mit den Variablen Versuchsbedingung (passend/unpassend), Seite (SS/US) und Höhe (SH/UH) der Hinweisreiz-Ziel-Relationen wurde eine Messwiederholungs-ANOVA (englisch für Analysis of Variance) berechnet, welche lediglich einen signifikanten Interaktionseffekt von Seite/Höhe mit $F(1,9) = 5,81$, $p < .38$ ergab. Es gab keinen signifikanten Haupteffekt der einzelnen Faktoren.

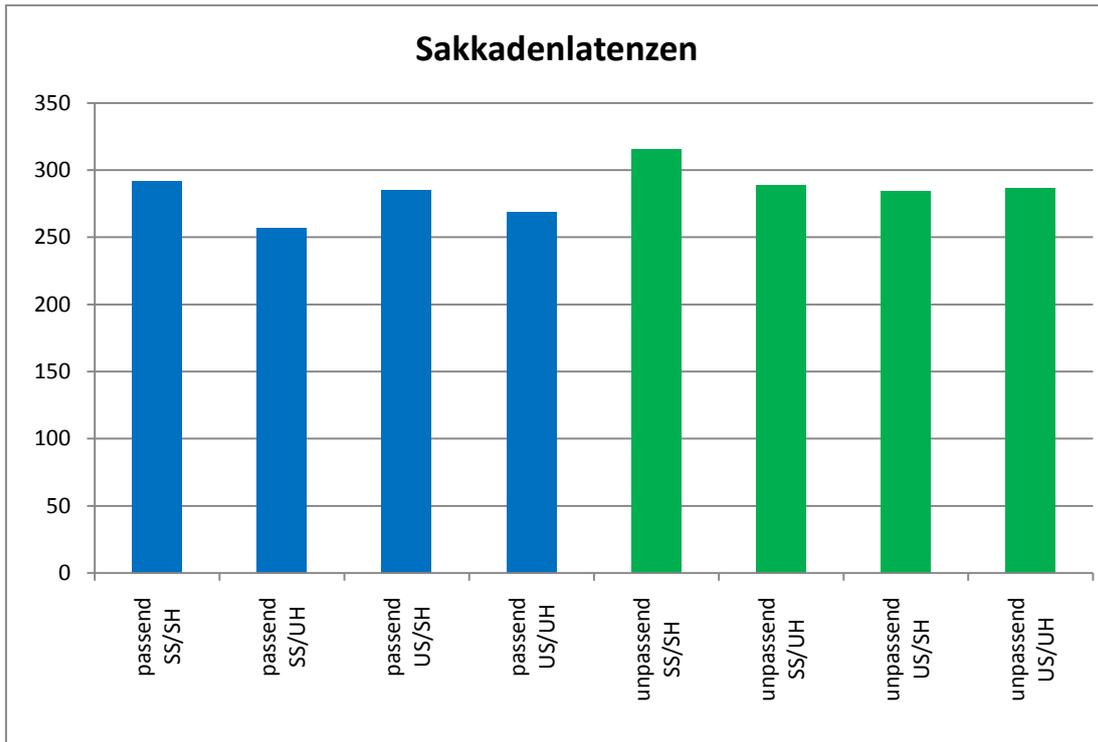


Abbildung 3: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) für die Faktoren Seite und Höhe getrennt nach den Versuchsbedingungen (passend/unpassend).

(SS/SH = selbe Seite/selbe Höhe, SS/UH = selbe Seite/unterschiedliche Höhe, US/ = unterschiedliche Seite/selbe Höhe, US/UH = unterschiedliche Seite/unterschiedliche Höhe; blaue Balken = passend-Bedingung, grüne Balken = unpassend-Bedingung)

Die grafische Aufbereitung der Mediane für die mittlere Dauer bis zum Einsetzen der Sakkade (für einen Überblick siehe Abb. 3) deutet den signifikanten Interaktionseffekt der Faktoren Seite und Höhe bereits an. Herausstechend ist hier der eher träge Beginn der Blickbewegung in der Faktorkombination SS/SH (291,75 ms in der passend-Bedingung; 315,5 ms in der unpassend-Bedingung). In der unpassend-Bedingung gibt es eher weniger Variation in den anderen Positionskombinationen (SS/UH bei 289,15 ms, US/SH bei 284,25 ms, US/UH bei 286,25 ms), in der passend-Bedingung hingegen schon: hier wurde der zweitlangsamste Beginn der Augenbewegung mit 285,35 ms in der Kombination US/SH verzeichnet, danach folgt mit 268,5 ms US/UH, also diagonale Positionen und am schnellsten setzte die Sakkade in dieser Bedingung bei Präsentation auf benachbarten Plätzen ein mit 256,4 ms (SS/UH).

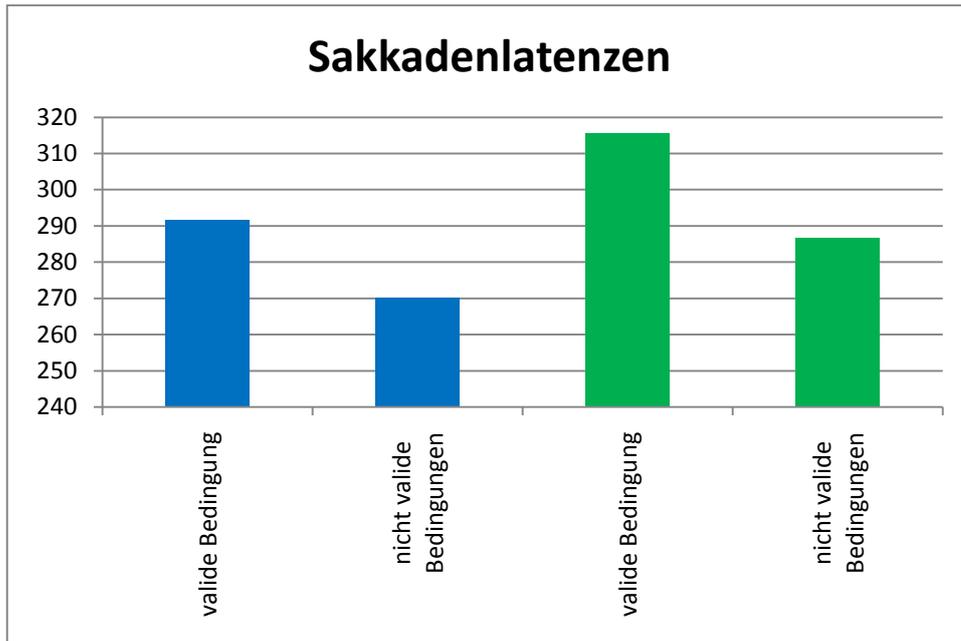


Abbildung 4: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) getrennt nach valider Bedingung und nicht-validen Bedingungen und den Versuchsbedingungen (passend/unpassend).

(Valide Bedingung = SS/SH, nicht valide Bedingungen = SS/UH; US/SH; US/UH; blaue Balken = passend-Bedingung, grüner Balken = unpassend-Bedingung)

In Abbildung 4 sind die mittleren Sakkadenlatenzen (Mediane) nach Versuchsbedingungen (passend/unpassend) und valide/nicht valide Bedingung getrennt ersichtlich. In dieser Grafik ist zu sehen, dass in der validen Bedingung (SS/SH) die Sakkadenlatenzen mit 291,75 ms in der passend-Bedingung und 315,5 ms in der unpassend-Bedingung höher sind, als in den nicht validen Bedingungen (270,08 ms in der passend-Bedingung, 286,55 ms in der unpassend-Bedingung).

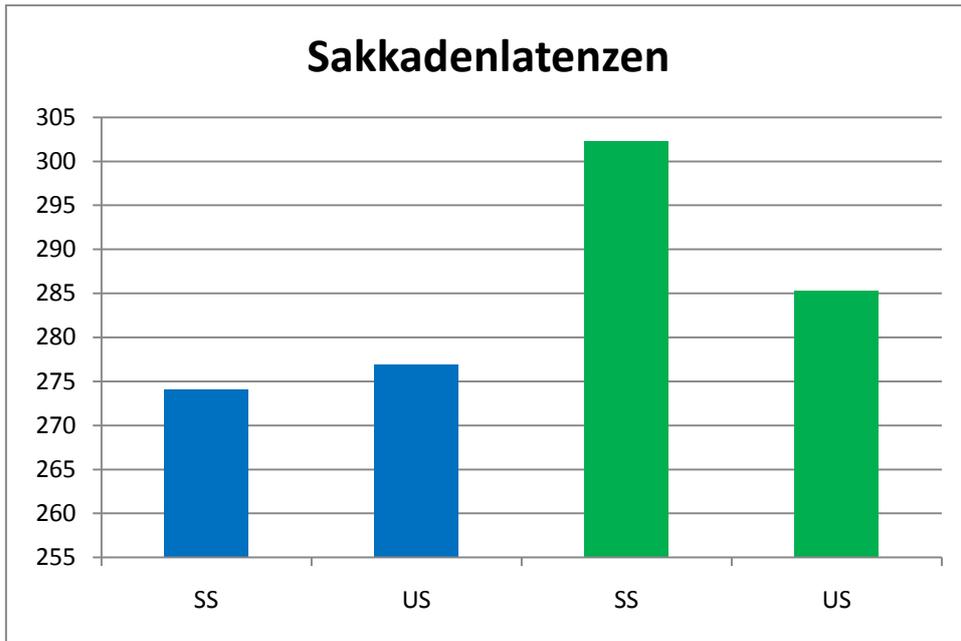


Abbildung 5: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) getrennt nach Seitenpositionsverhältnissen (SS/US) und den Versuchsbedingungen (passend/unpassend).

(SS = selbe Seite, US = unterschiedliche Seiten; blaue Balken = passend-Bedingung, grüner Balken = unpassend-Bedingung)

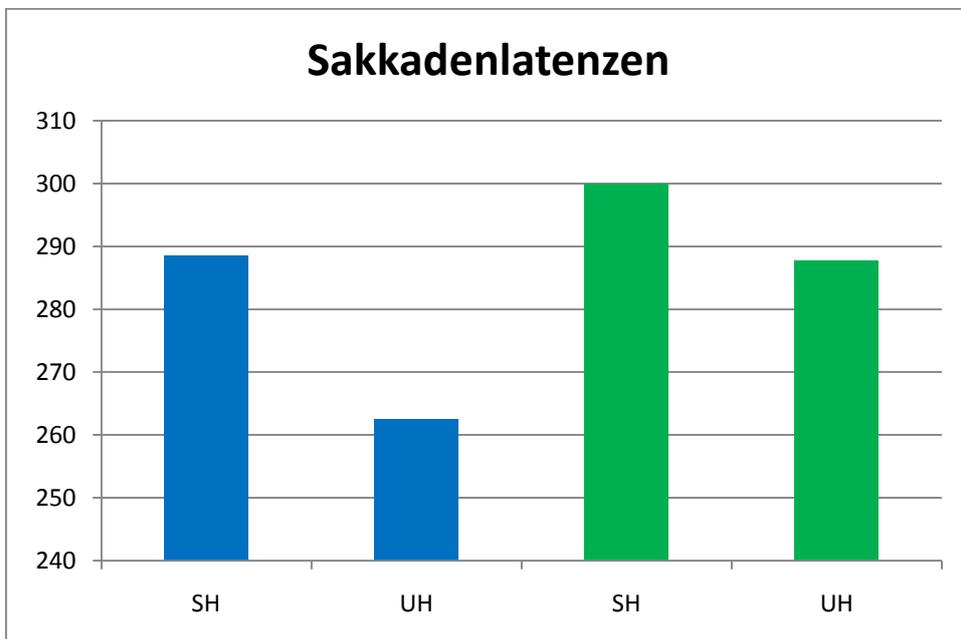


Abbildung 6: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) getrennt nach Höhenpositionsverhältnissen (SH/UH) und den Versuchsbedingungen (passend/unpassend).

(SH = selbe Höhe, UH = unterschiedliche Höhen; blaue Balken = passend-Bedingung, grüner Balken = unpassend-Bedingung)

In Abbildung 5 sind die Sakkadenlatenzen nach Seitenpositionsverhältnissen (SS/US) und Versuchsbedingungen (passend/unpassend) aufgesplittet. Mit großem Abstand setzt die Sakkade in der unpassend-Bedingung bei Präsentation der Reize auf derselben Seite mit 302,33 ms am spätesten ein, auf unterschiedlichen Zeiten auch verzögert mit 285,25 ms. In der passend-Bedingung wurden dagegen eher schnellere Sakkaden gemessen (SS: 274,08 ms, US: 276,93 ms). Ein ähnliches Bild zeigt sich, wenn man die Sakkadenlatenzen nach den Höhenpositionsverhältnissen (SH/UH) und den Versuchsbedingungen (passend/unpassend) getrennt betrachtet (siehe Abbildung 6): wieder ist hier mit Abstand die langsamste Sakkade in der unpassend-Bedingung bei Präsentation der Reize auf selber Höhe gemessen worden (299,88 ms). Knapp langsamer als die Sakkade in der unpassend-Bedingung (UH: 287,7 ms) war diesmal die Sakkade in der passend-Bedingung und Präsentation auf gleicher Höhe die zweitlangsamste mit 288,55 ms. Die schnellste Sakkade wurde in der passend-Bedingung bei Präsentation auf unterschiedlichen Höhen gemessen (UH: 262,45 ms). Betrachtet man Abbildung 5 und 6 nebeneinander, ist hier der signifikante Interaktionseffekt zwischen Seite und Höhe sehr deutlich.

Tabelle 1	passend-Bedingung	passend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung
Mittlere Zeit bis zur Sakkade	SS	US	SS	US
MW	242,83 ms	230,88 ms	258,89 ms	238,94 ms
Std	70,88 ms	74,16 ms	75,95 ms	70,02 ms

Tabelle 1: Sakkadenlatenz für die Bedingungen passend und unpassend und dem Faktor Seite.

(MW = Mittelwert, Std = Standardabweichung, SS = selbe Seite, US = unterschiedliche Seite)

In Tabelle 1 sind die gemittelten Sakkadenlatenzen in den jeweiligen Bedingungen aufgelistet. Auffällig ist hier, dass niedrigere Reaktionszeiten bei Präsentation der Hinweisreize auf verschiedenen Seiten erzielt wurden: es dauerte in der passend-Bedingung nur durchschnittlich 230,88 ms (siehe grüne Markierung) bis die Sakkade zum ST einsetzte, in der unpassend-Bedingung durchschnittlich 238,94 ms. Dagegen waren die Sakkadenlatenzen bei Präsentation der Hinweisreize auf derselben Seite deutlich höher – in der passend-Bedingung wurden durchschnittlich 242,83 ms bis

zum Start der Sakkade benötigt, in der unpassend-Bedingung sogar 258,89 ms (siehe rote Markierung).

Tabelle 2	passend - Bedingung	passend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung
Mittlere Dauer der Sakkade	SS	US	SS	US
MW	70,19 ms	66 ms	68,69 ms	68,56 ms
Std	12,36 ms	7,69 ms	9,24 ms	9,61 ms

Tabelle 2: Sakkadendauer für die Bedingungen passend und unpassend und dem Faktor Seite.

(MW = Mittelwert, Std = Standardabweichung, SS = selbe Seite, US = unterschiedliche Seite)

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, wurden in der passend-Bedingung bei Präsentation der Hinweisreize auf unterschiedlichen Seiten durchschnittlich besonders schnelle Sakkaden gemessen (siehe grüne Markierung in Tab. 2, 66 ms). Dahingegen dauerte die Sakkade in der passend-Bedingung mit Präsentation auf derselben Seite durchschnittlich 70,19 ms. In der unpassend-Bedingung dauerten die Sakkaden sowohl bei Präsentation auf derselben, als auch auf unterschiedlichen Seiten relativ gleich lange mit 68,69 ms (SS) und 68,56 ms (US).

Auswirkungen auf die Blickgenauigkeit:

Zusätzlich zu den Sakkadenlatenzen wurden per Eyetracker die Blickrichtung bzw. -bewegung der Testpersonen dokumentiert. Um die Auswirkungen auf die Blickgenauigkeit zu untersuchen, wurde eine Messwiederholungs-ANOVA (englisch für Analysis of Variance) mit den drei Faktoren Versuchsbedingung (passend/unpassend), Seite (SS/US) und Höhe (SH/UH) der Hinweisreiz-Ziel-Relationen gerechnet, wobei drei signifikante Effekte verzeichnet wurden: der Hauptfaktor Versuchsbedingung ist mit $F(1,6) = 10,79$ und $p < .02$ signifikant, die Zweifach-Interaktion Seite/Höhe mit $F(1,6) = 9,13$ und $p < .02$ und die Dreifach-Interaktion Versuchsbedingung/Seite/Höhe mit $F(1,6) = 28,28$ und $p < .002$.

Der signifikante Haupteffekt des Faktors Versuchsbedingung ist auch in Abbildung 7 nochmals grafisch aufbereitet. In der unpassend-Bedingung war die Genauigkeit der Sakkade zum Zentrum des Kreises mit nur 15,96 Pixel Abweichung deutlich besser, als in der passend-Bedingung mit 17,59 Pixel Abweichung.

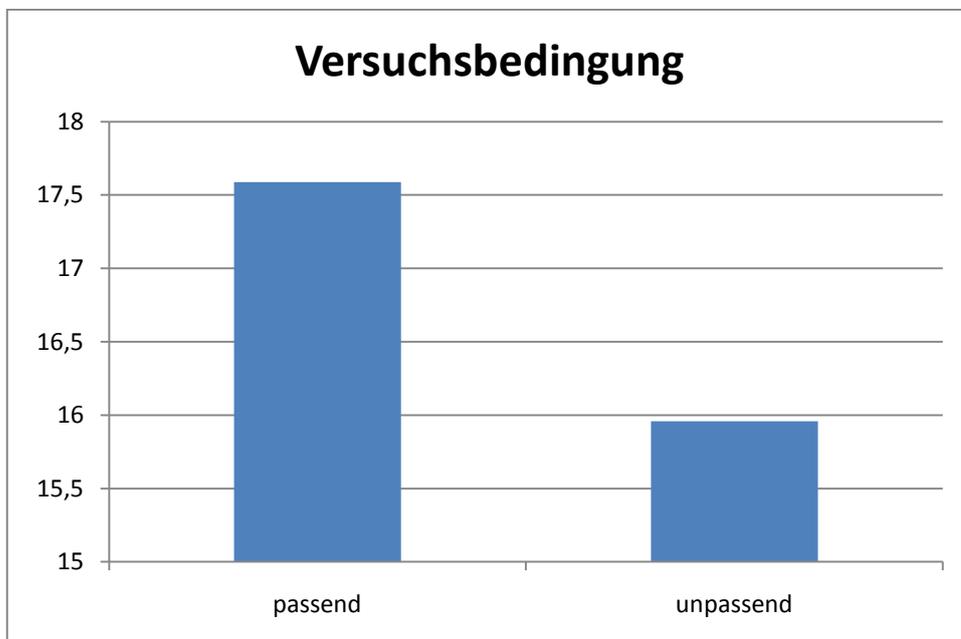


Abbildung 7: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) für den Faktor Versuchsbedingung (passend/unpassend). Die Blickgenauigkeit wurde in Pixel gemessen.

Abbildung 8 gibt einen Überblick über die verschiedenen Kombinationen. In der passend-Bedingung ergaben sich Abweichungen von 15,76 Pixel in der Kombination SS/SH, 19,11 Pixel bei SS/UH, 18,56 Pixel bei US/SH und 16,92 Pixel bei US/UH. In der unpassend-Bedingung lagen die Abweichungen bei 14,95 bei SS/SH, 15,86 Pixel bei SS/UH, 16,59 Pixel bei US/SH und 16,43 Pixel bei US/UH.

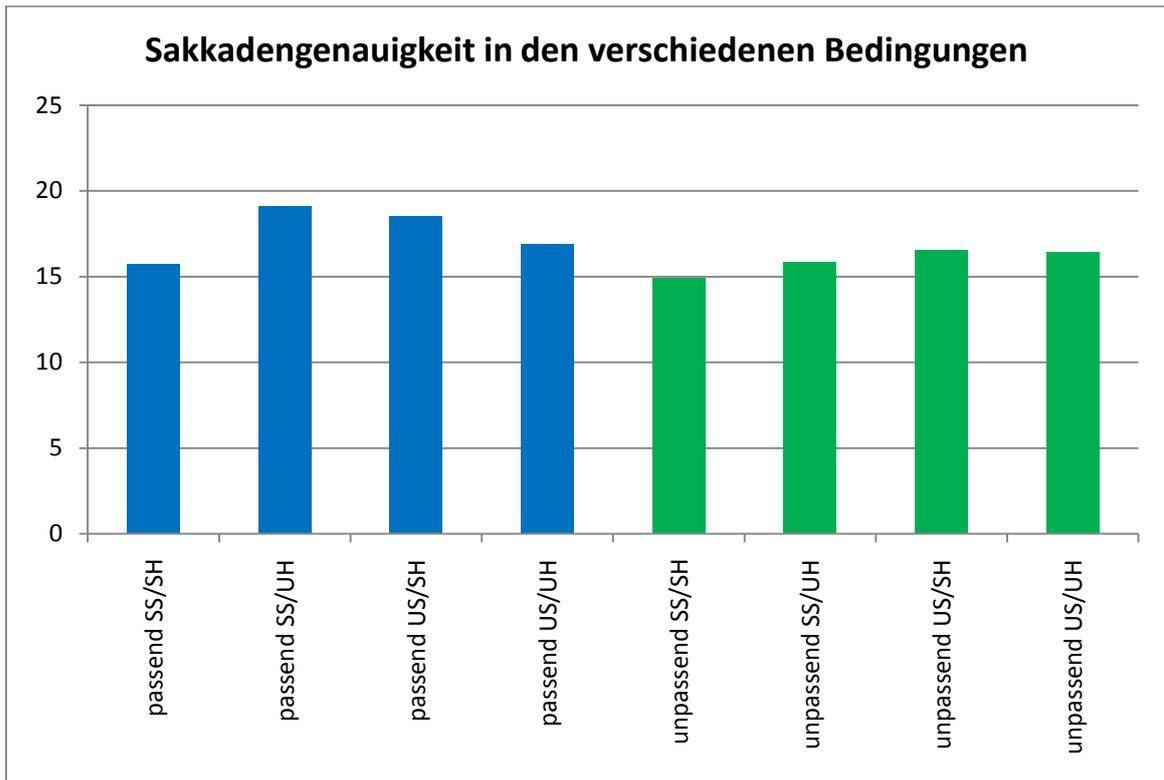


Abbildung 8: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) gesplittet nach Versuchsbedingung/Seite/Höhe. Die Blickgenauigkeit wurde in Pixel gemessen. (SS/SH = selbe Seite/selbe Höhe, SS/UH = selbe Seite/unterschiedliche Höhe, US/ = unterschiedliche Seite/selbe Höhe, US/UH = unterschiedliche Seite/unterschiedliche Höhe)

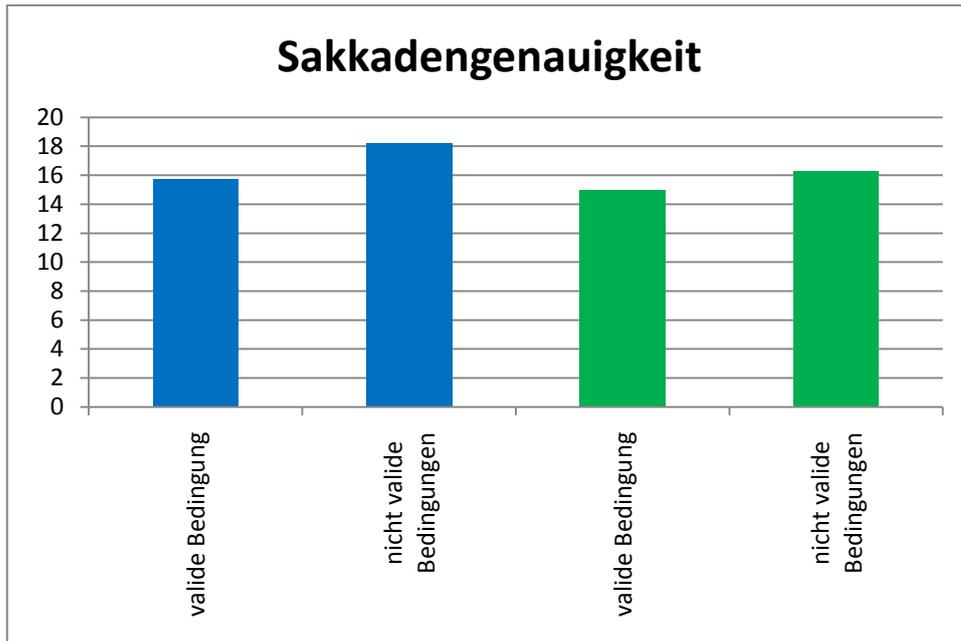


Abbildung 9: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) getrennt nach valider Bedingung und nicht-validen Bedingungen und den Versuchsbedingungen (passend/unpassend). Die Blickgenauigkeit wurde in Pixel gemessen.

(Valide Bedingung = SS/SH, nicht valide Bedingungen = SS/UH; US/SH; US/UH; blaue Balken = passend-Bedingung, grüner Balken = unpassend-Bedingung)

Betrachtet man die Sakkadengenauigkeit getrennt nach valider Bedingung und nicht valider Bedingung (siehe Abbildung 9), ist erkennbar, dass eine valide Hinweisung zu einem Reiz einen positiven Effekt auf die Genauigkeit der Sakkaden hatte. Sowohl in der passend-Bedingung, als auch in der unpassend-Bedingung waren die Sakkaden genauer, wenn die Reize auf einer identen Position (SS/SH) präsentiert wurden (15,76 Pixel in der passend-Bedingung und 14,99 Pixel in der unpassend-Bedingung). Dagegen waren in allen anderen nicht validen Positionskombinationen die Sakkaden weniger genau: 16,29 Pixel in der unpassend-Bedingung und 18,19 Pixel in der passend-Bedingung.

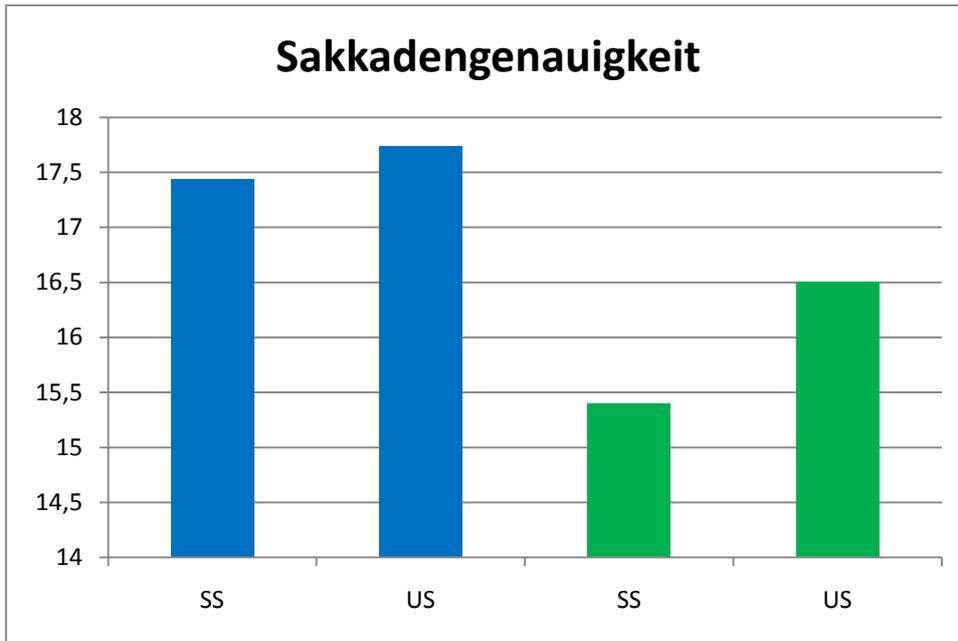


Abbildung 10: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) getrennt nach Seitenpositionsverhältnissen (SS/US) und den Versuchsbedingungen (passend/unpassend). Die Blickgenauigkeit wurde in Pixel gemessen. (SS = selbe Seite, US = unterschiedliche Seiten; blaue Balken = passend-Bedingung, grüner Balken = unpassend-Bedingung)

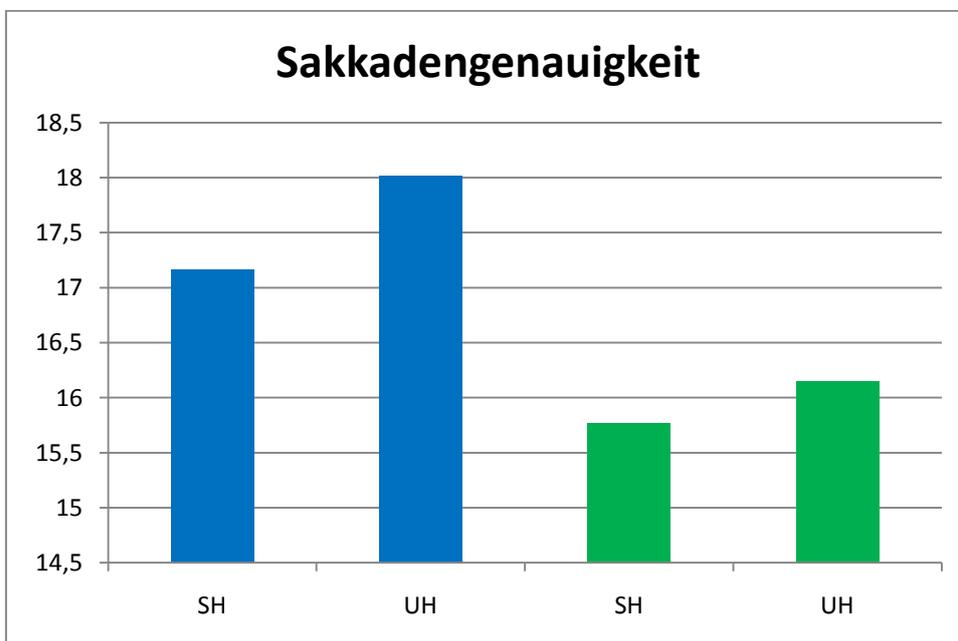


Abbildung 11: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) getrennt nach Höhenpositionsverhältnissen (SH/UH) und den Versuchsbedingungen (passend/unpassend). Die Blickgenauigkeit wurde in Pixel gemessen. (SH = selbe Höhe, UH = unterschiedliche Höhen; blaue Balken = passend-Bedingung, grüner Balken = unpassend-Bedingung)

Auch der signifikante Interaktionseffekt von Seite/Höhe ist im Vergleich von Abbildung 10 und 11 deutlich zu sehen. In der unpassend-Bedingung wurden vergleichsweise die genauesten Sakkaden gemessen: am genauesten waren die Sakkaden in den Kombinationen SS (15,40 Pixel) und SH (15,77 Pixel), gefolgt von UH (16,14 Pixel) und US (16,51 Pixel). Die Sakkaden in der passend-Bedingung waren deutlich ungenauer mit SH (17,16 Pixel), SS (17,44 Pixel), US (17,74 Pixel) und UH (18,01 Pixel).

Wurden die Hinweisreize auf derselben Seite und in selber Höhe präsentiert, waren die Sakkaden mit 14,95 Pixeln in der unpassend-Bedingung und 15,76 Pixeln in der passend-Bedingung am nächsten zum Zentrum des Kreises (siehe Tabelle 3, grüne Markierungen). Im Vergleich dazu waren die Sakkaden in Fällen, in denen die Hinweisreize nicht an derselben Stelle gezeigt wurden, beeinträchtigt und zwar am meisten in der passend-Bedingung.

Tabelle 3	passend - Bedingung	passend - Bedingung	passend - Bedingung	passend - Bedingung
Mittlere Genauigkeit der Sakkade	SS/SH	SS/UH	US/SH	US/UH
MW	15,76	19,11	18,56	16,92
Std	13,33	16,37	15,75	13,56
Mittlere Genauigkeit der Sakkade	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung
	SS/SH	SS/UH	US/SH	US/UH
MW	14,95	15,86	16,59	16,43
Std	12,24	13,75	13,79	14,11

Tabelle 3 gibt die Genauigkeit der Sakkaden in Pixel an – gesplittet nach der jeweiligen Bedingung und dem Präsentationsort. (MW = Mittelwert, Std = Standardabweichung, SS/SH = selbe Seite/selbe Höhe, SS/UH = selbe Seite/unterschiedliche Höhe, US/ = unterschiedliche Seite/selbe Höhe, US/UH = unterschiedliche Seite/unterschiedliche Höhe)

Diskussion:

Auswirkungen auf die Sakkadenlatenzen:

In Bezug auf die Sakkadenlatenzen zeigen die Ergebnisse dieses Experiments keine signifikanten Haupteffekte einzelner Faktoren, weder die Versuchsbedingung, noch die Seite, oder die Höhe scheinen isoliert für eine Beeinflussung der Sakkadenlatenzen verantwortlich zu sein, d.h. weder die Aufgabenstellung (passend/unpassend), noch der Präsentationsort der beiden Hinweisreize (Seite/Höhe) bedingen alleine wie schnell eine Blickbewegung zu einem Ziel gestartet werden kann – zumindest in dieser Stichprobe.

Eine verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung an eine Position hätte nach der Erwartung die Sakkade beschleunigen sollen, aber das Gegenteil war der Fall: bei Präsentation der Reize an einer identen Position (valide Bedingung) war sowohl in der unpassend-Bedingung, als auch in der passend-Bedingung die Sakkadenlatenzen höher, als in allen anderen nicht validen Bedingungen. Das einzige signifikante Ergebnis war ein Interaktionseffekt der Faktoren Seite und Höhe (siehe Abbildungen 5 und 6, Seite 49). Es wurde davon ausgegangen, dass die Präsentation auf derselben Seite eine Beschleunigung der Sakkaden bewirken sollte, aber auf die Seite bezogen war das nur in der passend-Bedingung der Fall, wenn auch sehr knapp. In der unpassend-Bedingung war auf die Seite bezogen das Gegenteil der Fall: eine Präsentation der Reize auf derselben Seite verzögerte das Einsetzen einer Sakkade immens. Allerdings kommt dazu, dass der Faktor Seite offenbar mit dem Faktor Höhe interagiert und daher müssen die Ergebnisse in Kombination betrachtet werden. In Bezug auf die Höhe wurde bei Präsentation der Reize auf derselben Höhe sowohl in der unpassend-Bedingung, als auch in der passend-Bedingung eine große Latenz im Vergleich zur Präsentation auf unterschiedlicher Höhe gemessen. In Relation betrachtet, würden die Ergebnisse für folgende Interpretation sprechen: auf derselben Seite und derselben Höhe präsentierte Reize verzögern Sakkaden, auf unterschiedlicher Seite und unterschiedlicher Höhe zeigte hingegen beschleunigen das Einsetzen von Sakkaden.

Auswirkungen auf die Sakkadengenauigkeit:

Hinsichtlich der Genauigkeit der Sakkaden ergab das Experiment 1 drei signifikante Ergebnisse. Zuerst wurde ein Haupteffekt des Faktors Versuchsbedingung für die Sakkadengenauigkeit (siehe Abbildung 7, Seite 52) aufgezeichnet – es war also relevant, ob im jeweiligen Durchgang eine Diskriminationsaufgabe zusätzlich zur Sakkade durchgeführt werden musste. Eine zusätzliche Belastung durch die Diskriminationsaufgabe schlug sich in deutlich geringerer Treffsicherheit in Bezug auf die Sakkade zum Kreismittelpunkt nieder. Im Gegensatz dazu war es leichter die Sakkade genauer zur Mitte des Kreises zu vollführen, wenn dies die einzige Aufgabe in dem jeweiligen Durchgang war. In punkto Validität ist bei der Treffsicherheit der Sakkade die Erwartung eingetreten (siehe auch Abbildung 9, Seite 54): eine willentliche Aufmerksamkeitsverlagerung zu einer Position vor der Sakkade begünstigte dessen Genauigkeit, d.h. in der validen Bedingung waren die Sakkaden in beiden Versuchsbedingungen genauer, als in den nicht validen Bedingungen. Das zweite signifikante Ergebnis betrifft den Interaktionseffekt von Seite und Höhe (siehe auch Abbildungen 10 und 11, Seite 55), d.h. eine isolierte Betrachtung des Faktors Seite auf die Sakkadengenauigkeit ist wenig sinnvoll. In der unpassend-Bedingung wirkte sich eine Präsentation der Hinweisreize sowohl in punkto selbe Seite, als auch selbe Höhe besonders günstig auf die Genauigkeit der Sakkaden aus. Im Vergleich dazu waren die Sakkaden auf unterschiedlichen Seiten und Höhen weniger genau. In der passend Bedingung zeigte sich dasselbe Verhältnis, wenn auch die Sakkaden grundsätzlich ungenauer waren, als in der unpassend Bedingung: die Präsentation auf derselben Seite und derselben Höhe hatte genauere Sakkaden zur Folge, als unterschiedliche Seiten- bzw. Höhenpräsentation. Die Dreifachinteraktion Versuchsbedingung/Seite/Höhe war ebenfalls ein signifikantes Ergebnis in Experiment 1. Die Genauigkeit der Sakkaden war am ehesten in der passend-Bedingung beeinträchtigt, wobei die Blickgenauigkeit bei Präsentation der Reize am selben Ort, oder diagonal zueinander noch am besten war. In der unpassend-Bedingung war die Genauigkeit nicht so sehr beeinträchtigt, wie in der passend-Bedingung. War nur eine Aufgabe auszuführen, scheint der positive

Einfluss der Seite auf die Blickgenauigkeit größer zu sein – wurden die Reize zumindest auf derselben Seite präsentiert, war die Sakkade genauer, als bei Präsentation auf unterschiedlicher Seite.

Experiment 2 (Kontrollexperiment):

Experiment 2 war grundsätzlich identisch zu Experiment 1. Der einzige Unterschied lag in der Instruktion der Testpersonen, die diesmal gebeten wurden im Ziel-Display immer das rote Symbol zu beachten – dieses diente also sowohl als DT, als auch als SC. Das bedeutet aber auch, es gab keinen validen Hinweisreiz mehr für das DT.

Ziel dieses Kontrollexperiments war es, die Konfundierung des Faktors „Gedächtnisaufgabe“ zu dokumentieren, d.h. heraus zu finden, ob das Erinnern des DTs einen Einfluss auf die durchgeführten Sakkaden hat.

Methode:

Stichprobe:

An dem Experiment nahmen insgesamt 11 Testpersonen zwischen 18 und 32 Jahren teil, wovon 4 Testpersonen weiblich waren. Alle Personen waren Rechtshänder. Außerdem hatten alle Testpersonen ausreichende Sehkraft für das Experiment, wobei drei Personen Brillen-, oder Kontaktlinsenträger waren und es konnte bei keiner der Testpersonen eine Farbsehschwäche festgestellt werden.

Die Daten von zwei Testpersonen konnten nicht ausgewertet werden, weil einerseits die Kontaktlinsen einer Testperson eine genaue Messung der Augenposition unmöglich machten und andererseits die Antworten einer zweiten Testperson nicht mit den dargebotenen Reizen korrelierten.

Jede Testperson absolvierte 10 Blöcke des Experiments, wobei ein Block aus 64 Einzelversuchen bestand. Das heißt, es gäbe im Idealfall jeweils insgesamt 640 aufgezeichnete Durchgänge von jeder Testperson.

Experimentelles Setup:

Experiment 2 war eine exakte Kopie von Experiment 1 mit dem einzigen Unterschied, dass hierbei nicht mehr das Symbol, das auf den DC (blauer digitaler Achter) folgte als DT fungierte, sondern immer der SC (rotes Symbol) berichtet

werden sollte. Demzufolge war die Position des DT/SC in keinem Durchgang vorher bekannt.

Stimuli:

Die verwendeten Stimuli waren ident zu denen, die in Experiment 1 verwendet wurden. Es gab 10 Blöcke zu jeweils 64 Einzeldurchgängen, also insgesamt 640 Durchgänge.

Ablauf:

Nach der Kalibrierung, die ident zu Experiment 1 durchgeführt wurde, folgten wieder eine Erklärung der Aufgabe und der anschließende Start der zehn Blöcke mit jeweils 64 Einzeldurchgängen, also insgesamt 640 Durchgängen. Nach jedem Block gab es wieder eine Pause, die selbst beendet werden konnte. Der erste Block wurde als Testblock verwendet, die restlichen neun ausgewertet.

Der Ablauf des Experiments war ident mit Experiment 1, bis auf die Instruktion bezüglich des DTs. In diesem Experiment sollte das rote Symbol als DT fungieren und dementsprechend in der passend-Bedingung rückgemeldet werden. Das bedeutet, das DT war immer ident mit dem SC, aber die Position des DT war daher nicht vorher bekannt.

Ergebnisse:

Die ersten Durchgänge einer Testperson wurden wieder als Testdurchgänge verwendet und nur Durchgänge gewertet, in denen die Sakkade im richtigen Zeitfenster (100 ms bis 1000 ms nach dem Start-Signal) und zum richtigen Ziel durchgeführt wurde. Außerdem wurden in der passend-Bedingung nur jene Durchgänge in die Berechnung mit einbezogen, in denen auch der Sakkadenhinweisreiz (rotes Symbol) rückgemeldet wurde – damit sollte sichergestellt werden, dass auch nur solche Durchgänge gewertet werden, in denen auch eine verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung durchgeführt wurde.

Auswirkungen auf die Sakkaden:

Eine Messwiederholungs-ANOVA (englisch für Analysis of Variance) mit den drei Faktoren Versuchsbedingung (passend/unpassend), Seite (SS/US) und Höhe (SH/UH) der Hinweisreiz-Ziel-Relationen ergab keine signifikanten Haupteffekte ($p > .24$) und es wurden weder signifikante Zweifach-Interaktionen ($p > .27$), noch eine signifikante Dreifach-Interaktion ($p > .40$) gefunden.

Tabelle 4	passend - Bedingung	passend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung
Mittlere Zeit bis zur Sakkade	SS	US	SS	US
MW	230,09 ms	229,93 ms	234,84 ms	233,31 ms
Std	61,83 ms	60,11 ms	58,72 ms	71,65 ms

Tabelle 4 zeigt die Sakkadenlatenzen in der passend-Bedingung und der unpassend-Bedingung mit dem Faktor Seite. (MW = Mittelwert, Std = Standardabweichung, SS = selbe Seite, US = unterschiedliche Seite)

Die gemittelten Reaktionszeiten der passend-Bedingung (230,09 ms und 229,93 ms, siehe Tab. 4) liegen unter den Reaktionszeiten der unpassend-Bedingung (234,84 ms und 233,31 ms, siehe Tab. 4) und in Bezug auf die Präsentationsseiten liegen die Reaktionszeiten bei Präsentation auf unterschiedlichen Seiten (229,93 ms in der passend-Bedingung und 233,31 ms in der unpassend-Bedingung, siehe Tab. 4) unter den Reaktionszeiten bei Präsentation auf selben Seiten (230,09 ms in der passend-Bedingung und 234,84 ms in der Sakkadenbedingung, siehe Tab. 4).

Tabelle 5	passend - Bedingung	passend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung
Mittlere Dauer der Sakkade	SS	US	SS	US
MW	67,47 ms	66,69 ms	66,66 ms	66,13 ms
Std	5,04 ms	4,99 ms	5,29 ms	5,28 ms

Tabelle 5 zeigt die Sakkadendauer in der passend-Bedingung und der unpassend-Bedingung mit dem Faktor Seite. (MW = Mittelwert, Std = Standardabweichung, SS = selbe Seite, US = unterschiedliche Seite)

In Bezug auf die Dauer der Sakkaden sind die Mittelwerte eher gleich mit 67,47 ms und 66,69 ms für die passend-Bedingung und 66,66 ms bzw. 66,13 ms in der unpassend-Bedingung (ersichtlich in Tab. 5).

Auswirkungen auf die Blickgenauigkeit:

Zusätzlich zu den Sakkadenlatenzen wurden per Eyetracker die Blickrichtung bzw. –
bewegung der Testpersonen dokumentiert. Eine Messwiederholungs-ANOVA
(englisch für Analysis of Variance) mit den drei Faktoren Versuchsbedingung
(passend/unpassend), Seite (SS/US) und Höhe (SH/UH) der Hinweisreiz-Ziel-
Relationen ergaben weder einen signifikanten Haupteffekt ($p > .62$), noch eine
signifikante Zweifach-Interaktion ($p > .14$) bzw. Dreifach-Interaktion ($p > .34$).

Tabelle 6	passend - Bedingung	passend - Bedingung	passend - Bedingung	passend - Bedingung
Mittlere Genauigkeit der Sakkade	SS/SH	SS/UH	US/SH	US/UH
MW	18,56	18,95	19,58	18,39
Std	20,03	20,38	20,72	19,86
Mittlere Genauigkeit der Sakkade	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung	unpassend - Bedingung
	SS/SH	SS/UH	US/SH	US/UH
MW	19,27	19,20	18,98	19,29
Std	20,96	20,64	20,54	21,02

Tabelle 6 gibt die Genauigkeit der Sakkaden zur Mitte des Kreises in Pixel an – gesplittet nach der jeweiligen Versuchsbedingung und dem Präsentationsort. (MW = Mittelwert, Std = Standardabweichung, SS/SH = selbe Seite/selbe Höhe, SS/UH = selbe Seite/unterschiedliche Höhe, US/ = unterschiedliche Seite/selbe Höhe, US/UH = unterschiedliche Seite/unterschiedliche Höhe)

Aus Tabelle 6 ist ersichtlich, dass es zwischen den verschiedenen Bedingungen nur geringe Abweichungen gibt.

Diskussion:

In Experiment 2 sollte der Faktor „Gedächtnisaufgabe“, der bei der Diskriminationsaufgabe zu tragen kommt, dokumentiert werden. Allerdings konnten weder hinsichtlich der Sakkadenlatenz, noch der Dauer der Sakkaden, oder der Blickgenauigkeit signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen festgestellt werden.

Anhand dieser Daten ist also nicht davon auszugehen, die Gedächtnisaufgabe, die bei der Diskrimination der Symbole erfüllt werden muss, würde die Sakkaden beeinflussen.

Allgemeine Diskussion:

Ziel dieser Studie war es den Zusammenhang zwischen offenen und verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen genauer zu bestimmen.

Es wurde davon ausgegangen, dass es einen engen Zusammenhang zwischen verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen und offenen Aufmerksamkeitsverlagerungen (Sakkaden) gibt. Wenn eine vorangegangene verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung an das Ziel einer Sakkade durchgeführt wurde, also im Falle einer validen Ankündigung des Sakkadenorts (SS/SH), sollte die folgende Sakkade von der vorangegangenen Aufmerksamkeitsverlagerung profitieren. Umgekehrt sollte die Ausführung einer Sakkade beeinträchtigt sein, wenn die vorangegangene verdeckte Aufmerksamkeitsverlagerung nicht zum Sakkadenziel hin ausgeführt wurde (nicht valide Bedingung).

Die in diesen Experimenten verwendete Methode zur Messung des Einflusses von verdeckten auf offene Aufmerksamkeitsverlagerungen beinhaltete auch eine Gedächtnisaufgabe – also das Merken des Diskriminationszieles. Um eine Beeinflussung durch die Gedächtnisaufgabe auf die Sakkadenprogrammierung auszuschließen, wurde in Experiment 2 geprüft, ob das Erinnern eines Reizes einen Einfluss auf die Ausführung einer Sakkade hat. Die Ergebnisse zeigten keinen Effekt der Gedächtnisaufgabe – weder auf die Geschwindigkeit, noch die Genauigkeit der Sakkade. Daher kann davon ausgegangen werden, dass das Erinnern eines Buchstabens keine großen Auswirkungen auf die Programmierung einer Sakkade hat.

Aufgrund der Ergebnisse zu den Sakkadenlatenzen aus Experiment 1 kann zwar grundsätzlich von einem engen Zusammenhang zwischen offenen und verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen ausgegangen werden, allerdings zeigt sich dieser aufgrund der Daten anders als erwartet. Es konnte weder eine Beschleunigung der Sakkade im validen Fall gefunden werden, noch eine allgemeine Beeinträchtigung in der nicht validen Bedingung. Darüber hinaus dürfte für den Zusammenhang

zwischen offenen und verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen zusätzlich zu den Faktoren Bedingung und Seite auch der Faktor Höhe relevant sein. Es kann aufgrund der Daten ein Interaktionseffekt der Faktoren Seite und Höhe festgestellt werden – bei Präsentation der Hinweisreize auf unterschiedlicher Höhe waren die Sakkadenlatenzen geringer, auf derselben Höhe setzten die Sakkaden verzögert ein. Außerdem war der jeweilige Effekt stärker, wenn die Stimuli auf derselben Seite erschienen.

Die zusätzliche Aufzeichnung der Blickgenauigkeit in dieser Untersuchung – bezogen auf den Kreismittelpunkt des Sakkadentargets – lieferte überraschende Ergebnisse.

Die Aufgabenstellung, also passend-Bedingung versus unpassend-Bedingung, wirkte sich hier signifikant auf die Genauigkeit der Sakkaden aus. Musste während des Durchgangs zusätzlich zur Sakkade auch eine Diskriminationsaufgabe bewältigt werden, war die Blickgenauigkeit stark beeinträchtigt, wenn nur eine Sakkade ausgeführt werden sollte, trafen die Sakkaden eher in näherer Umgebung des Kreismittelpunktes auf. Außerdem wurde in Hinblick auf die Sakkadengenauigkeit ein Zusammenwirken der Faktoren Seite und Höhe festgestellt. Eine Präsentation der Stimuli am selben Ort war der Sakkadengenauigkeit mit Abstand am zuträglichsten. Bei diagonalen Präsentation war die Sakkade schon weniger genau, am weitesten entfernt vom Mittelpunkt des Sakkadentargets waren allerdings Präsentationen, die benachbart stattfanden. Die Interaktion der Faktoren Bedingung, Seite und Höhe rundet die Ergebnisse zur Sakkadengenauigkeit ab – am ehesten war die Genauigkeit durch die zusätzliche Diskriminationsaufgabe beeinflusst, wobei in dieser Bedingung die Sakkaden noch am genauesten waren, wenn Diskriminationsziel und Sakkadenhinweisreiz an ein und demselben Ort, oder diagonal zueinander präsentiert wurden. Musste nur eine Sakkade ausgeführt werden, hatte besonders die Präsentation der Stimuli auf derselben Seite positive Auswirkung auf die Genauigkeit der Sakkaden. Allerdings gilt es hier zu bedenken, dass Seite und Höhe über die Variable „Distanz“ miteinander konfundieren – in der Faktorenkombination SS/SH sind die Items näher, als in der Faktorkombination

US/SH – daher kann nicht klar gesagt werden, ob der Faktor Seite zur Blickgenauigkeit beigetragen hat.

Betrachtet man Sakkadenlatenz und Sakkadengenauigkeit gemeinsam, ergibt sich folgendes Bild:

Eine zusätzliche Aufgabe bewirkt zwar kein verzögertes Einsetzen der Sakkade, aber die Sakkadengenauigkeit ist beeinträchtigt.

Werden Diskriminationsziel und Sakkadenhinweisreiz am gleichen Ort, also auf derselben Seite und derselben Höhe, präsentiert, setzt die Sakkade am langsamsten ein, aber sie trifft dafür auch am genauesten den Mittelpunkt des Sakkadenziels.

Werden die Reize zwar auf derselben Seite, aber auf unterschiedlicher Höhe gezeigt, setzt die Sakkade am schnellsten ein, aber sie trifft auch sehr schlecht den Mittelpunkt des Sakkadentargets.

Präsentiert man Diskriminationsziel und Sakkadenhinweisreiz auf unterschiedlichen Seiten, aber in derselben Höhe, setzt die Sakkade zwar sehr langsam ein, aber trifft auch am ungenauesten.

Zeigt man die Reize diagonal zueinander, setzt die Sakkade eher schnell ein und ist auch eher genau.

Die Ergebnisse dieser Studie sprechen also in Hinblick auf Latenzen und Genauigkeit der Sakkaden ebenfalls für einen obligatorischen Zusammenhang von offenen und verdeckten Orientierungsprozessen. Die Annahme, unter anderem z.B. von Deubel & Schneider (1996), die einen gemeinsamen Aufmerksamkeitsmechanismus vermuteten, der sowohl die Objekte für Wahrnehmung und Erkennung auswählt, als auch die Informationen für motorische Aktionen bestimmt, liegt hier durchaus nahe, denn anscheinend ist es nur möglich einen Ort möglichst genau zu betrachten, wenn die Augenbewegung dorthin gut geplant ist und daher auch verzögert einsetzt. Außerdem scheint eine benachbarte Präsentation der Reize einen erheblichen Nachteil zu beinhalten, der an die Erkenntnisse von Walker et al. (1997) erinnert. Wenn zwei Ziele an benachbarten Positionen präsentiert werden, geht die Sakkade nicht genau auf ein Ziel, sondern tendiert eher zur Mitte zwischen

den Zielen, wird also ungenauer. Allerdings besagt das Remote Distraktor Paradigma, dass innerhalb von 20° Umkreis keine Verzögerung einer Sakkade auftritt und außerhalb von 20° Umkreis die Genauigkeit nicht beeinträchtigt ist. Dies ist hier allerdings nicht der Fall, denn sowohl das eine, als auch das andere trifft laut den Daten der Studie zu: eine Präsentation der Reize an benachbart zueinander liegenden Positionen wirkte sich sowohl sehr nachteilig auf die Sakkadenlatenz, als auch auf die Genauigkeit der Augenbewegung aus.

Wenn man, wie Van Zoest et al. (2004), davon ausgeht, dass schnelle Sakkaden reizgesteuert funktionieren und langsame Sakkaden absichtsgesteuert und diese Erkenntnis auf die Ergebnisse dieser Studie überträgt, so könnte man die Genauigkeit der Sakkade als einen Hinweis auf Absichtssteuerung, bzw. als ein Maß dafür wie erfolgreich oder genau die Aufgabe bewältigt wurde, verstehen. Die Daten dieser Studie harmonieren aber nur mit den Erkenntnissen von Van Zoest et al. (2004), wenn man exklusiv die Ergebnisse der unilateralen Präsentation der Reize betrachtet. Sobald die Reize nämlich gleichzeitig auf beiden Seiten des Gesichtsfeldes erschienen, war das Verhältnis genau umgekehrt: langsamere Sakkaden sind bei bilateraler Präsentation sehr ungenau, schnelle Sakkaden eher genau.

Auch Born & Kerzel (2009) fanden einen Zusammenhang zwischen Sakkadenlatenzen und Sakkadengenauigkeit: je schneller die Sakkaden, desto ungenauer, je langsamer, desto genauer sind sie – zumindest in der identen Bedingung. In der identen Bedingung stimmt diese Feststellung mit den in dieser Studie erhaltenen Daten genau überein – die Sakkade setzte am langsamsten ein, war aber auch am genauesten. Auch bei benachbart präsentierten Reizen auf derselben Seite stimmen die Daten mit den Erkenntnissen von Born & Kerzel überein – eine sehr schnelle Sakkade, die aber gleichzeitig sehr ungenau trifft. Die Kombination unterschiedliche Seiten/gleiche Höhe und eine diagonale Präsentation hingegen hatten den gegenteiligen Effekt zu den in Born & Kerzels Studie festgestellten Daten. Es scheint also eine Übereinstimmung hinsichtlich der Seite, die betrachtet wird, zu geben: die Daten der beiden Studien gehen konform, wenn

die Reize auf derselben Seite, unabhängig von der Höhe, betrachtet werden, handelt es sich aber um eine gleichzeitige Präsentation in beiden Hemisphären kommen die Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Der Unterschied zu den Ergebnissen der beiden zuletzt genannten Studien könnte an der voneinander differierenden Anordnung der Reize auf dem Display liegen. Sowohl die Reize in der Studie von Van Zoest et al. (2004), als auch die von Born & Kerzel (2009) waren gleich weit voneinander positioniert. In der für diese Experimente verwendeten Anordnung war ein Reiz von einem benachbart liegendem Reiz auf derselben Seite weniger weit entfernt, als von einem Reiz, der auf der gegenüber liegenden Seite zu sehen war (siehe z.B. Abb. 1, Seite 45).

Um den Zusammenhang der beiden Orientierungsprozesse noch besser aufzuklären, sollte in zukünftigen Studien die Variable „Distanz“ größere Beachtung finden, da eine Art Distanzeffekt nicht auszuschließen ist. In weiteren Studien sollte daher der Faktor „Distanz“ kontrolliert werden, um eine mögliche Fehlerquelle in der Interpretation der Daten aufgrund der unterschiedlichen Nähe der Reize auszuschließen.

Zusammenfassung:

Die Untersuchung zu dieser Diplomarbeit wurde durch die Studie von Deubel & Schneider (1996) zum Zusammenhang zwischen offenen und verdeckten Orientierungsprozessen mittels einer Doppelaufgabe inspiriert und hatte zum Ziel, den Einfluss von verdeckten Aufmerksamkeitsverlagerungen auf Augenbewegungen näher zu beschreiben. Um den Einfluss von willkürlichen Aufmerksamkeitsverlagerungen auf Augenbewegungen näher zu erkunden, wurde das ursprüngliche Experiment umgestaltet. Als Hinweisreize wurden farbige Singletons verwendet, um zu überprüfen, ob diese die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Zusätzlich wurde eine Versuchsanordnung verwendet, die eine bilaterale Präsentation von Reizen ermöglicht, um einen möglichen Seiteneffekt zu testen. Es wurde von verlängerten Reaktionszeiten bei zusätzlicher Diskriminationsaufgabe und bei Präsentation der Stimuli auf verschiedenen Seiten ausgegangen. Innerhalb der Experimente wurde der mögliche Störfaktor „Gedächtnisaufgabe“ berücksichtigt und zusätzlich zu den beiden Bedingungen aufgrund der Doppelaufgabe die Faktoren Seite und Höhe erhoben. Außerdem wurde die Sakkadengenauigkeit aufgezeichnet. Als statistisches Verfahren wurde eine Messwiederholungs-ANOVA (englisch für Analysis of Variance) mit den Faktoren Versuchsbedingung (passend/unpassend), Seite (selbe Seite/unterschiedliche Seite) und Höhe (selbe Höhe/unterschiedliche Höhe) der Hinweisreiz-Ziel-Relationen herangezogen. Die Ergebnisse der Studie legen einen gemeinsamen Aufmerksamkeitsmechanismus nahe, der sowohl die Objekte für Wahrnehmung und Erkennung auswählt, als auch die Informationen für motorische Aktionen bestimmt, denn es war nur möglich einen Ort möglichst genau zu betrachten, wenn die Augenbewegung dorthin gut geplant war und daher auch verzögert einsetzte. Außerdem schien eine benachbarte Präsentation der Stimuli einen erheblichen Nachteil punkto Genauigkeit zu beinhalten und eine diagonale Präsentation hatte zur Folge, dass die Sakkade eher schnell einsetzte und auch eher genau ihr Ziel traf.

Abstract:

Theoretical considerations for this diploma thesis had originally been inspired through Deubel & Schneider's experiments from 1996 to examine the connection between covert and overt visual orienting. To determine further aspects of the effect of arbitrary attention shifts on saccades the experiments were reorganized and broadened. Colored singletons were used to check whether they capture attention. In addition stimuli were presented bilaterally to detect a possible side-effect. It was supposed there would be longer reaction times if someone had to manage a discrimination task in addition to an eye movement and if the stimuli were presented on different sides. Furthermore the possibility of a memory effect and supposed confounding factors like side and elevation were taken into account. The saccade-accuracy was also recorded. Statistical method of choice was a repeated-measures ANOVA (analysis of variance) including the following factors: task-condition (match/no-match), side (same side/different side) and elevation (same elevation/different elevation) of the resulting cue-target-relations. The findings suggested a close coupling of attention and eye-movements, because it was only possible to discriminate well if the eye movement had been planned accurately to that position and therefore had been delayed in executing. Besides a neighboring position of stimuli seemed to handicap the accuracy of the saccade and diagonal positions favored fast and correct eye movements.

Literatur:

- Adam, J. J., Davelaar, E. J., van der Gouw, A., Willems, P. (2008). *Evidence for attentional processing in spatial localization*. Psychological Research 72: 433 – 442
- Belopolsky, A. V., Theeuwes, J. (2009). *When are attention and saccade preparation dissociated?* Psychological Science 20: 1340 – 1347
- Bacon, W. F., Egeth, H. E. (1994). *Overriding stimulus-driven attentional capture*. Perception & Psychophysics, 55 (5), 485 – 496
- Benson, V. (2008). *A comparison of bilateral versus unilateral target and distractor presentation in the remote distractor paradigm*. Experimental Psychology, 55 (5): 334 – 341
- Born, S., Kerzel, D. (2009). *Congruency effects in the remote distractor paradigm: evidence for top-down modulation*. Journal of Vision 9 (9), 3, 1 – 13
- Castet, E., Jeanjean, S., Montagnini, A., Laugier, D., Masson, G. S. (2006). *Dynamics of attentional deployment during saccadic programming*. Journal of Vision, 6, 196 - 212
- Deubel, H. (2008). *The time course of presaccadic attention shifts*. Psychological Research 72: 630 – 640
- Deubel, H., Schneider, W. X. (1996). *Saccade target selection and object recognition: evidence for a common attentional mechanism*. Vision Research, 36, 12, 1827 – 1837
- Filali-Sadouk, N., Castet, E., Olivier, E., Zenon, A. (2010). *Similar effect of cueing conditions on attentional and saccadic temporal dynamics*. Journal of Vision, 10 (4), 21, 1 – 13
- 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

- Godjin, R., Theeuwes, J. (2003). *Parallel allocation of attention prior to the execution of saccade sequences*. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 5, 882 – 896
- Helmholtz, H. von (1867). *Handbuch der physiologischen Optik*. Leipzig: L. Voss
- Hoffman, J. E., Subramaniam, B. (1995). *The role of visual attention in saccadic eye movements*. *Perception & Psychophysics*, 57 (6), 787 – 795
- Montagnini, A., Castet, E. (2007). *Spatiotemporal dynamics of visual attention during saccade preparation: independence and coupling between attention and movement planning*. *Journal of Vision*, 7 (14): 8, 1 – 16
- Posner, M. I. (1978). *Chronometric Explorations of the Mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Posner, M. I. (1980). *Orienting of attention*. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3 - 25
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R., Davidson, B. J. (1980). *Attention and the detection of signals*. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 2, 160 - 174
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., Umiltá, C. (1987). *Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention*. *Neuropsychologia*, 25 (1), 1, 31 – 40
- Stelmach, L. B., Campsall, J. M., Herdman, C. M. (1997). *Attentional and ocular movements*. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 3, 823 – 844
- Van Zoest, W., Donk, M., Theeuwes, J. (2004). *The role of stimulus-driven and goal-driven control in saccadic visual selection*. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30, 4, 746 – 759
- Walker, R., Deubel, H., Schneider, W. X., Findlay, J. M. (1997). *Effect of remote distractors on saccade programming: Evidence for an extended fixation zone*. *Journal of Neurophysiology* 78: 1108 – 1119

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Sakkadenlatenzen für die Faktoren Versuchsbedingung und Seite in Experiment 1	S. 49
Tabelle 2: Sakkadendauer für die Faktoren Versuchsbedingung und Seite in Experiment 1	S. 50
Tabelle 3: Sakkadengenauigkeit für die Faktoren Versuchsbedingung, Seite und Höhe in Experiment 1	S. 55
Tabelle 4: Sakkadenlatenzen für die Faktoren Versuchsbedingung und Seite in Experiment 2	S. 61
Tabelle 5: Sakkadendauer für die Faktoren Versuchsbedingung und Seite in Experiment 2	S. 62
Tabelle 6: Sakkadengenauigkeit für die Faktoren Versuchsbedingung, Seite und Höhe in Experiment 2	S. 63

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Beispiel für einen Versuchsdurchgang in der Passend-Bedingung	S. 44
Abbildung 2: Beispiel für einen Versuchsdurchgang in der Unpassend-Bedingung	S. 44
Abbildung 3: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) für Versuchsbedingung/Seite/Höhe in Experiment 1	S. 46
Abbildung 4: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) gesplittet nach Bedingung (valide/nicht valide) und Versuchsbedingungen (passend/unpassend) in Experiment 1	S. 47
Abbildung 5: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) nach Seitenpositionsverhältnissen (SS/US) und Versuchsbedingungen (passend/unpassend) in Experiment 1	S. 48
Abbildung 6: Mittlere Sakkadenlatenzen (Mediane) nach Höhenpositionsverhältnissen (SH/UH) und Versuchsbedingungen (passend/unpassend) in Experiment 1	S. 48
Abbildung 7: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) nach Versuchsbedingungen (passend/unpassend) in Experiment 1	S. 51
Abbildung 6: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) nach Versuchsbedingung/Seite/Höhe in Experiment 1	S. 52
Abbildung 9: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) gesplittet nach	S. 53

Bedingung (valide/nicht valide) und

Versuchsbedingungen (passend/unpassend) in Experiment 1

Abbildung 10: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) nach S. 54

Seitenpositionsverhältnissen (SS/US) und

Versuchsbedingungen (passend/unpassend) in Experiment 1

Abbildung 11: Mittlere Sakkadengenauigkeit (Mediane) nach S. 54

Höhenpositionsverhältnissen (SH/UH) und

Versuchsbedingungen (passend/unpassend) in Experiment 1

SCHIRK SABINE

BANKGASSE 2, 7000 EISENSTADT
TELEFON: 02682 / 63322
MOBILTELEFON: 0699 / 14919900 • E-MAIL CELISSA@WEB.DE

PERSÖNLICHE INFORMATION

- Familienstand: ledig
- Staatsangehörigkeit: Österreich
- Geburtsdatum: 10. 03. 1978
- Geburtsort: Wien, 14.

AUSBILDUNG

29.8.06 bis dato	Universität Wien	Wien
<i>Psychologiestudentin – 2. Abschnitt A298 Diplomstudium Psychologie UniStG</i>		
1.3.02 – 29.8.06	Universität Wien	Wien
<i>Psychologiestudentin – 1. Abschnitt Studienplan A298 Psychologie AHStG</i>		
18. 03. 2002	Matura im BRG Kurzweise	Eisenstadt
WS 2001 – SS 2002	Universität Wien	Wien
<i>Außerordentliche Hörerin</i>		
1999 - 2000	Maturaschule Roland	Wien
<i>Externistenmaturantin</i>		
1996 - 1999	Volkshochschule	Eisenstadt
<i>Externistenmaturantin</i>		
1992 - 1996	Fachschule für Keramik und Ofenbau	Stoob
<i>Geselle für Keramik und Ofenbau</i>		
1991 - 1992	Hauptschule Rosenthal	Eisenstadt
1987 - 1991	Bundesrealgymnasium Kurzweise	Eisenstadt

SPRACHKENNTNISSE IN WORT UND SCHRIFT

Deutsch, Englisch, Italienisch (Grundkenntnisse), Spanisch (Grundkenntnisse)

EDV – KENNTNISSE

Windows 98, 2000, XP, NT: MS – Office bis einschließlich Version 2007, Typo 3 (cms), Erfahrungen im Bereich Homepage - Gestaltung

UNIVERSITÄRER WERDEGANG

- WS 2010 Praktikum Wien
 - *Eignung zum Auslandseinsatz beim Bundesheer (Van Swieten Kaserne)*

- WS 2009 – WS 2010 Wien
 - 16-std. Wahlpflichtfach Klinische- und Gesundheitspsychologie
 - *Konzepte der Lebensqualität bei somatischen Erkrankungen*
 - *Psychotraumatologie*
 - *Diagnostik und Behandlung von Alkoholkranken (Anton Proksch Institut)*
 - *Angststörungen und Depressionen*

- Juni – August 09 Psychosozialer Dienst Eisenstadt
 - *Betreuung von Weisungsklienten*
 - *Betreuung von Klienten mit psychischen Problemen oder Krankheiten*
 - *Beratung von Angehörigen*
 - *Betreutes Wohnen*
 - *Gruppensitzungen*
 - *Psychologische Gespräche im Anton-Proksch Institut*
 - *Beisitzer bei Facharztgesprächen*
 - *Verbindungsdienst*
 - *Entspannungsgruppe*
 - *Teambesprechungen*

- WS 2008 Wien
 - Freies Wahlfach Angewandte Sozialpsychologie
 - *Konflikte, Wahrnehmung, Bewertung, Interaktionen*
 - *Soziale Netzwerke*
 - *Kulturpsychologie*

- SS 2005 – SS 2006 Wien
 - „Aspekte der Kriminologie“ – freies Wahlfach
 - *Gerichtliche Medizin für Juristen IV*
 - *Gerichtliche Medizin für Juristen I*
 - *Strafvollzug*
 - *Zurechnungsunfähige Straftäter*
 - *Genderbezüge in der Kriminologie*

JOBBS / PRAKTIKA

- Seit März 2010 bis dato Eisenstadt
Lang-Kurz-Pollross Steuerberatung GmbH & Co KG
- Juli 08 – Mai 09 Bierwaage Wien
Service, Bar
- Sommer 2007 Vocal Sommer Akademie Eisenstadt
Grooving voices
- Sommer 2006 TC - Hornstein Hornstein
Service, Kantinenbetrieb
- Sommer 2005 Evaluation eines dt. Betriebes variabel
Technische Unterstützung
- Sommer 2003 Sportflugplatz Wr. Neustadt Wr. Neustadt
Kundenbetreuung, Bürotätigkeiten
- Sommer 2002 Sportflugplatz Wr. Neustadt Wr. Neustadt
Kundenbetreuung, Bürotätigkeiten
- Seit 2000 Eisenstadt
Ehrenamtlich in einer christl. Studentenverbindung
Obfrau, Obfraustellvertreterin, Schriftführerin, etc.
- 2000 Diverse Jobs im Gastronomiebereich Wien
Service, Bar
- Apr–Aug 99 Schlossmanagement, Schloss Esterhaszy Eisenstadt
Bürotätigkeiten, Schlossführungen (in Deutsch und Englisch)
- Sept/Okt 98, LV Bgldtourismus, Schloss Esterhaszy Eisenstadt
und teilw. Apr/Mai 99
Kundenbetreuung (persönlich, telefonisch)
Bürotätigkeiten
Schlossführungen (in Deutsch und Englisch)
- 1998 Four Teens, Boutique Eisenstadt
Beratung und Verkauf
- 1997 Diverse Jobs im Gastronomiebereich Eisenstadt, Rust
Service, Bar
- Sommer 1994 Treiber Sepp Rust
Praxis im Bereich Kunstkeramik