universität wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Ursachen der sequentiellen Modulation von Kompatibilitätseffekten bei einer Flankierreizaufgabe“

verfasst von / submitted by

Isabel Nagl

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)

Wien, 2016 / Vienna, 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	A 298
Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet:	Psychologie
Betreut von / Supervisor:	Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge

Danksagung

Ich möchte mich bei meiner Familie, im Besonderen meiner Mutter Michaela und meinem Bruder Sebastian für ihre Unterstützung in jeglicher Hinsicht danken. Euer unermüdlicher Glaube an mich und eure Liebe haben mich auch in Zeiten des Selbstzweifels motiviert. Danke!

Besonderen Dank möchte ich auch an Gerhard aussprechen: Danke für deine Liebe und Unterstützung zu jedem Zeitpunkt meines Studiums. Danke für unsere psychologischen und philosophischen Gespräche und deine Computerhilfe!

Natürlich möchte ich auch dem Rest meiner Familie danken, vor allem meiner Familie in Furth, die mich unterstützt und motiviert hat, aber auch abgelenkt, sei es mit einem Spaziergang in der Natur oder langen Gesprächen. Ich könnte mir keine bessere Familie vorstellen! Danke auch ganz Besonders an Caroline und Louisa, die mir im Studium auch als Testpersonen zur Verfügung standen.

Ganz besonderen Dank möchte ich auch Silvia und Tobias aussprechen, die ich im zweiten Abschnitt als Studienkollegen und als sehr gute Freunde kennenlernen durfte. Durch Euch und Euren fachlichen Rat, sowie eurer Motivation ging alles so viel einfacher! Ein großes Dankeschön auch an weitere Studienkollegen: Silvia H., Ahu, Esra, Ruth und Wolfgang Fabi. Es war mir eine Ehre und eine Freude mit Euch zu studieren!

Ein großes Dankeschön gebührt auch meinem Diplomarbeitsbetreuer Prof. Dr. Ulrich Ansorge, der mir in langen Gesprächen immer mit Ratschlägen zur Seite stand und der mir auch die Chance eines betreuten Platzes gab. Außerdem möchte ich mich bei Frau Dr. Fuchs-Leitner bedanken, die mir mit ihrer konstruktiven Kritik und ihren fachlichen Ratschlägen im Rahmen der Forschungswerkstatt sehr weitergeholfen hat.

Ein Dankeschön richte ich auch an Hakima, die mir immer als gute Freundin zur Seite stand.

Vielen, vielen Dank auch an alle Testpersonen!

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 5

Theoretischer Hintergrund 7

Aufmerksamkeit 9

Cueing-Effekt. 10

Konflikte und kognitive Kontrolle 15

Konfliktregulationsansatz. 15

Kognitive Effekte und unterschiedliche Erklärungsansätze für deren Entstehung 17

Kompatibilitätseffekt und Gratton-Effekt 20

Merkmalsintegrationsansatz. 23

Priming. 24

Hebb`sche Lernregel - ein hybrider Erklärungsansatz. 24

Zusammenfassung der Erklärungsansätze 25

Erwartungen und Fragestellungen 26

Methoden 28

Stichprobe 28

Material und Prozedur 28

Ergebnisse 30

Reaktionszeiten. 31

Fehlerraten. 35

Diskussion 37

Dimensionale Überlappungen als Einschränkung 49

Zusammenfassung und Beantwortung der Fragestellungen.....50

Kritik und Resümee.....51

Zusammenfassung.....53

Abstract.....54

Erklärung.....55

Literaturverzeichnis 56

Abbildungsverzeichnis.....60

Lebenslauf.....61

Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Thema der kognitiven Verarbeitung visueller Reize. Das Experiment der vorliegenden Studie gibt eine Flankierreizaufgabe mit einer Cueingprozedur (Hinweisreizprozedur) vor. Im Besonderen wird dabei auf kognitive Konflike und kognitive Effekte eingegangen, wie sie bei der Flankierreizaufgabe entstehen und wie sie sich wechselseitig beeinflussen. Außerdem stellt sich die Frage, ob diese von den vorauslaufenden Durchgängen (n-1) abhängen.

Zur Verdeutlichung des Experiments stelle man sich beispielsweise eine Ampel mit einem roten und einem grünen Lichtsignal vor. Wenn vor einer Rotphase ein weißes Licht an der Stelle des roten (nachfolgenden Lichtes) aufleuchten würde, würden die VerkehrsteilnehmerInnen schon auf das rote Licht vorbereitet sein und sich auf das Stoppen des Fahrzeuges vorbereiten können. Das weiße Licht stellt in diesem Fall den Hinweisreiz dar, der auf den nachfolgenden Reiz hinweist. Beim grünen Lichtsignal würde das weiße Licht genauso vorbereitend wirken. Wenn das weiße Licht jedoch vor dem grünen Lichtsignal aufleuchten würde und dann würde die rote Lampe aufleuchten, würde dies Verwirrung stiften und die Reaktion zu stoppen, verlangsamen. Es würde eine schnelle und richtige Reaktion erschweren und vielleicht sogar zu falschen Reaktionen und Unfällen führen. Beim vorliegenden Experiment wurde dieser Einfluss eines Hinweisreizes untersucht, der Effekt der schnelleren und genaueren Reaktion dank eines Hinweisreizes (Cues) nennt sich Validitäts- oder Cueing-Effekt (Posner, 1980). Ich werde später genauer darauf eingehen.

Ein weiteres Beispiel um die Vorgehensweise dieses Experiments zu verdeutlichen: Bei dieser Ampel stelle man sich zusätzlich zu der roten Ampelleuchte und der grünen Leuchte noch weitere, diese Lampen umgebende Leuchten vor. Wenn eine rote Ampelleuchte von weiteren roten Lampen umgeben wäre, könnten diese eine schnellere Haltereaktion auslösen. Wenn die umgebenden Lampen jedoch grün leuchten, würden sie von der wichtigen roten Lampe (dem Zielreiz) ablenken und verwirren. Sie würden höchstwahrscheinlich zu langsameren Reaktionen führen, manche VerkehrsteilnehmerInnen würden falsch reagieren und womöglich bei Rot über die Kreuzung fahren. Die VerkehrsteilnehmerInnen würden bei einem grünen Licht und umgebenden grünen Lampen ebenfalls schneller reagieren und schneller erkennen, dass es sich um ein grünes Licht handelt. Wenn jedoch eine grüne Lampe von roten Lampen

umgeben wäre, würde dies wiederum zu Verwirrung führen und zu langsameren oder falschen Reaktionen (z.B. dem Stoppen bei grünem Ampellicht). Dieses Beispiel steht für eine Flankierreizaufgabe und die Kompatibilität (Lampe ist von gleichfarbigen Lampen umgeben) oder Inkompatibilität (Lampe ist von andersfarbigen Lampen umgeben) der visuellen Reize.

Der Effekt der schnelleren Reaktion und geringeren Fehlerhäufigkeit bei Kompatibilität nennt sich Kompatibilitätseffekt (Gratton, Coles & Donchin, 1992). Die vorliegende Studie untersucht verschiedene kognitive Effekte bei der visuellen Selektion, deren Wirkungsweisen und Ursachen. Die Verarbeitung von visuellen Reizen und die Entstehung von kognitiven Effekte dabei sind von großer Wichtigkeit zum besseren Verständnis des menschlichen Geistes. Mehr dazu im nachfolgenden theoretischen Teil.

Theoretischer Hintergrund

Im folgenden Abschnitt werde ich den theoretischen Hintergrund der vorliegenden Studie darstellen. Ausgangspunkt sind die Experimente, auf denen die Studie basiert und die Erklärung der wichtigsten im Zusammenhang stehenden Begrifflichkeiten. Da die Aufmerksamkeitsmechanismen auf verschiedenen Ebenen des Experiments wirken können, werden sie gleich anfangs umfassend erklärt. Ich werde ebenfalls auf die kognitiven Effekte, insbesondere den Gratton-Effekt eingehen und die verschiedenen Erklärungsansätze dieses Effekts. Am Schluss dieses Abschnitts komme ich zu den Fragestellungen und Erwartungen dieser Studie, die dann im Diskussionsteil beantwortet werden.

Ursprungsexperimente

Die vorliegende Studie basiert auf dem „Noise-Compatibility-Paradigm“ von Gratton, Coles und Donchin (1992), der „Flankierreizaufgabe“ von Eriksen und Eriksen (1974) und dem „Spatial Cueing Paradigm“ von Posner (1980). Diese drei Experimente werden im Folgenden erklärt. Die Flankierreizaufgabe untersucht die Fähigkeit der Informationsselektion der Testpersonen bei der räumlichen Wahrnehmung von Reizen (Gratton et al., 1992).

Unter Informationsselektion versteht man den kognitiven Prozess, relevante Informationen von irrelevanten zu unterscheiden. Wie können Menschen relevante Informationen aus einer großen Menge von nutzlosen Informationen filtern? Dieser Prozess ist untrennbar mit der selektiven visuellen Aufmerksamkeit verbunden und wird oftmals mit visuellen Suchaufgaben, bei denen die Testpersonen einen spezifischen Zielreiz unter irrelevanten Reizen finden müssen, untersucht. Die dabei gemessenen Reaktionszeiten werden maßgeblich von der Anzahl der am Bildschirm erscheinenden Objekte und der Gesamtgröße des Reizsets beeinflusst (Becker, 2008). Wenn der Zielreiz dabei den irrelevanten Reizen ähnlich ist, verwenden die Testpersonen eine ineffiziente oder serielle Untersuchung der Reize (Duncan & Humphreys, 1989; Treisman, 1982). Sehr effizient und unabhängig von der Anzahl der visuellen Reize ist die Suche jedoch bei Zielreizen oder „Einzelreizen“, die sich stark von den anderen Reizen der Suchaufgabe unterscheiden. Das kann z.B. ein roter Zielreiz inmitten von grünen Reizen sein, mit

einem Zielreiz der stark „heraussticht“. Dieser Effekt der effizienten Suche wird deshalb auch „Pop-Out-Effect“ genannt (Treisman, 1988).

Bei der Flankierreizaufgabe, die eine typische visuelle Suchaufgabe ist, müssen die Testpersonen einen zentralen Buchstaben erkennen, der sich inmitten einer Reihe von fünf Buchstaben befindet. Die Aufgabe der Testpersonen ist z.B. den Buchstaben S (als Zielreiz) möglichst schnell zu erkennen (Botvinick, Braver, Barch, Carter & Cohen, 2001). Die anderen Buchstaben sind Distraktoren beziehungsweise Flankierreize, da sie den Zielreiz „flankieren“ (Gratton et al., 1992). Wenn der Reiz mit den Distraktoren übereinstimmt, sind es kompatible Distraktoren, (z.B. SSSSS). Die vier Distraktoren führen zur selben Reaktion wie der Zielreiz, es ist dieselbe Taste zu drücken. Bei Reizen mit inkompatiblen Distraktoren, (wie z.B. HHSHH) deuten die Distraktoren auf eine andere Reizantwort, da die Distraktoren auch als Zielreiz funktionieren können (z.B. HHHHH oder SSHSS), wobei mit einer anderen Taste reagiert werden muss. Reaktionszeiten und die Fehlerrate sind bei inkompatiblen Durchgängen höher, was auf einen größeren Konflikt in diesen Durchgängen hindeutet (Botvinick et al., 2001).

Bei dem vorliegenden Experiment wurde eine Flankierreizaufgabe mit einem Hinweisreiz kombiniert, die hierbei entstehenden kognitiven Konflikte, deren Ursache und Regulation sind für die vorliegende Arbeit von besonderem Interesse. Ein Hinweisreiz ist ein Reiz, der zeitlich vor dem Zielreiz auftritt und entweder am selben Ort des Zielreizes oder einem anderen Ort auftritt. Dadurch kann er entweder auf den Zielreiz „hinweisen“ oder die Aufmerksamkeit auf einen anderen Ort lenken und somit vom Zielreiz „ablenken“. Es zeigte sich im Hinweisreizparadigma *(*engl. *„Spatial Cueing Paradigm“*) dass der Hinweisreiz im vorherigen Durchgang bei Reaktionszeit-Studien einen Einfluss auf den nachfolgenden Durchgang hat (Posner, 1980; Jongen & Smulders, 2007). Viele Studien zeigen, dass die Testpersonen schneller auf den Zielreiz reagieren, wenn sie im Vorhinein durch einen Hinweisreiz (engl. *Cue*) über den Reizort informiert werden. Das Wissen der räumlichen Position beeinflusst die Leistung der Testpersonen (Posner, 1980). Wenn die Testperson durch ein Signal (einen Hinweisreiz) auf den Ort des nachfolgenden Reizes vorbereitet war, zeigte sich eine erhöhte neurologische Aktivierung in den ersten 100 ms nach dem Input (Posner, Snyder & Davidson, 1980).
Die bei dem vorliegenden Experiment entstehenden kognitiven Konflikte wurden ebenso untersucht wie die Manipulation der Aufmerksamkeit durch den Hinweisreiz.

Nachfolgend wird auf den allgemeinen theoretischen Hintergrund des vorliegenden Experiments, den dabei entstehenden kognitiven Effekten und den wirkenden Aufmerksamkeitsmechanismen, sowie auf die verschiedenen Erklärungsmodelle eingegangen.

Aufmerksamkeit

Die Kontrolle der Aufmerksamkeit spielte eine entscheidende Rolle bei der Flankierreizaufgabe. Die Testpersonen müssen die Aufmerksamkeit auf den Zielreiz lenken und die Distraktoren ignorieren. Die Existenz des dabei entstehenden Gratton-Effekts zeigt, dass die Distraktoren nicht vollkommen ignoriert werden können. Wenn die Aufmerksamkeit vollständig kontrolliert werden könnte, könnten auch die Distraktoren zur Gänze ignoriert werden und würden die Reaktion nicht beeinflussen (Olk, Peschke & Hilgetag, 2015).

Da sowohl bei der kognitiven Konfliktregulation als auch bei anderen Erklärungsansätzen für kognitive Effekte (wie z.B. den Gratton-Effekt) die Aufmerksamkeit eine außerordentlich wichtige Rolle spielt, wird im Folgenden auf wichtige theoretische Hintergründe diesbezüglich eingehen.

Cohen, Servan-Schreiber und McClelland (1992) beschreiben ein paralleles Informationsverarbeitungssystem als Alternative zu der gängigen Unterscheidung von automatischen und kontrollierten Prozessen. In dem Modell erklären sie die automatischen Verarbeitungsprozesse, sowie auch die wichtige Rolle der Aufmerksamkeit: Wie Aufmerksamkeit die Informationsverarbeitung beeinflussen kann und die Informationsverarbeitung gleichzeitig die Aufmerksamkeit beeinflusst. Das parallele Verarbeitungssystem besteht aus unzähligen Einheiten, die während des Informationsverarbeitens miteinander interagieren und zu Modulen zusammengefasst sind. Jedes Modul ist in unterschiedlichen Pfaden vertreten und jeder Pfad beinhaltet einen Satz (engl. *„set“*) von verbundenen Modulen. Die Pfade können auch überlappend sein. Das Wissen, dass das Verarbeiten steuert, ist in der Gewichtung der Verbindungen gespeichert und die Effekte von Erfahrungen, die Menschen beim Informationsverarbeiten machen, zeigen sich in der veränderten Gewichtung von diesen Verbindungen (Cohen et al., 1992).

Cohen et al. (1992) beschreiben Aufmerksamkeit in dem Modell als Muster von Aktivierung über die Einheiten der Aufgabenanforderungsmodule. Diese Einheiten haben Verbindungen zu Zwischengliedern auf jedem Informationsverarbeitungsweg, so dass die Aktivierung der Einheit für eine bestimmte Aufgabe einen Input zu den Zwischengliedern auf den verbindenden Weg schickt. Dieser Input erhöht das Aktivierungsniveau der verbindenden Zwischenglieder zu einem deutlich höheren Wert, so dass die Aktivierungsfunktion steiler wird und die Einheiten empfindlicher. Dieser Aufmerksamkeitsmechanismus hat einen modulierenden Einfluss auf die Informationsverarbeitung. Cohen et al. (1992) erwähnen, dass auch bei unbeachteten Pfaden Aktivierung herrschen kann, jedoch hängt dies von der Stärke der Verbindungen des Weges ab und von den Gewichtungen. Wenn eine Aufgabe automatisch abläuft, wie beispielsweise als Ergebnis von Übung zeigt sich das meist durch: Eine schnellere Geschwindigkeit, weniger Verlangen nach Aufmerksamkeit auf die Aufgabe, Weglassen der Aufmerksamkeitskontrolle wie bei unwillkürlichen Handlungen und keine Störungen durch konkurrierende Prozesse. Außerdem sind die Anforderungen der Übungen um das automatische Handeln zu entwickeln, wie z.B. die Reihenfolge einer Handlung, festgelegt. Konflikte können auch bei diesem Modell auftreten und werden durch zwei sich widersprechende aktivierte Pfade erklärt. Es können auch Pfade ohne bewusste Aufmerksamkeit aktiviert werden, also automatische oder unwillkürliche Reaktionen zusätzlich zu den willentlich aktivierten Pfaden, wodurch dann kognitive Konflikte entstehen können (Cohen et al., 1992).

Cueing-Effekt.

Wenn der Hinweisreiz am selben Ort wie der nachfolgende Zielreiz auftritt, nennt man dies eine valide Bedingung. Wenn er an einem anderen Ort auftritt, ist es eine nicht-valide Bedingung. Der Cueing- oder Validitätseffekt steht für eine schnellere Reaktionsgeschwindigkeit und geringere Fehlerrate der Testpersonen in validen als in nicht-validen Bedingungen (Posner, 1980).

Aufmerksamkeit repräsentiert nach Posner (1980) ein System zur Weiterleitung von Informationen und zur Kontrolle von Prioritäten, weshalb sie eine wichtige Rolle bei der Flankierreizaufgabe spielt. Um dies zu überprüfen, wurde die Aufmerksamkeit der Testpersonen des vorliegenden Experiments durch einen Hinweisreiz manipuliert. Es

stellte sich die Frage, ob eine Flankierreizaufgabe kombiniert mit einem Hinweisreiz den Testpersonen half und zu schnelleren Antworten und einer geringeren Fehlerrate führte. In der Hälfte der Fälle wurde ein Hinweisreiz am Ort des Zielreizes gezeigt, also in der validen Bedingung und in der anderen Hälfte der Fälle, in der nicht-validen Bedingung, wurde er an der gegenüberliegenden Seite gezeigt.

Bei einfachen Reaktionszeitaufgaben von Posner mussten die Testpersonen eine einzige Antworttaste als Reaktion auf einen Reiz drücken, der Ort des Hinweisreizes ist hierbei egal (1980). Bei komplexeren, räumlichen Entscheidungsaufgaben mussten die Testpersonen möglichst schnell einen Reiz im Zusammenhang mit einem Hinweisreiz beurteilen, nämlich ob der Hinweisreiz kleiner oder größer sei. In der einfachen Reaktionszeitaufgabe hatten die Testpersonen keinen Vorteil durch den Hinweisreiz, er war für ihren Versuchsaufbau unwichtig, da er keine Information für ihre Aufgabe lieferte. Die Testpersonen mussten in der einfachen Aufgabe nur angeben, ob der Zielreiz eine Zahl oder ein Buchstabe war. Die Reaktionszeiten der einfachen Aufgabe waren schneller, jedoch war die Reorientierung der Aufmerksamkeit von der räumlichen Positionsverarbeitung zur Diskriminationsanalyse für die Versuchspersonen hinderlich. Da die Testpersonen nur zwischen einem Buchstaben und einer Zahl unterscheiden mussten, ist das Lenken der Aufmerksamkeit auf eine Position im Raum nicht hilfreich, sondern störend. Die Testpersonen müssen sich dabei reorientieren und ihre Aufmerksamkeit von einer räumlichen Position auf ihr Gedächtnis lenken, das für die Analyse von Diskrimination zuständig ist (Posner, 1980).

In der komplexeren Entscheidungsaufgabe zeigten sich nicht mehr Fehler als in der einfachen Aufgabe, außerdem weist eine Tendenz auf kleinere Effekte (Unterschied Kosten-Nutzen) bei der komplexen Aufgabe hin. Die Testpersonen der komplexeren Aufgabe profitierten von dem Hinweisreiz, da sie zwischen zwei Tasten wählen konnten und der räumliche Hinweis ihnen bei der Aufgabe half. Laut Posner (1980) ist das Wissen einer räumlichen Position somit nur sinnvoll bei komplexen Aufgaben, in einfachen und schnellen Aufmerksamkeitsaufgaben wäre es sogar besser, nicht zu wissen, wo der Reiz erscheinen wird (Posner, 1980).

Folk, Remington und Johnston (1992) stellten ebenfalls Untersuchungen zur Aufmerksamkeit an. Bei der frühen Phase der Informationsverarbeitung gibt es zwei unterschiedliche Verfahren: Beim präattentiven Verfahren werden visuelle Informationen räumlich parallel verarbeitet, dies benötigt keine bewusste Aufmerksamkeit. Bei dieser

Basisanalyse werden im Sehfeld funktionale Wahrnehmungseinheiten erzeugt. Beim attentiven Verfahren findet die Zuteilung der Aufmerksamkeitsressourcen zu spezifischen Wahrnehmungseinheiten für die komplexere Verarbeitung statt. Diese selektive Zuteilung von Aufmerksamkeitsressourcen kann wiederum in zwei unterschiedliche Arten der Aufmerksamkeitsorientierung eingeteilt werden: Sie kann willkürlich sein und von Zielen der Person kontrolliert werden, diese Orientierung nennt man endogen; oder unwillkürlich und durch spezielle Reizeigenschaften ausgelöst werden, welches als exogen bezeichnet wird (Posner, 1980; Remington, Johnston & Yantis, 1992).

Folk, Remington und Johnston (1992) untersuchten in ihrer Studie, unter welchen Bedingungen das exogene Aufmerksamkeitssystem auftritt und auf welche Reizeigenschaften es reagiert. Sie stellten mit ihrem „Contingent Capture-Ansatz“ fest, dass der unwillkürliche Wechsel von Aufmerksamkeit abhängig von der Beziehung der Reizeigenschaften und den Aufgabenanforderungen ist und nicht nur eine Reaktion auf spezifische Reizeigenschaften. Weiters erklärten sie, dass bei räumlicher Unsicherheit der unwillkürliche Wechsel der Aufmerksamkeit davon abhängt, ob der Reiz Eigenschaften besitzt, die für die zu erledigende Aufgabe wichtig sind. Sie stellten in ihrem Experiment, das eine Abwandlung vom „Spatial Cueing Paradigm“ (Remington, Johnston & Yantis, 1992) war, fest, dass die Kosten für nicht-valide Hinweisreize, die unwillkürliche Aufmerksamkeitswechsel anzeigten, nur entstanden, wenn der ablenkende Hinweisreiz Eigenschaften hatte, die wichtig für die Zielreizentdeckung war. Der Zielreiz war entweder ein Farbreiz oder ein plötzlich einsetzender Einzelreiz, die Testpersonen hatten die Aufgabe den Reiz zu erkennen. Der Farbreiz wurde mit drei weißen Elementen gezeigt, der Einzelreiz erschien ohne weitere Reize. Der Hinweisreiz bestand entweder aus einem Farbreiz oder einem Einzelreiz. Sie stellten fest, dass der Hinweisreiz nur die Aufmerksamkeit erweckte, wenn er Eigenschaften besaß, die zu dem Zielreiz passten. So wurde, wenn z.B. nach einem roten Zielreiz gesucht wurde, die Aufmerksamkeit automatisch auch auf einen roten Hinweisreiz gelenkt. Irrelevante Hinweisreize hatten jedoch keinen Effekt auf die Leistung der Testpersonen (Belopolsky, Schreij & Theeuwes, 2010). So entstanden keine Kosten (langsamere Reaktionszeiten und höhere Fehlerrate) bei nicht-validen Durchgängen wenn der Zielreizort z.B. durch einen Farbreiz angezeigt wurde und der Hinweisreiz sich von ihm deutlich unterschied und z.B. ein Einzelreiz war. Wenn der Hinweisreiz nicht valide war, führte er zu keinem Aufmerksamkeitswechsel und konnte ignoriert werden. Wenn der Hinweisreiz hingegen valide war, führte dies zu schnelleren Reaktionszeiten und niedrigeren Fehlerraten. Dies bestätigte ihren Contingent

Capture-Ansatz (Folk et al., 1992). Diesem Ansatz nach erwecken nur Elemente, die zu dem Top-Down Aufmerksamkeitsset passen, die Aufmerksamkeit.

Dies ist der generell akzeptierte Ansatz der visuellen Selektion, der davon ausgeht, dass die Aufmerksamkeit unter Top-Down-Kontrolle steht. Unter Top-Down-Verarbeitung verstehen wir die vollkommen willentlich gesteuerte Verarbeitung von Reizen, sie ist unter der Kontrolle der Person (Theeuwes, 2010). Wenn beispielsweise die Testperson bei der Cueing-Aufgabe (Posner, 1980) die Aufmerksamkeit willentlich auf einen bestimmten Ort lenkt, da ihr der Hinweisreiz hilfreich erscheint, ist dies ein willentlich gesteuerter Top-Down-Prozess.

Es gibt jedoch auch Ansätze, die dafür sprechen, dass die Aufmerksamkeitslenkung durch Bottom-Up-Prozesse oder wenn die Reize salient genug sind, automatisch ausgelöst wird (Belopolsky et al., 2010; Theeuwes, 1994). Die Bottom-Up-Verarbeitung funktioniert unwillkürlich, das heißt, die Eigenschaften des Reizes lösen automatisch eine Reaktion aus. Wenn gegen den Willen der Person eine Reaktion auf einen Reiz ausgelöst wird, z.B. aufgrund des emotionalen Gehalts des Reizes oder der Vorerfahrung mit diesem Reiz, obwohl die Person etwas anderes vor hatte, ist dies unwillkürlich. Die Top-Down-Verarbeitung wird als aktiver willentlicher Prozess angesehen, während die Bottom-Up-Verarbeitung in einer passiven, automatischen Weise arbeitet (Theeuwes, 2010).

Luck (1995) untersuchte ebenfalls die visuellen räumlichen Aufmerksamkeits-mechanismen. Das visuelle System kann in einer kurzen Zeitspanne nur eine gewisse Menge an Informationen verarbeiten, deshalb ist die räumliche Aufmerksamkeit (engl. *„spatial attention“)* wichtig, um den Fokus des visuellen Verarbeitens auf eine Teilmenge der einfließenden visuellen Information zu lenken. Er untersuchte mit elektrophysiologischen Methoden die räumliche Aufmerksamkeit und konnte zeigen, dass das visuelle System mehrere, unterschiedliche neuronale Mechanismen der räumlichen Aufmerksamkeit verwenden. Es gibt zwei unterschiedliche Arten von selektiven Aufmerksamkeitsmodellen: Entweder verbessern/erleichtern die Aufmerksamkeitsmechanismen das Verarbeiten der fokussierten Information oder die Mechanismen unterdrücken das Verarbeiten der nicht beachteten Information. Da unterschiedliche internale Mechanismen zu gleichen Verhaltensweisen führen können, sind hier neurophysiologische Methoden zu ihrer Untersuchung von Vorteil (Luck, 1995).

Die *„event-related-potential“* (ERP)-Methode ist eine nicht-invasive Methode zur

Messung der elektrischen Potentiale im Gehirn, die produziert werden, während die Testpersonen kognitive Aufgaben bewältigen. Diese elektrischen Potentiale werden in spezifischen Gehirnregionen während der Informationsverarbeitung produziert. Wenn viele elektrische Potentiale synchron aktiv sind, summieren sich diese als postsynaptische Potentiale und gelangen durch das Gehirn zur Schädeldecke und zeigen sich dort als ERPs. Die ERP-Antworten werden über verschiedene Techniken als Wellen sichtbar gemacht, die die Sequenzen des neuronalen Verarbeitens zeigen. Diese Wellen bestehen aus einer Reihe von positiven und negativen Spitzen, die die Aktivierung von Gehirnregionen während des Informationsverarbeitens zeigen. Die Spitzen sind mit „P“ (positiv) oder „N“ (negativ) bezeichnet und mit einer Nummer, die die Position innerhalb der Welle markiert. Die Latenzzeiten und Spitzen zeigen den Zeitablauf der Verarbeitung und die Verteilung über die Kopfhaut zeigt den Ort des neuronalen Ursprungs. Die ERP-Methode kann somit den Zeitablauf und den neuroanatomischen Ort der aufmerksamkeitsbezogenen Veränderungen gut darstellen (Luck, 1995).

Bei einer Aufgabe, bei der die Testpersonen auf einen Reiz links oder rechts am Bildschirm mit einem Tastendruck reagieren mussten, konnte Luck eine relativ frühe Selektion feststellen. Beachtete Reize erweckten größere ERP-Spitzen als nicht beachtetet Reize; das erste sensorische Potential „P1“ setzt kurz nach dem die sensorische Information den primären visuellen Kortex erreicht hat, ein. Bei der Hinweisreizaufgabe, in der ein Hinweisreiz auf den wahrscheinlichen Ort des nachfolgenden Zielreizes hindeutet, zeigte sich eine schnellere Reaktionsgeschwindigkeit und höhere Genauigkeit bei validen Durchgängen, verglichen mit nicht validen Durchgängen (Posner, 1980). Dieses Paradigma verwendete Luck in seinem Experiment (1995). Er verwendete Pfeile um mit ihnen die Aufmerksamkeit auf einen von vier möglichen Erscheinungsorten des Zielreizes hinzuweisen. Die Erkennungsrate war am höchsten in validen Durchgängen und am niedrigsten in nicht validen. Die „P1“-Spitze war jedoch reduziert bei nicht validen Durchgängen, verglichen mit neutralen Durchgängen und die „N1“-Spitze war erhöht bei validen Durchgängen, verglichen mit neutralen Durchgängen. Diese Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass die räumlichen Hinweisreize zur Benutzung von zwei unterschiedlichen Aufmerksamkeitsmechanismen führen. Ein Mechanismus unterdrückt das Verarbeiten von nicht-beachteten Orten und wird durch den „P1-Effekt“ dargestellt; der zweite Mechanismus verbessert das Verarbeiten von beachteten Orten, dargestellt durch den „N1-Effekt“. Die unterschiedlichen Mechanismen zeigen unterschiedliche Techniken der Aufmerksamkeit und die Anpassung des sensorischen

Verarbeitens. Luck nimmt an, dass diese Mechanismen nicht unabhängig voneinander sind und eventuell sogar immer gemeinsam im Tandem auftreten (1995).

Konflikte und kognitive Kontrolle

Egner (2008) beschreibt kognitive Kontrolle als die Fähigkeit, zielgerichtete Strategien (engl. *task sets*) zu erzeugen, zu erhalten und anzupassen. Kognitive Konflikte sind die simultane Aktivierung von inkompatiblen Vorstellungen im Gehirn und erfordern die Anpassung der kognitiven Kontrolle (Egner, 2008). Kognitive Konflikte kann man sich als gleichzeitiges Vorhandensein von Handlungsmöglichkeiten, die unvereinbar sind, vorstellen. Diese stellen hohe Anforderungen an die Handlungssteuerung.

Mit diesen Konflikten flexibel umzugehen, ist die zentrale Aufgabe der menschlichen Handlungssteuerung (Wühr & Kunde, 2008).

Konfliktregulationsansatz.

Dies wird im „Konfliktüberwachungsmodell“ als evaluativer Mechanismus erklärt, welcher internale Prozesse überwacht. Das Modell beschreibt eine regulative Konflikt-Kontroll-Schleife, die aus einer Konflikt-überwachenden Komponente besteht (befindet sich im Gehirnareal des dorsalen anterior cingulate Kortex), die Prozesskonflikte entdeckt und ein Konflikt-Signal zur strategischen Kontroll-Komponente (liegt im Gehirnareal des dorsolateralen präfrontalen Kortex) weiterleitet. Die wiederum löst den Konflikt durch Top-Down Prozesse auf, die mit der momentanen Aufgabe zusammenhängen (Botvinick et al., 2001).

Hierbei stellt sich nun auch die Frage, ob diese Konfliktregulation Domain-generell (wie im Original-Modell angenommen) oder Domain-spezifisch arbeitet. Domain-generell bedeutet, dass jeder Konflikt zur Verbesserung von allen Top-Down-Prozessen führt, auch zur Verbesserung anderer Konflikt-Typen. Domain-spezifisch heißt, dass ein bestimmter Typ eines Konflikts auch eine bestimmte Regulation (Bottom-Up) nur in diesem spezifischen Fall auslöst. Gibt es nun eine einzige Kontroll-Ressource, die flexibel auf Konflikte eingeht oder mehrere spezialisierte Konflikt-Kontroll-Schleifen, die parallel arbeiten? Die Mehrheit der Literatur weist auf eine Domain-spezifische Kontrolle

mit mehreren unabhängigen Kontroll-Schleifen hin (Egner, 2008).

Botvinick et al. (2001) beschreiben in ihrem Konfliktüberwachungsmodell wie sich das kognitive System an Konflikte anpasst, bzw. sie durch kognitive Kontrolle reguliert. Konflikte zwischen konkurrierenden Prozessen beeinflussen Handlungen in vielen unterschiedlichen Bereichen. Ihr Modell reguliert und evaluiert Informationsverarbeitungsprozesse. Wie schon angegeben, entsteht bei Aktivierung konkurrierender Prozessen ein Konflikt, welcher die Reaktionszeiten bei Reaktionstests verlangsamt und die Fehlerrate erhöht. Bei Gehirnstudien wurden mittels fMRT = funktioneller Magnetresonanztomographie (engl. *„fMRi*“) und „event-related potentials“ (ERP) bei Konflikten eine Aktivierung des Anterior Cingulate Kortex (ACC), einer Region im Frontallappen, gemessen.

Im Besonderen wurden drei Typen von ACC-Aktivierung festgestellt:
1. Beim Ausschalten von irrelevanten, automatischen Antworten
2. Bei Entscheidungen zwischen gleich wahrscheinlichen/zulässigen Antworten
3. Bei der Untersuchung von Fehlern

Der erste Typ wurde bei PET-Studien von Pardo, Pardo, Janer & Raichle (1990) und Experimenten zum Stroop-Konflikt festgestellt. Es kann eine Erhöhung der ACC-Aktivierung in einer inkompatiblen Bedingung, verglichen mit der kompatiblen Bedingung, festgestellt werden. Die Frage nach der Wortfarbe löst einen Konflikt in der inkompatiblen Bedingung aus, wenn die Farbe, in der das Wort geschrieben ist, eine andere Farbe ist als die semantische Bedeutung des Wortes, z.B. wenn Rot in grüner Farbe geschrieben ist. Die Erklärung hierfür ist, dass das Lesen eines Wortes ein automatischer Prozess ist, der mit der Farbe des Wortes interferiert (Botvinick et al., 2001). Der zweite Typ von ACC-Aktivierung kommt vor, wenn eine Testperson aus einem Set von Antworten auswählen muss, von denen die richtige Antwort nicht deutlich hervorgeht. Beim dritten Typ entsteht die erhöhte Aktivierung des ACC durch die Untersuchung von Fehlern durch die gleichzeitige Aktivierung der korrekten und inkorrekten Antworten (Botvinick et al., 2001).
Eine Studie zu Aufmerksamkeit von Corbetta, Miezin, Dobmeyer, Shulman und Petersen (1991) hat unterschiedliche ACC-Aktivierung in der parallelen- und der fokussierten Aufmerksamkeitsbedingung feststellen können. Die parallele Phase ist die erste Phase der Reizverarbeitung, die den Zielreiz und die Distraktoren gleichzeitig verarbeitet, sie jedoch

nicht unterscheiden kann. Demgegenüber steht die fokussierte Phase der Reizverabeitung, die nicht so schnell arbeitet, jedoch die Aufmerksamkeit auf den Zielreiz fokussiert (Gratton et al., 1992). In der parallelen Aufmerksamkeitsbedingung werden eine größere ACC-Aktivierung und eine höhere Fehlerrate gemessen. Die parallele Evaluierung von unterschiedlichen Reizen führt somit zur Vermischung der Antwortmöglichkeiten, was wiederum mehr Fehler zur Folge hat (Botvinick et al., 2001). Mehr dazu im Abschnitt „Kognitive Effekte und unterschiedliche Erklärungsansätze für deren Entstehung".

ACC-Aktivierung kann also zusammenfassend als Antwort auf Konflikte beim Informationsverarbeitungsprozess beschrieben werden. Da es bei der Flankierreizaufgabe, auf der unsere Studie basiert, um Unterscheidung von Zielreiz und Distraktoren geht, wird hier der 3. Typ der ACC-Aktivierung (Untersuchung von Fehlern) angenommen. Testpersonen müssen hier den zentralen Buchstaben inmitten von Distraktor-Buchstaben erkennen. Beim vorliegenden Experiment geht es um das Erkennen einer farbigen Scheibe, die umgeben ist von zwei gleich-oder andersfarbigen Distraktoren. Bei der Simulation der Flankierreizaufgabe von Botvinick et al. (2001) wurde ein erhöhtes Potential (event-related-negativity) im ACC kurz vor der Fehlerentdeckung gemessen, was darauf hindeutet, dass die Distraktoren möglicherweise die Leistung der Testpersonen bei manchen Durchgängen verbessern können, da sie wie ein Bahnungsreiz wirken und so die korrekte Antwort schon vor der Reizpräsentation auslösen können. Die ACC-Aktivierung als Antwort auf Konflikte ist ein Signal für die Erhöhung der kognitive Kontrolle, wodurch die Verarbeitung der konfliktauslösenden Reize verbessert wird (Botvinick et al., 2001).

Im vorliegenden Experiment könnte dies der Fall sein, wenn die Distraktoren dieselbe Farbe haben wie der Zielreiz und somit eine Reaktionsbahnung bewirken. Mayr, Awh & Laurey (2003) erwähnen auch, dass bei Reiz-Reaktions-Kompatibilitätsaufgaben, die nur zwei Reize verwenden, es durch die ständige Wiederholung dieser Zielreize mit den Distraktoren zu einem Bahnungs- oder Priming-Effekt kommen kann (Mayr et al., 2003; Egner, 2008). Mehr zu dieser Annahme folgt im Abschnitt „Priming".

Kognitive Effekte und unterschiedliche Erklärungsansätze für deren Entstehung

Beim „Noise-Compatibility Paradigm" von Gratton, Coles und Donchin (1992) werden die Testpersonen, mit einer Flankierreizaufgabe mit visuellen Reizen, nämlich mit

unterschiedlichen Buchstabenreihen konfrontiert. Einer der Buchstaben ist der Zielreiz und soll von den Testpersonen schnellst möglich diskriminativ erkannt werden; die anderen, den Zielreiz umgebenden Buchstaben (Distraktoren), sollen ignoriert werden. Um die visuelle Suche zu minimieren, zeigt hier jedoch ein visueller Hinweisreiz im Voraus an, wo der Zielreiz präsentiert wird. Dabei gibt es kompatible Distraktoren, die im Zusammenhang mit dem Zielreiz stehen und inkompatible Distraktoren, die mit einem alternativen Reiz im Zusammenhang stehen (Gratton et al., 1992). Eriksen & Eriksen zeigen, dass inkompatible Zustände zu langsameren Reaktionszeiten und größeren Fehlerraten führen (1974). Dieser Effekt wird Kompatiblitätseffekt genannt, also die schnellere Reaktionszeit und geringere Fehlerrate bei kompatiblem Reiz und Distraktor (Gratton et al., 1992).

Durch die inkompatiblen Distraktoren werden laut Eriksen und Schultz (1979) Antworten aktiviert, die sich widersprechen und gegenseitig hemmen. Diese parallele Aktivierung konnte in einigen Studien mit unterschiedlichen Methoden nachgewiesen werden, die Daten haben gemeinsam, dass die richtigen und falschen Antworten gleichzeitig aktiviert sind und es wird angenommen, dass dies zu langsameren Reaktionszeiten führt (Eriksen & Schultz, 1979; Gratton et al., 1992).

Gratton et al. (1992) zeigten, dass die Testpersonen manchmal eine schnelle und parallele Reizverarbeitung verwendeten, aber manchmal auch eine langsamere, fokussierte Verarbeitung. Die Antworten auf Basis von paralleler Verarbeitung stehen im Zusammenhang mit automatischen Bottom-Up-Prozessen. Die Wahl, welche Reizverabeitung angewendet wird, hängt laut Gratton et al. (1992) mit den Erwartungen der Testpersonen an den Reiz zusammen. Während der ersten Phase der Reizverarbeitung (parallele Phase) verarbeiten die Testpersonen den Zielreiz und die Distraktoren, können sie aber nicht unterscheiden. Die Antworten, die in dieser Phase gegeben werden, sind abhängig von der Art der Distraktoren: Schnelle Antwortreaktionen während dieser Phase führen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Bei kompatiblen Durchgängen sind sie größtenteils korrekt und bei inkompatiblen Durchgängen inkorrekt. Demgegenüber steht die fokussierte Phase, in welcher sich die Testpersonen auf den Reizort des Zielreizes fokussieren können und Distraktoren an anderen Orten hemmen können. Bei langsameren Antworten in der fokussierten Phase antworten die Testpersonen deshalb meist richtig, sowohl bei kompatiblen als auch inkompatiblen Durchgängen (Gratton et al., 1992).

Die Testpersonen hatten die strategische Wahl, ob sie während der frühen parallelen Phase antworteten oder während der fokussierten Phase. Sie schätzten die Nützlichkeit

der vorhandenen Informationen ab und antworteten bei zufriedenstellender Einschätzung. Es konnte gezeigt werden, dass sie durch Erwartung eines kompatiblen Reizes mittels eines Hinweisreizes manipuliert werden konnten. Je mehr sie den gesammelten Informationen in der Parallelphase vertrauten, desto schneller antworteten sie und desto häufiger sind falsche Antworten bei inkompatiblen Durchgängen. Gratton et al. manipulierten die Erwartungen für kompatible und inkompatible Distraktoren mittels dargebotenen Hinweisreiz vor dem Zielreiz (1992). Je mehr die Testpersonen den Hinweisen in der Parallelphase vertrauten, desto schneller waren ihre Antworten in der kompatiblen Bedingung und desto höher ist die Fehlerrate in der inkompatiblen Bedingung. Wenn die Testpersonen mehr auf die fokussierte Phase vertrauten, waren ihre Antworten langsamer in kompatiblen Bedingungen und sie hatten weniger Fehler in inkompatiblen Bedingungen. Es wurden die Differenzen zwischen der Reaktionszeit und Genauigkeit bei kompatiblen und inkompatiblen Durchgängen gemessen. Die Differenzen (Kompatibilitätseffekte) waren bei Antworten in der Parallelphase größer. Fehler bei inkompatiblen Durchgängen können somit entstehen, wenn die Testpersonen raten oder auf die Parallelphase vertrauen (Gratton et al., 1992).
Die räumliche Aufmerksamkeit bei der Flankierreizaufgabe resultiert laut Konfliktregulationsansatz in einem geringeren Fokus auf den zentralen Reiz, was einen größeren Konflikt verursacht. Es wurde aber gezeigt, dass bei häufigen inkompatiblen Durchgängen die Testpersonen einen geringeren Störungseffekt haben (Botvinick et al, 2001).

Gratton et al. haben auch sequentielle Abhängigkeiten und Sequenz-Effekte untersucht (1992). Im Besonderen interessierten sie die Effekte von Distraktor-Wiederholungen, wenn beispielsweise ein kompatibler Durchgang auf einen ebenso kompatiblen folgte oder ein inkompatibler auf einen inkompatiblen Durchgang; oder ein Wechsel der Distraktoren, wenn nach inkompatiblen ein kompatibler Durchgang folgte oder umgekehrt. Sie haben die Erwartungen der Testpersonen im Zusammenhang mit den sequentiellen Effekten untersucht. Sie nahmen an, dass die Testpersonen, wenn sie die Wiederholung eines kompatiblen Durchgangs erwarten würden, schon in der Parallelphase antworten würden. Umgekehrt behaupteten sie, dass sich die Testpersonen bei Annahme eines Wechsels der Distraktoren beim zweiten Durchgang auf die fokussierte Verarbeitungsphase verlassen würden (Gratton et al., 1992).

Kompatibilitätseffekt und Gratton-Effekt.

Die Ergebnisse des Experiments von Gratton et al. (1992) bestätigen ihre Annahmen. Die Reaktionszeiten der Testpersonen waren schneller bei kompatiblen als bei inkompatiblen (aktuellen) Durchgängen, sie können den Kompatibilitätseffekt bestätigen. Die Art der Distraktoren im vorherigen Durchgang hat einen Einfluss auf den Kompatibilitäts-/Distraktoreeffekt im aktuellen Durchgang bezüglich der Reaktionszeit und der Fehlerrate. Die Ergebnisse der sequentiellen Untersuchungen zeigen, dass Antwortreaktionen bei kompatiblen Durchgängen schneller sind, wenn der vorhergehende Durchgang ebenfalls kompatibel war, ebenso wie die Testpersonen bei inkompatiblen Durchgängen schneller antworten, wenn der vorauslaufende Durchgang inkompatibel war. Bei Wiederholung der Distraktor-Art sind die Testpersonen, wie angenommen, schneller und genauer. Gratton et al. erklären dies mit dem Wechsel der Aufmerksamkeitsphasen und mit einer möglichen Bahnung der Antworten durch die Wiederholung der Distraktoren oder durch die Wiederholung der Buchstabenreihe oder der Antworten. Sie untersuchen dies und kamen zum Schluss, dass der Kompatibilitätseffekt nicht auf den Wiederholungseffekt von Reiz und Reaktion zurückzuführen ist, sondern auf die Wiederholung der Art der Distraktoren (Gratton et al., 1992).

Gratton et al. konnten einen größeren sequentiellen Störungseffekt nach kompatiblen Durchgängen als nach inkompatiblen Durchgängen feststellen und führen dies darauf zurück, dass die Testpersonen sich von ihren Erwartungen leiten lassen. Bei kompatiblen Durchgängen erwarteten die Testpersonen wieder einen kompatiblen Durchgang, verließen sich auf die Informationen, die sie in der Parallelphase erhalten haben und antworteten schneller. Deswegen sind die Störungseffekte und Kompatibilitätseffekte größer, wenn auf einen kompatiblen Durchgang ein inkompatibler folgt. Nach inkompatiblen Durchgängen erwarten die Testpersonen wieder einen inkompatiblen Durchgang und antworten in der fokussierten Phase, in der sie schon genauer auf den Zielreiz achten, weshalb der Kompatibilitätseffekt geringer ist. Diesen geringeren Kompatibilitätseffekt nach einem vorauslaufend inkompatiblen Durchgang nennt man Gratton-Effekt oder Kompatibilitätssequenzeffekt (Gratton et al., 1992).

Speziell bei der Flankierreizaufgabe konnte eine Abschwächung des Effekts der Distraktoren durch schnellere Reaktionszeiten bei Durchgängen, die auf inkompatible

Durchgänge folgen, gezeigt werden. Die ACC-Aktivierung hängt vom vorhergehenden Durchgang ab. Nach kompatiblen Durchgängen sollte die kognitive Kontrolle gering sein, daher ist der Konflikt groß und die ACC-Aktivierung hoch. Nach inkompatiblen Durchgängen sollte die Kontrolle stärker sein, der Konflikt weniger groß und die folglich auch die ACC-Aktivierung eher gering (Botvinick et al., 2001).

Das Konfliktüberwachungsmodell erklärt dies dadurch, dass ein inkompatibler Reiz die kognitive Kontrolle und das aufgabenspezifische Verarbeiten verbessert. Das führt wiederum zu einer schnelleren Reaktion bei inkompatiblen Reizen, welches die geringere Störung durch die Distraktoren spiegelt. Bei kompatiblen Reizen führt das dann zu langsameren Reaktionen (Egner, 2008).

Zusammenfassend kann man sagen, dass inkompatible Durchgänge zu langsameren Reaktionszeiten und höheren Fehlerraten führen, wenn man jedoch die Interaktion des momentanen mit dem vorherigen Durchgang beachtet, wird die Leistung der Testpersonen nach inkompatiblen Durchgängen sogar besser. Das wird beim Konfliktregulationsansatz damit begründet, dass die Fokussierung der visuellen Aufmerksamkeit nach inkompatiblen Durchgängen verbessert wird, was wiederum die Wirkung der Distraktoren reduziert (Botvinick et al, 2001).

Der Konfliktregulationsansatz erklärt die sequentielle Modulation entweder durch verbesserte Verarbeitung der relevanten Reizdimensionen, da nach einem Konflikt mehr Aufmerksamkeitsressourcen für die Verarbeitung des Zielreizes aktiviert werden oder dadurch, dass die irrelevante Reizinformation (die Distraktoren) besser unterdrückt wird. Diese Prozesse der Konfliktregulaton müssen sich aber keinesfalls ausschließen, sondern können auch beide wirken (Wühr & Kunde, 2008).

Eine andere Erklärung für verbesserte Leistungen bei einigen Durchgängen ist der Merkmalsintegrationsansatz von Hommel, Procter und Vu (2004). Sie erklären ihre Theorie anhand des Simon-Effekts. Dieser Effekt tritt auf, wenn die Testpersonen bei einer Reiz-Reaktions-Aufgabe, bei der es um das Erkennen (z.B. die Form) eines räumlich variierenden Reizes geht, auf den Ort des Reizes reagieren, obwohl dieser für das Experiment unwichtig ist. Wenn die Testpersonen beispielsweise auf den Reiz „O“ und „X“ am Bildschirm mit einem Tastendruck links („O“) oder rechts („X“) reagieren müssen, reagieren sie ungewollt auch auf den Auftrittsort des Reizes (links oder rechts). So zeigten die Testpersonen eine bessere Leistung bei räumlich kompatiblen Reiz-Reaktions-Aufgaben, d.h. sie antworteten schneller und akkurater mit der linken

Taste wenn der Reiz auch auf der linken Bildschirmseite auftrat. Wenn „O“ also links auftritt und sie mit der linken Taste antworten müssen, ist das eine kompatible Reiz-Reaktions-Aufgabe (Hommel et al., 2004).

Wenn das „O“ also links erscheint, wird der Reiz über zwei Routen verarbeitet. Eine Route ist unter willentlicher Kontrolle und realisiert die Aufgabenanforderungen. Diese Route nimmt den Reiz als Parameter auf und aktiviert die korrekte, linke Antworttaste (Hommel et al., 2004). Die andere Route arbeitet automatisch und unwillkürlich und antwortet räumlich kompatibel auf den Reiz (Hommel, 1993). Demnach wird diese linke Antwort von beiden Routen aktiviert (willkürlich und unwillkürlich) und folglich die erforderliche Reizschwelle früher erreichen als in neutralen Bedingungen. Dies führt zu schnelleren Antwortreaktionen. Wenn das „O“ jedoch rechts am Bildschirm auftritt, aktiviert die willentliche Route die linke Antworttaste und die automatische die rechte Antworttaste, was zu einem Antwortkonflikt führt, der die Antwort verzögert (Hommel et al, 2004).

Stürmer, Leuthold, Soetens, Schröter und Sommer (2002) fanden einen messbaren Simon-Effekt nach mehreren kompatiblen Durchgängen, jedoch kaum einen Effekt nach mehreren nicht-kompatiblen Durchgängen. Dies deutet darauf hin, dass sogar die automatische Antwortaktivierung unter Kontrolle des Wahrnehmenden liegt, sie erklären dies mit sequentieller Abhängigkeit des Simon-Effekts. Bei einem kompatiblen Durchgang ist die Antwortaktivierung (auf beiden Routen) nützlich, so dass die Aktivierung erhöht wird. Wenn der nachfolgende Durchgang ebenfalls kompatibel ist, wird der Nutzen der Reiz-Reaktions-Korrespondenz wiederum erhöht, weshalb die Antwortgeschwindigkeit schneller wird. Im Gegensatz dazu ist die automatische Antwortaktivierung in inkompatiblen Durchgängen nicht nützlich, so dass die Aktivierung abnimmt. Deshalb folgt auf einen inkompatiblen Durchgang wenig bis gar keine Weiterleitung der räumlichen Information und der Simon-Effekt verschwindet (Stürmer, Leuthold, Soetens, Schröter & Sommer, 2002).

Stürmer et al. nehmen an, dass die kognitive Kontrolle durch das Unterdrücken der unwillkürlichen Route nach inkompatiblen Durchgängen ausgeübt wird. Dadurch, dass die automatische Route unterdrückt wird nach nicht-kompatiblen Durchgängen, aber nicht nach kompatiblen, zeigt, dass die irrelevante räumliche Information nur nach kompatiblen Durchgängen zählt (Stürmer et al., 2002). Da dieser Vorgang eine direkte Kontrolle der automatischen Route durch den Wahrnehmenden und seine Ziele anzeigt,

ist es eigentlich nicht gerechtfertigt, diese Route als „automatisch“ zu bezeichnen (Notebaert, Soetens & Melis, 2001).

Merkmalsintegrationsansatz.

Hommel et al. (2004) haben diesen zur Konfliktregulation alternativen Ansatz erforscht, den Merkmalsintegrationsansatz, der die Konsequenzen von sequentieller Reiz-Reaktionsabfolgen auf spezifische Reiz-Reaktions-Merkmale zurückführt. Ich werde jetzt spezifischer auf diesen Ansatz eingehen. Die Testpersonen mussten bei Hommel et al. (2004) auf zwei unterschiedliche Reize (z.B. grün-rot, X-O) mit zwei unterschiedlichen Antworten (z.B. linke Taste-rechte Taste) reagieren. Es wurden immer 2 Reize nacheinander vorgegeben und unter anderem Reiz-Reaktions-Wiederholungseffekte wie auch Antwort-Wechsel-Vorteile (schnellere Antworten bei Wechsel-Durchgängen) gemessen (Notebart et al., 2001).

Der Merkmalsintegrationsansatz geht davon aus, dass Reiz- und Reaktionsmerkmale jedes Durchgangs miteinander verbunden sind und im episodischen Gedächtnis als engl. *„event file“* (=Ereignisakte) gespeichert werden. Diese Gedächtniseinheiten werden automatisch abgerufen, wenn ein Teil dieser Gedächtnisspur wiederauftritt. In Reiz-Reaktions-Aufgaben mit zwei Reizeigenschaften, kann es bei einem Übergang von zwei kompatiblen oder zwei inkompatiblen Reizen entweder zu einer kompletten Wiederholung kommen oder einem kompletten Wechsel der Reiz- und Reaktionsmerkmale (Egner, 2008). Eine schnelle Reaktion ist demnach nicht nur bei kompletter Wiederholung der Reizeigenschaften möglich, sondern auch wenn Reiz und Reaktion eines Durchgangs komplett anders sind als der vorhergehende, da keinerlei Merkmale vom vorherigen Durchgang in ein „event file“ gespeichert wurden, deshalb wird auch keine automatische Reaktion aktiviert (Kim & Cho, 2014). Währenddessen führen Wechsel von kompatiblen zu inkompatiblen Reizen (und umgekehrt) zu partiellen Wiederholungen, wobei manche Reizeigenschaften wieder auftreten und andere nicht. Es wird angenommen, dass diese partiellen Wiederholungen die Verarbeitungsgeschwindigkeit verringern, da vorhergehende Assoziationen zwischen Reiz- und Reaktionsmerkmalen erst übergangen (gehemmt) werden müssen (Egner, 2008). Hommel et al. (2004) schlugen die Merkmalsintegration und somit die Wiederholung von Reiz- und Antwortmerkmalen als Hauptursache für die Entstehung des Gratton-Effekts vor, da sie einen Gratton-Effekt ohne vorhergehenden Konflikt

festgestellt hatten, was der Erklärung des Konfliktregulationsansatzes widerspricht. Dieser erklärt den reduzierten Kompatibilitätseffekt nach inkompatiblen Durchgängen durch unterschiedliche Zuteilung von Aufmerksamkeitsressourcen (Gewichtung) nach einer Konfliktentdeckung (Kim & Cho, 2014).

Priming.

Mayr, Awh und Laurey (2003) widersprechen ebenfalls dem Konfliktregulations-ansatz, der den Gratton-Effekt bei einer Flankierreizaufgabe entweder durch verbessertes Verarbeiten des Zielreizes oder Hemmung der Verarbeitung der Distraktoren erklärt. Die Effizienz der kognitiven Kontrolle dabei wird mit dem Gratton-Effekt gemessen. Sie widersprechen diesem Modell und schlagen vor, dass der Gratton-Effekt nur eine Konsequenz des episodischen Gedächtnisses während der Aufmerksamkeitsselektion ist. Durch Wiederholung von Reizen und ihren Reaktionen/Distraktoren kommt es zu Reiz-spezifischem Priming. Wie bei Hommel et al. (2004) gehen auch sie von Effekten der Wiederholung aus. Sie untersuchten die Flankierreizaufgabe und entdeckten den Gratton-Effekt nur bei Wiederholungsdurchgängen mit Zielreiz- und Distraktorwiederholung. Daraus folgern sie, dass das Reiz-Reaktions-Priming eine vollständige Erklärung für den Gratton-Effekt liefern kann, d.h. durch die Wiederholung von Reizen mit einer Reaktion oder mit den Distraktoren wird die Reaktionsgeschwindigkeit der Testpersonen erhöht (Mayr et al., 2003). Durch die Wiederholung wird eine automatische motorische Antwort ausgelöst, dies nennt man „Priming“. Zum Beispiel wird nach etlichen Durchgängen eines roten Reizes und einem speziellem Distraktor schneller die Antworttaste gedrückt, da die wiederholte Kombination von dem Reiz mit dem Distraktor zu einem Priming-Effekt führt. Desweiteren geben sie an, dass es mit dem Priming-Ansatz möglich sei, die Effekte bei partiellen Durchgängen zu erklären, was mit dem Konfliktregulationsansatz nicht möglich wäre. Außerdem nehmen sie an, der ACC reguliere keine Konflikte, sondern registriere sie nur (Mayr et al., 2003).

Hebb`sche Lernregel - ein hybrider Erklärungsansatz.

Verguts und Notebaert (2008) untersuchen mit einem neuen Modell, wie das Konfliktüberwachungsmodell erfährt, wo es eingreifen muss. Ihr kognitives Modell arbeitet nach der Hebb´schen Lernregel. Wenn ein Konflikt bei inkompatiblen

Durchgängen entdeckt wird, erhöht ein neuromodulatorisches System das lokale Erregungsniveau, was die Verbindungen zwischen aufgabenspezifischen Merkmalen und Antworten stärkt. Bei einem großem Konflikt in einem Durchgang wird ein Signal versendet, dass die aufgabenrelevanten Verbindungen verstärkt werden sollen, was durch die Hebb´sche Lernregel geschieht. Die aufgabenrelevanten Einheiten werden mit Aktivierungseinheiten verbunden und diese Verbindungen werden verstärkt, insbesondere die Gewichtungen der Einheiten. Die irrelevanten Einheiten werden mit inaktiven Anforderungseinheiten verbunden und somit geschwächt. Kognitive Kontrolle könnte somit über die Hebb´sche Lernregel funktionieren und durch Verstärkungs-Lernen auch die ACC-Aktivierung erklären. Sie versuchen, zwei widersprüchliche Erklärungen für die sequentielle Modulation (Gratton-Effekte) zu verbinden. Das „adaptation by binding"-Modell von Verguts und Notebaert (2008) führt an, dass bei einem Konflikt bei inkompatiblen Durchgängen das kognitive Überwachungssystem eine Erhöhung der neuronalen Aktivierung auslöst und diese Erhöhung die Verbindungen zwischen aufgabenrelevanten Merkmalen im aktuellen Durchgang stärkt, was im nachfolgenden Durchgang den Kompatibilitätseffekt verringert, da die korrekte Antwort bei inkompatiblen Durchgängen nun schneller aktiviert werden kann (Verguts & Notebaert, 2008).

Sie nehmen an, dass das Hebb`sche Lernsystem durch Konflikt moduliert wird und dadurch kognitive Kontrolle darstellt, wenn jedoch das Lernsystem zwischen Reiz- und Reaktionsantworten (Bahnung/Priming) arbeitet, reflektiert es eine Bindung (Verguts & Notebaert, 2008). Durch die Verbindung des Konfliktregulationsansatzes mit dem Priming-Ansatz stellt es eindeutig einen hybriden Ansatz dar.

Zusammenfassung der Erklärungsansätze

Die sequenzielle Modulation von Kompatibilitätseffekten könnte also nicht aufgrund von Konfliktregulation und kognitiver Kontrolle entstehen, sondern durch Bahnungs- oder Primingprozesse (Hommel et al, 2004; Mayr, Awh & Laurey, 2003; Wühr & Kunde, 2008) oder es könnten beide Ansätze wie im „adaptation by binding"-Modell beschrieben, zusammenarbeiten (Verguts & Notebeart, 2008).

Studien, die die Wiederholungsfaktoren von Reiz- und Reaktionsmerkmalen kontrolliert hatten (durch größere Reiz-Sets) konnten jedoch zeigen, dass Konfliktadaptation und Kompatibilitätssequenzeffekte (Gratton-Effekte) auch bei Fehlen

der Merkmalsintegration und dem Wiederholungs-Priming-Effekt auftritt. Die Literatur nimmt an, dass der assoziative Bahnungs-/Priming-Ansatz und der Ansatz der Konfliktregulation bei Reiz-Reaktions-Aufgaben mitwirken, jedoch können diese Effekte können auch verhindert werden (Egner, 2008).

Erwartungen und Fragestellungen

Unter Berücksichtigung der untersuchten Literatur ergeben sich folgende Fragestellungen:

1. Hängen Cueingeffekte im aktuellen Durchgang n vom Konflikt im Cueing im vorherigen Durchgang (n-1) ab?
2. Hängen Cueingeffekte im aktuellen Durchgang n vom Kompatibilitäts-Konflikt im vorausgegangenen Durchgang (n-1) ab?
3. Hängen Kompatibilitätseffekte im aktuellen Durchgang n vom Kompatibilitäts-Konflikt im vorherigen Durchgang (n-1) ab?
4. Hängen Kompatibilitätseffekte im aktuellen Durchgang n vom Konflikt im Cueing im vorherigen Durchgang (n-1) ab?
5. Beeinflussen Konflikte in einer der beiden Dimensionen (Validität/Cueing, Kompatibilität) auch die Konflikte in der anderen Dimension?

Nach diesem Überblick über den theoretischen Hintergrund der Studie und den Fragestellungen nun zu den Erwartungen:

Es wurde ein Kompatibilitätseffekt mit schnellerer Reaktionszeit und geringerer Fehlerrate der Testpersonen in kompatiblen als in inkompatiblen Bedingungen laut Gratton et al. (1992) erwartet.

Desweiteren wurde nach Gratton et al. (1992) ein Gratton-Effekt erwartet, also stärkere Kompatibilitätseffekte nach vorauslaufend (n-1) kompatiblen als nach vorauslaufend (n-1) inkompatiblen Bedingungen.

Außerdem wurde ein Validitätseffekt mit schnellerer Reaktionszeit und geringerer Fehlerrate in validen als in nicht-validen Bedingungen erwartet (siehe Posner, 1980). Außerdem wurde auch hier ein Gratton-Effekt mit höheren Validitätseffekten nach vorauslaufend (n-1) validen als nach vorauslaufend nicht-validen Durchgängen, demnach einen Validitätssequenzeffekt nach Jongen & Smulders (2007) erwartet.

Dabei stellte sich die Frage, ob Konflikte in einer der beiden Dimensionen (Cueing, Kompatibilität) die Konflikteffekte in der anderen Dimension beeinflussen. Da es sich um unterschiedliche Konfliktquellen handelt, müssen sich diese Konflikte nicht beeinflussen. Wenn Kontrolle, die durch eine Art von Konflikt ausgelöst wird, auch den anderen Konflikt, der durch eine andere Konfliktquelle ausgelöst wurde, beeinflussen würde, würde dies einen Hinweis auf die Domänen-generelle Konfliktauflösung deuten. Wenn jedoch keine Überlappung der Konfliktadaptationseffekte stattfinden würde (Fehlen von Interaktion der Domänen) würde dies auf Domänen-spezifische Konfliktauflösung hindeuten (Egner, 2007).

Im Fall der Distraktoren/Flankierreize wird als Ursache für die Effekte angenommen, dass es sich um Bahnung/Priming handelt; im Fall der Hinweisreize (Cueing) um Aufmerksamkeitszuwendung.

Es könnte jedoch auch die Konfliktregulation die Quelle der Gratton-Effekte sein und als dimensionsübergreifende, allgemein wirksame kognitive Strategie den Validitätseffekt beeinflussen. Besonders Augenmerk wurde auf die Ursachen für die Gratton- und Cueing-Effekte gelegt und ob sich diese auch beeinflussen und somit dimensionsübergreifend wirken.

Methoden

Nachfolgend wird die angewendete Forschungsmethodik beschrieben. Zunächst werden Stichprobe, verwendetes Material und die angewendete Prozedur genau erklärt. Danach folgen die Ergebnisse der statistischen Auswertung.

Stichprobe

Bei den Testpersonen handelte es sich um 18 Personen (11 Frauen und 7 Männer) im Alter von 19-33 Jahren. Der Mittelwert des Alters betrug 25.28 Jahre. Alle hatten normale oder korrigierte visuelle Sehschärfe. Außerdem unterschrieben alle Testpersonen eine Einverständniserklärung und nahmen ohne Vergütung an dem Experiment teil. Es wurde den Testpersonen mitgeteilt, dass sie die Testung jederzeit abbrechen könnten.

Material und Prozedur

Die Testpersonen setzten sich an einen Tisch mit einem PC. Auf dem Tisch befand sich eine Kinnstütze im Abstand von 57 cm vom Bildschirm entfernt. Die Aufgaben des Experiments wurden auf einem 15-Zoll Farb VGA-Monitor mit einer Bildwiederholungsfrequenz von 59.1 Hz vorgegeben. Die Höhe des Sessels wurde der Kinnstütze angepasst, so dass jede Versuchsperson im selben Winkel und mit demselben Abstand auf den Bildschirm sehen konnte. Der ruhige Raum wurde bei der Testung abgedunkelt, es befand sich eine kleine (indirekte) Lichtquelle hinter dem Bildschirm. Vor der Testung wurde die Instruktion schriftlich am Bildschirm vorgegeben und zusätzlich mündlich zusammengefasst erklärt. Dann folgte eine kurze Übungsphase, in der die Testpersonen noch Fragen äußern konnten.

Bei der Prozedur handelte es sich um eine Reaktionszeitaufgabe. Die Reaktionszeiten und Antworten der Testpersonen wurden mit einer Standardtastatur und den Zifferntasten „2“, „5“, „8“ am Ziffernblock registriert. Es gab zwei Versionen des Experiments, sie unterschieden sich einzig bei der Tastenbelegung, die jeweils umgekehrt war. Entweder musste „2“ für die Farbe Rot gedrückt werden und „8“ für die Farbe Grün oder umgekehrt. Die Antworten und Bestätigungen mussten mit dem Zeigefinger der

dominanten Hand gegeben werden. Die beiden Reiz-Reaktionszuordnungen wurden über die Versuchspersonen balanciert.

Vor jedem Durchgang und während des Experiments wurde ein Fixationskreuz in der Bildschirmmitte angezeigt. Der Hintergrund war während der gesamten Testung grau. Jeder Durchgang lief folgendermaßen ab: Nach dem Fixationskreuz wurde für 50 ms ein Hinweisreiz angezeigt, dann für 100 ms ein leerer Display (schwarz) und dann für 190 ms der Zielreiz. Der Hinweisreiz war eine weiße Scheibe mit einer Lichtstärke von 48cd/m². Die Zielreize bestanden aus roten Scheiben (CIE-Farbkoordinaten .640/.347) und grünen Scheiben (CIE-Farbkoordinaten 261/.560). Alle Reize hatten einen Durchmesser von 1° und eine Exzentrizität zur Mitte von 4°.

Es gab 10 Blöcke mit jeweils 96 Durchgängen. Innerhalb der Blöcke wurden verschiedene Bedingungen in randomisierter Folge realisiert. In jedem Durchgang wurden Hinweisreize in Form von weißen Scheiben vor dem Zielreiz vorgegeben. Der Zielreiz wurde rechts oder links der Bildschirmmitte gezeigt. Die Wahrscheinlichkeit für jede Seite war gleich groß. Der Zielreiz war eine rote oder grüne Scheibe, die von Flankierreizen, (ebenfalls rote oder grüne Scheiben) oberhalb und unterhalb umgeben war. Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, so schnell wie möglich die Farbe des Zielreizes zu erkennen und richtige Taste („2“ oder „8“) zu drücken. Für den Start und die Fortsetzung des Experiments mussten sie nach jedem Durchgang die Taste „5“ drücken.

Die Hinweisreize waren zu 50% valide, d.h. der Hinweisreiz erschien in 50% der Fälle am selben Ort wie der nachfolgende Zielreiz (links oder rechts der Bildschirmmitte). In den nicht validen Fällen erschien der Zielreiz auf der dem Hinweisreiz gegenüberliegenden Bildschirmseite.

Die Flankierreize waren zu 50% mit den Zielreizen kompatibel, d.h. sie hatten dieselbe Farbe wie der Zielreiz. So war z.B. ein grüner Zielreiz von ebenfalls grünen Flankierreizen umgeben. In den inkompatiblen Fällen hatten die Flankierreize die alternative Zielreizfarbe, z.B. trat ein grüner Zielreiz umgeben von roten Flankierreizen auf.

Bezogen auf den vorausgehenden Durchgang gab es in 50% der Fällen eine Farbwiederholung und in 50% einen Farbwechsel des Zielreizes. Das bedeutet, dass bei

Farbwiederholung z.B. auf einen Durchgang mit einem grünen Zielreiz ein Durchgang mit einem ebenfalls grünen Zielreiz folgt. Bei einem Farbwechsel folgte auf einen z.B. grünen Zielreiz ein roter Zielreiz.

Bei zu langsamer Antwortreaktion (>1.250ms) war die Aufforderung „Schneller antworten!“ am Bildschirm zu sehen, bei einer falschen Eingabe kam die Meldung „Falsche Antwort!“. Die Dauer des Experiments betrug 60-90 Minuten.

Nach dem Experiment bedankte sich die Testleiterin für die Teilnahme und es wurde über den Zweck des Experiments aufgeklärt.

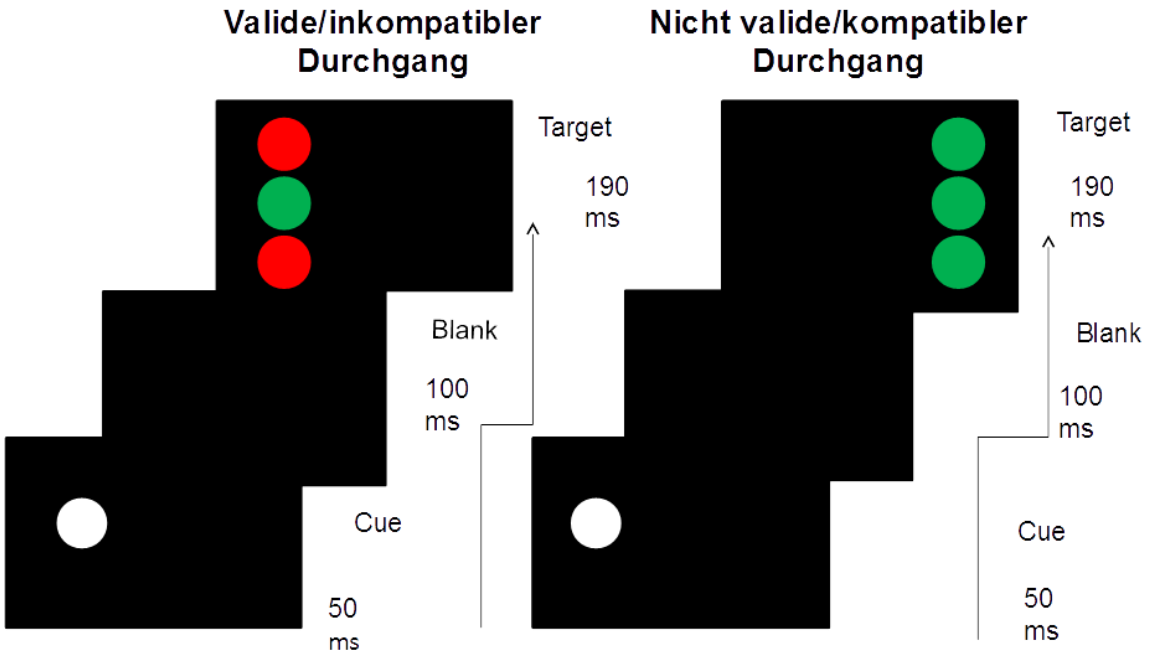

Abbildung 1:Ablauf des Experiments

Ergebnisse

Es wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) für unabhängige Stichproben durchgeführt. Eine Person musste von der Auswertung ausgeschlossen werden, da sie eine zu große Fehlerrate (>20%) hatte. Aus allen Daten wurden 5,8% nicht berücksichtigt weil die Reaktionszeit geringer war als 100 ms oder höher als 1 s. Ebenso

waren Fehler im vorherigen Durchgang ein Ausschlussgrund. Die fünf Innersubjekt-Faktoren, die erhoben wurden, waren *Validität* (valide vs. Nicht-valide), *Kompatibilität* (kompatibel vs. Nicht-kompatibel), *Validität im vorauslaufenden Durchgang* (valide im vorauslaufenden Durchgang vs. Nicht-valide im vorauslaufenden Durchgang), *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang* (kompatibel im vorauslaufenden Durchgang vs. Nicht-kompatibel im vorauslaufenden Durchgang) und der *Farbwechsel* (Farbwiederholung vs. Farbwechsel). Zur Überprüfung und Interpretation der signifikanten Ergebnisse wurden *t*-Tests und weitere Varianzanalysen berechnet.

Reaktionszeiten.

Es wurde eine Varianzanalyse (der Mittelwerte) der Reaktionszeiten der richtigen Antworten durchgeführt. Die ANOVA zeigte für den *Faktor Validität* einen signifikanten Haupteffekt, $F(1, 16) = 29.03$, $p < .01$, $\eta^2 = .65$. Es zeigte sich in validen Durchgängen eine schnellere Reaktionszeit der Testpersonen (MW=561 ms) verglichen mit der Reaktionszeit in nicht-validen Durchgängen (MW=573 ms). Das entspricht einem Validitätseffekt von 12 ms im aktuellen Durchgang. Der Validitätseffekt ergibt sich aus der Differenz von validen und nicht-validen Reaktionszeit-Werten.

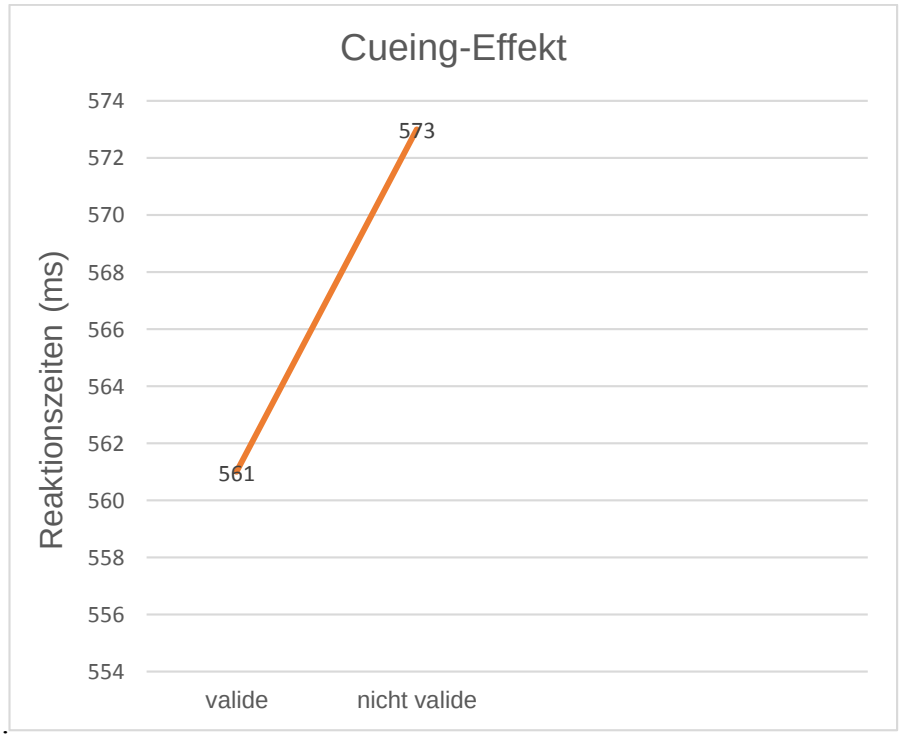

Abbildung 2: Validitätseffekt

Ein weiterer Haupteffekt wurde belegt: *Kompatibilität*: $F(1, 16) = 212.70$, $p < .01$, $\eta^2 = .93$. Die Testpersonen zeigten bei kompatiblen aktuellen Durchgängen eine durchschnittlich schnellere Reaktionszeit von 539 ms verglichen mit inkompatiblen (MW=596 ms) aktuellen Durchgängen. Der Kompatibilitätseffekt von 57 ms ergibt sich aus der Differenz der durchschnittlichen Reaktionszeit-Werten bei kompatiblen und inkompatiblen Durchgängen.

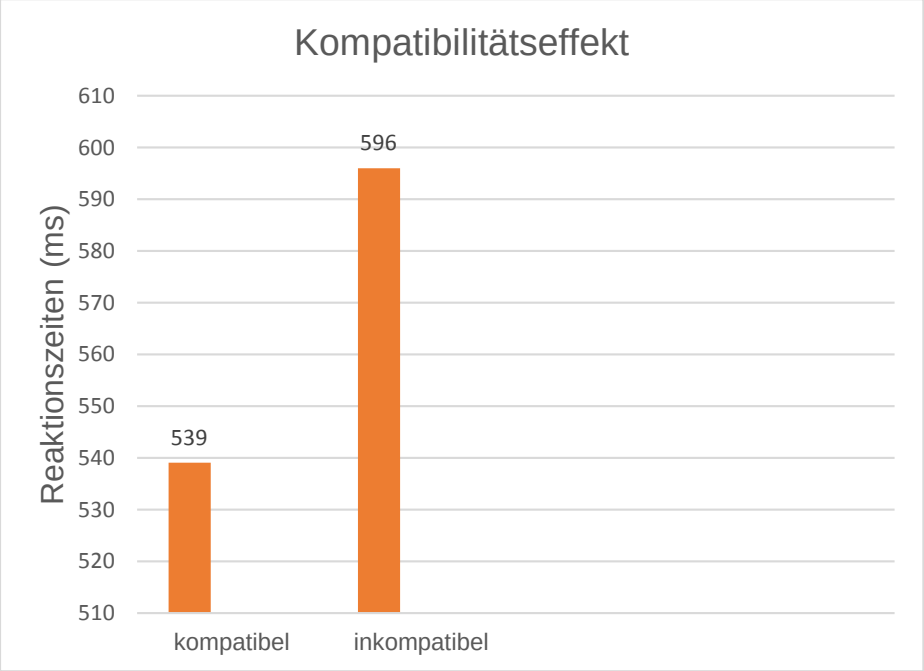

Abbildung 3: N-Kompatibilitätseffekt: Schnellere Reaktionszeiten in kompatiblen (aktuellen) Durchgängen als in inkompatiblen (aktuellen) Durchgängen.

Außerdem wurde ein Haupteffekt für den Faktor *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang* entdeckt, $F(1, 16) = 78.25$, $p < .01$, $\eta^2 = .83$. Es zeigte sich eine schnellere Reaktionszeit (MW=560 ms) wenn der vorherige Durchgang kompatibel war. Bei inkompatiblen vorauslaufenden Durchgängen lag die durchschnittliche Reaktionszeit bei 575 ms.

Desweiteren zeigte sich eine signifikante Zweifach-Interaktion der Faktoren *Validität x vorauslaufender Kompatibilität*: $F(1, 16) = 7.20$, $p < .05$, $\eta^2 = .31$. Bei vorauslaufender Kompatibilität stellte sich ein Validitätseffekt von 16 ms dar, bei vorauslaufender Inkompatibilität ein Validitätseffekt von 8ms. Der Unterschied zwischen den Validitätseffekten nach vorauslaufend kompatiblen und vorauslaufend inkompatiblen Durchgängen stellte sich beim *t*-Test als signifikant heraus: $t(16) = 2.68$, $p < .01$.

Die nächste Zweifach-Interaktion hat die Faktoren *Validität x Kompatibilität: F*(1, 16) = 7.36, $p < .05$, $\eta^2 = .32$. Bei der Interaktion von Kompatibilität und Validität stellte sich ein Kompatibilitätseffekt von 53ms in validen Durchgängen und ein Kompatibilitätseffekt von 60 ms in nicht-validen Durchgängen heraus, dieser Unterschied war signifikant: $t(16) = 2.71$, $p < .05$. Den Kompatibilitätseffekt berechnet man folgendermaßen: Die kompatiblen Reaktionszeitwerte werden von den inkompatiblen Reaktionszeitwerten abgezogen. Des Weiteren zeigte sich ein Validitätseffekt von 8 ms bei aktuell kompatiblen Durchgängen und ein Validitätseffekt von 16ms bei aktuell inkompatiblen Durchgängen. Dieser Unterschied des Validitätseffekts bei aktuell kompatiblen und aktuell inkompatiblen Durchgängen stellte sich als signifikant heraus: $t(16) = 2.71$, $p < .05$.

Eine weitere Interaktion betrifft die Faktoren der *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität*: $F(1, 16) = 12.93$, $p < .01$, $\eta^2 = .45$. Es zeigte sich ein größerer Kompatibilitätseffekt von 65 ms nach vorauslaufend kompatiblen Durchgängen, verglichen mit vorauslaufend inkompatiblen (49 ms) Durchgängen. Der Unterschied von 16 ms erweist sich beim *t*-Test als signifikant, $t(16) = 3.60$, $p < .01$. Dies entspricht unseren Erwartungen und zeigt einen Gratton-Effekt von 16 ms. Der Gratton-Effekt ergibt sich aus der Differenz von zwei Kompatibilitätseffekten; so wird die Differenz des Kompatibilitätseffekts mit vorauslaufender Kompatibilität vom Kompatibilitätseffekt mit vorauslaufender Inkompatibilität berechnet.

Außerdem zeigte sich ein signifikantes Ergebnis bei der Interaktion *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Farbwechsel* (Farbwechsel/Farbwiederholung): F(1, 16) = 18.69, $p < .01$, $\eta^2 = .54$. Bei dieser Interaktion zeigte sich ein Farbwiederholungseffekt von -4ms bei vorauslaufend kompatiblen Durchgängen und von 19 ms bei vorauslaufend inkompatiblen Durchgängen. Der Farbwiederholungseffekt berechnet sich aus der Differenz der Reaktionszeit von Farbwiederholungs-Durchgängen und der Reaktionszeit von Farbwechsel-Durchgängen. Beim nachfolgenden *t*-Test stellte sich ein signifikanter Unterschied des Farbwiederholungseffekts bei vorauslaufend kompatiblen und inkompatiblen Durchgängen heraus: $t(16) = 4.32$, $p < .01$. Der Farbwiederholungseffekt von -4ms zeigt eine durchschnittlich schnellere Reaktionszeit bei Farbwechsel-Durchgängen, verglichen mit Farbwiederholungs-Durchgängen.

Darüber hinaus wurde eine Dreifach-Interaktion der Faktoren *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität x Farbwechsel* ermittelt: $F(1, 16) = 53.77$, $p < .01$, $\eta^2 = .77$. Es konnte ein Kompatibilitätseffekt von 82 ms bei vorauslaufend

kompatiblen Durchgängen und bei Farbwiederholung gezeigt werden, bei vorauslaufender Inkompatibilität und Farbwiederholung zeigte sich ein Kompatibilitätseffekt von 28 ms. Dies ergab einen Gratton-Effekt von 54 ms. Außerdem zeigte sich ein Kompatibilitätseffekt von 47 ms bei vorauslaufender Kompatibilität und Farbwechsel sowie ein Kompatibilitätseffekt von 69 ms bei vorauslaufender Inkompatibilität und Farbwechsel. Der Gratton-Effekt kam nur nach Farbwiederholung zustande. Die nachfolgende Grafik verdeutlicht dies:

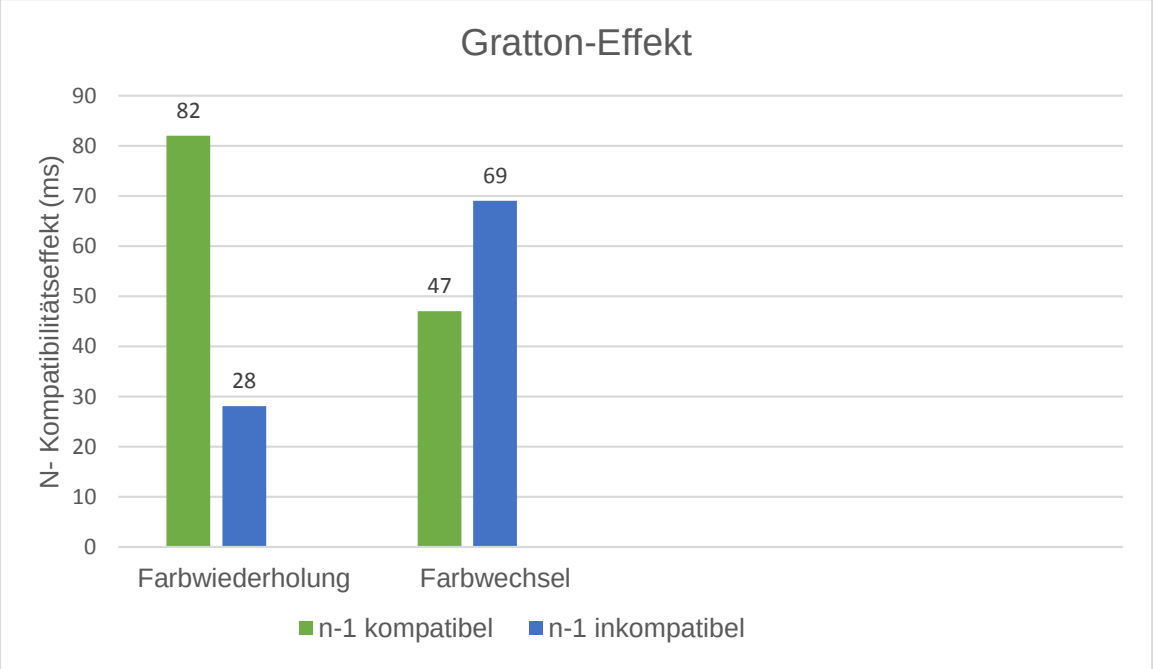

Abbildung 4: Gratton-Effekt zeigte sich nur bei Farbwiederholung

Weiters konnte eine signifikante Vierfach-Interaktion gezeigt werden: *Validität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität x Farbwechsel:* $F(1, 16) = 13.15$, $p < .01$, $\eta^2 = .45$.

Zur Erklärung dieser Interaktion wurden zwei separate Post-hoc ANOVAs von Kompatibilität x vorauslaufender Kompatibilität x Farbwiederholung bei vorauslaufend validen/nicht-validen Durchgängen berechnet.

Bei *vorauslaufend validen Durchgängen mit Farbwiederholung* zeigte sich eine signifikante Interaktion der *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität:* $F(1,16)= 22.52$, $p< .01$, $\eta^2 = .59$. Bei vorauslaufender Kompatibilität und Farbwiederholung ergab sich ein Kompatibilitätseffekt von 76 ms und bei vorauslaufender Inkompatibilität ein Kompatibilitätseffekt von 36 ms. Dies ergab einen Gratton-Effekt von 40 ms.

Bei vorauslaufend *nicht-validen Durchgängen mit Farbwiederholung* zeigte sich eine signifikante Interaktion der *Kompatibilität im vorausgehenden Durchgang x Kompatibilität:* $F(1,16)=47.35$, $p < .01$, $\eta^2 = .75$. Es zeigte sich ein Kompatibilitätseffekt von 89ms nach kompatiblen Durchgängen und ein Kompatibilitätseffekt von 22ms nach inkompatiblen Durchgängen. Dies ergab einen Gratton-Effekt von 67ms.

Fehlerraten.

Es zeigte sich hier ein signifikanter Haupteffekt des Faktors *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang:* $F(1, 16) = 7.26$, $p < .05$, $\eta^2 = .31$. Der Mittelwert der Fehlerrate für kompatible vorauslaufende Durchgänge betrug 2.39 %, bei der Fehlerrate der inkompatiblen vorauslaufenden Durchgänge betrug der Mittelwert 3.27 %. Desweiteren wurde eine signifikante Dreifach-Interaktion folgender Faktoren gefunden: *Vorauslaufende Kompatibilität x Kompatibilität x Farbwechsel:* $F(1, 16) = 9.88$, $p < .05$, $\eta^2 = .38$. Zur Erklärung dieser Interaktion wurden Follow Up – Tests berechnet. Diese zeigten einen Kompatibilitätseffekt von 2.2 % nach vorauslaufend kompatiblen Durchgängen und Farbwiederholung, ein Kompatibilitätseffekt von -1% ergab sich bei vorauslaufender Inkompatibilität und Farbwiederholung. Das ergibt einen Gratton-Effekt von 3.2%.

Bei vorauslaufend kompatiblen Durchgängen und Farbwechsel ergab sich ein Kompatibilitätseffekt von 0.1 %, der Kompatibilitätseffekt von 1.3% ergibt sich nach vorauslaufender Inkompatibilität und bei Farbwechsel. Dies ergibt einen inversen Gratton-Effekt von 1.2 %.

Es zeigte sich nur der *t*-Test des Kompatibilitätseffekts bei Farbwiederholung signifikant: $t(16) =3.03$, $p < .01$. Demnach besteht ein signifikanter Unterschied des Kompatibilitätseffekts bei Kompatibilität und Inkompatibilität im vorauslaufenden Durchgang bei Farbwiederholung.

Außerdem zeigte sich eine Vierfach-Interaktion folgender Faktoren: *Validität x Kompatibiliät im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität x Farbwechsel:* $F(1, 16) = 5.10$, $p < .05$, $\eta^2 = .24$. Als Post-hoc Tests wurden ANOVAs berechnet. Die erste ANOVA berücksichtigte nur *valide Farbwiederholungsdurchgänge*: Die Interaktion von *vorauslaufender Kompatibilität und Kompatibilität* zeigte sich signifikant: $F(1, 16) =7.48$, $p < .05$, $\eta^2 = .32$. Es zeigte sich ein Kompatibilitätseffekt von -1 % nach vorauslaufend

kompatiblen Durchgängen, außerdem ein Kompatibilitätseffekt von 1.3 % bei vorauslaufend inkompatiblen Durchgängen. Dies ergab einen inversen Gratton-Effekt von 2.3%.

Die nächste ANOVA berücksichtigte nur *nicht-valide Durchgänge mit Farbwiederholung:* Hierbei zeigte sich keine signifikante Interaktion zwischen vorauslaufender Kompatibilität und aktueller Kompatibilität, $p > .05$.
Die nächste ANOVA berücksichtigte nur *valide Durchgänge mit Farbwechsel*: Die Interaktion von vorauslaufender Kompatibilität und aktueller Kompatibilität war hier nicht signifikant, $p > .05$.

Die letzte ANOVA berücksichtigte nur *nicht-valide Durchgänge mit Farbwechsel:* Die Interaktion von vorauslaufender Kompatibilität und aktueller Kompatibilität war hier nicht signifikant, $p > .05$.

Diskussion

Die Erwartung eines *Kompatibilitätseffekts* wurde mit einer Einschränkung erfüllt: Die Testpersonen zeigten eine signifikant schnellere Reaktionszeit in kompatiblen Durchgängen als in inkompatiblen Durchgängen, die Fehlerrate in kompatiblen Durchgängen unterschied sich jedoch nicht signifikant von inkompatiblen Durchgängen. Der Kompatibilitätseffekt zeigt sich laut Gratton et al. (1992) in kompatiblen Durchgängen mit schnellerer Reaktionszeit und einer geringeren Fehlerrate und das Gegenteil wird bei Inkompatibilität angenommen. In vorliegenden Fall waren die kompatiblen Fälle, die, in denen die Distraktoren dieselbe Farbe wie der Zielreiz hatte. Die inkompatiblen Fälle waren jene, in denen sich die Distraktoren farblich vom Zielreiz unterschieden.

Die Erwartung des Kompatibilitätseffekts hat sich nur im Punkt der schnelleren Reaktionszeit erfüllt, was daran liegen könnte, dass die Testpersonen auf Kosten der Genauigkeit schneller gearbeitet haben. Eventuell haben sie eine größere Fehlerrate in Kauf genommen, um nur möglichst schnell antworten zu können. Dies könnte man mit einer genaueren Anleitung und dem besonderen Hinweis, auch auf Genauigkeit bei der Durchführung zu achten, möglicherweise ändern. Desweiteren klagten viele Testpersonen über die Länge des Experiments, was eventuell auch zu Ermüdung geführt hatte und infolgedessen zur Erhöhung der Fehlerrate.

Außerdem zeigte sich ein signifikanter *Kompatibilitätseffekt im vorauslaufenden Durchgang:* Die Testpersonen zeigten eine signfikant schnellere Reaktionszeit und eine signifikant geringere Fehlerrate in kompatiblen vorauslaufenden Durchgängen als in inkompatiblen vorauslaufenden Durchgängen. Hierbei zeigte sich ein klarer Kompatibilitätseffekt, sowohl bezüglich der schnelleren Reaktionszeit der Testpersonen wie auch der deutlich geringeren Fehlerrate bei Kompatibilität. Da sich dieser deutliche Effekt ohne jegliche Einschränkung im vorauslaufenden Durchgang zeigt, spricht das auch für den Kompatibilitätseffekt im aktuellen Durchgang und die Annahme, dass die Testpersonen aufgrund der höheren Schnelligkeit eine erhöhte Fehlerrate in Kauf nahmen.

Die Erwartung eines *Gratton-Effekts* wurde erfüllt, es zeigte sich ein Gratton-Effekt, also ein stärkerer Kompatibilitätseffekt nach vorauslaufend kompatiblen als nach vorauslaufend inkompatiblen Bedingungen bei der Interaktion der *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität im aktuellen Durchgang.* Die Testpersonen hatten eine signifikant schnellere Reaktionszeit in vorauslaufend inkompatiblen

Durchgängen verglichen mit kompatiblen vorauslaufenden Durchgängen. Das spricht für den Konfliktregulationsansatz, bei dem eine Erhöhung der kognitiven Kontrolle nach einem inkompatiblen Durchgang (Konflikt) stattfindet, wodurch die Reaktionszeit danach bei inkompatiblen vorauslaufenden Durchgängen verbessert wird, verglichen mit kompatiblen vorauslaufenden Durchgängen.

Konnektivistische Modelle der Konfliktregulation nehmen an, dass ein Konflikt die Anpassung der Aufmerksamkeitsgewichtung bei Verarbeitungsprozessen von Information (Zielreiz und Distraktoren) auslöst (Wendt, Kiesel, Geringswald, Purman & Fischer, 2013). Die Verteilung der Aufmerksamkeit wird als Funktion der Konfliktmessung angesehen, je nach Konfliktgröße wird die Aufmerksamkeit „verteilt", z.B. bei einem dominanten Konflikt bei der Zielreizverarbeitung wird die Aufmerksamkeit auf den Zielreiz gelenkt und weg von den Distraktoren. Das Aufmerksamkeitsfenster wird somit vergrößert oder verkleinert. Als Beweis der Konfliktregulation wird der reduzierte Kompatibilitätseffekt nach inkompatiblen, verglichen mit kompatiblen Durchgängen, angesehen, der Gratton-Effekt (Wendt et al., 2013).

Der Gratton-Effekt wird laut dem Konfliktüberwachungsmodell (Botvinick et al., 2001) durch einen erhöhten Antwortkonflikt bei inkompatiblen Durchgängen ausgelöst, dieser führt zu größerer Aufmerksamkeitslenkung auf den Zielreiz im nächsten Durchgang und infolgedessen zum reduzierten Kompatibilitätseffekt (Weissman, Jiang & Egner, 2014).

Eine andere Ursache für den Kompatibilitätssequenzeffekt/Gratton-Effekt liefern Gratton et al. (1992): Sie nehmen an, dass die Testpersonen erwarten, dass sich die Eigenschaft der Distraktoren wiederholt (kompatibel/inkompatibel) und passen somit ihre Aufmerksamkeit dementsprechend an. So erwarten sie sich beispielsweise nach einem inkompatiblen Durchgang nochmals einen inkompatiblen Durchgang und reduzieren die Aufmerksamkeit auf die Distraktoren und fokussieren sie auf den Zielreiz, was zu einem reduzierten Kompatibilitätseffekt führt. Eine dritte Erklärung für den Gratton-Effekt ist der negative Affekt, der inkompatible Durchgänge begleitet. Diesen wollen die Testpersonen vermeiden und erhöhen ihre Anstrengung, den Zielreiz im nächsten Durchgang schnell zu erkennen, was zum reduzierten Kompatibilitätseffekt im nächsten Durchgang führt (Fritz & Dreisbach, 2013; Weissman et al., 2014). Eine weitere Erklärung wäre die Top-Down Unterdrückung der Antwort, die mit den Distraktoren im Zusammenhang steht in inkompatiblen Durchgängen. Diese Unterdrückung der „falschen Antwort" bleibt bestehen bis zum nachfolgenden Durchgang und führt zu einem

reduzierten Kompatibilitätseffekt (Weissman et al., 2014). Diese Erklärungen basieren alle auf dem Ansatz der kognitiven Konfliktregulation.

Es gibt jedoch auch Erklärungsansätze, die die Ursache für den Gratton-Effekt nicht in erhöhtem Konflikt und der Konfliktregulation sehen, sondern als Ursache ein Priming durch die Wiederholung von Reiz und Reaktion bei der Flankierreizaufgabe und anderen Reiz-Reaktions-Aufgaben annehmen. So wird bei diesem Ansatz angenommen, dass der Gratton-Effekt auf einem Bottom-Up gedächtnisbasiertem Prozess basiert anstatt auf einem Top-Down Kontrollprozess (Kim & Cho, 2014). Hommel et al. (2004) nehmen an, dass Merkmalsintegration die Quelle des Gratton-Effekts ist. Dabei wird ein „event-file“ von einem Reiz und einer Reaktion gebildet und im Gedächtnis gespeichert. Die Eigenschaften des Reizes und der Reaktion sind in diesem „event-file“ verbunden und werden, sobald ein Merkmal davon in einem nachfolgenden Durchgang wieder auftritt, wird es aus dem Gedächtnis abgerufen und automatisch reaktiviert. Wenn die abgerufene, automatische Antwort jedoch falsch ist, muss die verbundene Antwort erst gehemmt werden und es dauert länger, bis die richtige Antwort aktiviert werden kann (Hommel et al., 2004). Wenn Reiz und Reaktion genau gleich sind wie im vorhergehenden Durchgang oder komplett unterschiedlich, ist eine schnelle Reaktion möglich. Bei einem komplett unterschiedlichen Reiz-Reaktions-Set ist kein „event-file“ gespeichert und keine Hemmung einer falschen Antwort notwendig, so dass hier auch schnell reagiert werden kann. Hommel et al. (2004) kritisieren, dass sich bei vielen Experimenten die Effekte der Konfliktadaptation mit der Merkmalsintegration vermischen. So betont er, dass die Sequenz von einem inkompatiblen Durchgang nach einem vorauslaufend inkompatiblen Durchgang, sowie einem kompatiblen nach einem kompatiblen Durchgang eine komplette Wiederholung (Priming) darstellt und hierbei sowie bei kompletten Wechsel-Durchgängen die Reaktionen schneller erfolgen können. Bei partiellen Wiederholungsdurchgängen wie bei der Sequenz eines vorauslaufend kompatiblen Durchgangs und aktuellem inkompatiblen Durchgang (und umgekehrt) erfolgt durch die notwendige Hemmung der automatisch aktivierten falschen Antworten eine langsamere Reaktion. Durch die Ergebnisse eines Gratton-Effekts ohne vorhergehenden Konflikt widersprechen Hommel et al. (2004) der Erklärung des kognitiven Konfliktregulationsansatzes, dass ein reduzierter Kompatibilitätseffekt nach einem inkompatiblen Durchgang durch die Zuteilung von mehr Aufmerksamkeit auf die aufgabenrelevante Dimension (Zielreiz) und geringerer Aufmerksamkeit auf die aufgabenirrelevante Dimension (Distraktoren) entsteht. Weitere Verfechter des Priming-

Ansatzes sind Mayr et al. (2003), die annehmen, ein Gratton-Effekt entstehe durch die Wiederholung von Reiz und Reaktion zusammen oder von Wiederholung von einem Reiz oder einer Reaktion alleine; da sie nur in Wiederholungsdurchgängen einen Gratton-Effekt feststellen konnten.

Eine Möglichkeit um die Vermischung von Top-Down Konfliktadaptation und Bottom-Up Priming zu verhindern ist die Erhöhung der Reizanzahl und der Antwortmöglichkeiten (Kim & Cho, 2014).

Viele Experimente zeigen jedoch einen Gratton-Effekt ohne Wiederholungseffekte und Priming, so konnte z.B. bei einem Experiment von Ullsperger, Bylsma und Botvinick (2005) gezeigt werden, dass ein Gratton-Effekt auch bei einer Flankierreizaufgabe mit einem größeren Reizset entsteht, auch wenn nur komplette Wechsel-Durchgänge in die statistische Auswertung miteinbezogen wurden. Dies zeigt, dass auch ohne Verbindung von Reiz und Reaktion wie beim Merkmalsintegrationsansatz/Priming-Ansatz angenommen wird, ein Gratton-Effekt entstehen kann.

Ein weiterer Ansatz zur Erklärung des Kompatibilitätssequenzeffekts (Gratton-Effekt) ist der des Kontingenzlernens (Kim & Cho, 2014). Dieser nimmt an, dass der Gratton-Effekt nur eine stärkere Verbindung zwischen Distraktoren und der kompatiblen Antwort als zwischen Distraktoren und einer der vielen inkongruenten Möglichkeiten anzeigt. Nach einem Durchgang, in dem der Distraktor die richtige Antwort „vorhergesagt“ hat, benutzen die Testpersonen diese Kontingenzinformation mit großer Wahrscheinlichkeit (Schmidt & DeHouver, 2011). Die hohe Kontingenz, also die stärkere Verbindung entsteht, wenn jeder Distraktor öfter mit kompatiblen Zielreizen präsentiert wird als mit jeder inkompatiblen Möglichkeit und ist eine Art von „Distraktor-Priming“. Bei jeder Distraktor-Aufgabe mit mehr als zwei Reizen und zwei Antwortmöglichkeiten gibt es weniger einzigartige kompatible Reize als einzigartige inkompatible Reize, was dazu führt, dass jeder Distraktor stärker mit kompatiblen Antworten verbunden wird als mit inkompatiblen, da sie häufiger verwendet werden. Dies geschieht um die Anzahl von kompatiblen und inkompatiblen Durchgängen auszubalancieren (Weissman et al, 2014, Ullsperger et al., 2005).

Schmidt und De Houver (2011) schlagen deshalb vor, da auf einen Durchgang mit hoher Kontingenz nach einem Durchgang mit ebenfalls hoher Kontingenz schneller reagiert wird, dass der Gratton-Effekt eher Kontingenzsequenzeffekte als Kompatibilitätssequenzeffekte spiegelt. Wenn Anteile, die Merkmalsintegration oder Kontingenzlernen erzeugen könnten, entfernt wurden, verschwand der Gratton-Effekt in

einigen Experimenten, weshalb einige den Gratton-Effekt nur als Folge von Gedächtnis- und Lernprozessen ansehen (Mayr et al, 2003; Weissman, Egner, Hawks & Link, 2015).

Durch die Vergrößerung der Reizsets um Wiederholungs-Priming zu verhindern entsteht allerdings ein anderes Problem: Der Gratton-Effekt könnte nur ein Effekt der Kontingenz sein (Weissman et al., 2014). Da es beim vorliegenden Experiment nur zwei Reize und zwei Reaktionsmöglichkeiten gab, können die Gratton-Effekte bei den statistischen Ergebnissen nicht aufgrund von Kontingenz entstanden sein.

Wendt et al. (2013) nehmen auch an, dass die häufigere Präsentation von Konfliktreizen zu erhöhter selektiver Aufmerksamkeit führt und diese den Unterschied der Konfliktstärke von kompatiblen und inkompatiblen Durchgängen senken, was zu geringeren Gratton-Effekten führt.

Da das Design des vorliegenden Experiments ausbalanciert war (50% kompatible, 50% inkompatible Durchgänge) kann dieser Kritikpunkt ausgeschlossen werden. Ebenso kann der Erklärungsansatz des Kontingenzlernens ausgeschlossen werden, da die Testpersonen nur zwei Reize und zwei Reaktionen zur Wahl hatten. Es können somit einige Ursachen für den Gratton-Effekt ausgeschlossen werden, jedoch können sowohl der Konfliktregulationsansatz sowie auch der Priming-Ansatz oder eine Vermischung beider Ansätze zu diesem signifikanten Gratton-Effekt geführt haben. Weitere Analysen folgen.

Die Erwartung eines *Validitäts- oder Cueing-Effekts* wurde erfüllt. Es zeigte sich eine schnellere Reaktionszeit der Testpersonen in validen Durchgängen, verglichen mit nicht-validen Durchgängen. Der Validitätseffekt ergibt sich aus der Differenz der durchschnittlichen Reaktionszeitwerte bei validen und nicht-validen Bedingungen. Laut Posner et al. (1980) und dem Hinweisreizparadigma ist diese Lenkung der räumlichen Aufmerksamkeit von Vorteil, wenn es bei der Bearbeitung der Aufgabe erfordert wird. Beim Hinweisreizparadigma wird im Vorhinein ein Hinweisreiz dargeboten, um einen möglichen Zielreiz anzuzeigen. Wenn der der Hinweisreiz eine visuell-räumliche Ortsinformation über den Zielreizort enthält, nennt man ihn peripheren Hinweisreiz (Ansorge, 2006). Da beim vorliegenden Experiment der Zielreiz links oder rechts vom Bildschirm auftrat, ist der Hinweisreiz in der validen Bedingung eine Hilfestellung, wie der vorliegende Validitätseffekt bestätigt. Valide periphere Hinweisreize am Zielreizort verkürzen die Reaktionszeit und verbessern die Wahrnehmungsleistung, da die Aufmerksamkeit schon vor Erscheinen des Zielreizes auf den Zielreizort gerichtet wird. In nicht-validen Durchgängen ist er jedoch von Nachteil, da er die Aufmerksamkeit der

Testpersonen vom nachfolgenden Zielreiz weg lenkt. Deshalb wird als Ursache für den Validitätseffekt die unwillkürliche Aufmerksamkeitslenkung angenommen (Ansorge, 2006; Posner, 1980). Da der periphere Hinweisreiz im vorliegenden Experiment ohne Vorhersagekraft ist, da die validen und nicht-validen Bedingungen gleich häufig auftraten (50% valide Durchgänge und 50% nicht-valide Durchgänge), bestand für die Testpersonen kein Grund, den Hinweisreiz absichtlich zu beachten. Sie konnten theoretisch keinen Nutzen aus dem Hinweisreiz ziehen, da die Vorhersagekraft nur 50% war. Als Ursache für den trotzdem vorhandenen Validitätseffekt wird angenommen, dass die visuell-räumliche Information während der ersten Phase des Reizes, gleich bei seinem Erscheinen, unwillkürlich (nicht willentlich) die Aufmerksamkeit auf sich zieht (Yantis & Jonides, 1984). Da sogar bei unterschwelligen Hinweisreizen laut Ansorge (2006) gezeigt wurde, dass sie die Aufmerksamkeit unwillkürlich anziehen und die die Wahrnehmung des nachfolgenden Zielreizes somit erleichtern, wird angenommen, dass das plötzliche Auftreten des Reizes die obligatorische Verarbeitung erklärt.

Als Alternativerklärung für die automatische Verarbeitung des Hinweisreizes könnte auch ein allgemeineres Prinzip der Verarbeitung herangezogen werden: Der Validitätseffekt könnte auch auf den Absichten der Probanden beruhen, die die Aufgabe hatten, den Zielreiz möglichst rasch zu erkennen. Dabei könnten dem Zielreiz ähnliche Hinweisreize „mitverarbeitet“ werden (Ansorge, 2006). Folk et al. (1992) vertraten mit dem Contingent capture-Ansatz erstmals die Ansicht, dass die Reize auch mit den Absichten der Testpersonen übereinstimmen müssen und diese Passung der Reize und Absichten für den Validitätseffekt verantwortlich sei. Wenn die Zielreize beispielsweise plötzlich erscheinen, würden sich die Testpersonen das Merkmal „plötzlicher Beginn“ als Absicht merken. Dann würden auch abrupt erscheinende Hinweisreize zu den Suchkriterien und Absichten der Testpersonen „passen“ (Ansorge, 2006). In Übereinstimmung damit zeigte sich auch der Validitätseffekt bei Folk et al. (1992) bei plötzlich erscheinenden Hinweisreizen nur dann, wenn auch der Zielreiz plötzlich auftrat. Auffällig dabei war, dass der Validitätseffekt nur bei voller Übereinstimmung zwischen der Farbe des Hinweisreizes und des Zielreizses auftrat. Daher nahm Ansorge (2006) an, es könnte auch die Farbübereinstimmung und ein unwillentliches Farbpriming als Erklärung des Validitätseffekts in Frage kommen. Da beim vorliegenden Experiment der Hinweisreiz weiß war und der nachfolgende Zielreiz entweder rot oder grün, kann Farbpriming durch Wiederholung derselben Farbe bei Hinweisreiz und Zielreiz ausgeschlossen werden.

Jedoch prüft Ansorge die Annahme des Farbprimings und nimmt infolgedessen nicht ein absichtsfreies Farbpriming an, da auch ähnliche Farben dieselbe Wirkung auf die Aufmerksamkeit hatten wie die Zielreizfarbe, sondern zieht als Erklärung die Passung der Hinweisreizfarbe zu einem Set der absichtlich gesuchten Zielreizmerkmale heran (2006).

Da der Hinweisreiz des vorliegenden Experiments weder eine Aussage über die mögliche Position liefern konnte (50% Vorhersagekraft) noch über die nachfolgende Farbe des Zielreizes und für die Theorie der „Passung" der Suchkriterien nur das „plötzliche Erscheinen" beider Reize und die Übereinstimmung der Form (runde Scheiben) spricht, wird als Erklärung für den Validitätseffekt eine unwillkürliche automatische Aufmerksamkeitslenkung des Hinweisreizes auf den nachfolgenden Zielreiz angenommen (Posner et al., 1980).

Es zeigte sich jedoch nicht, wie erwartet, ein *Validitätssequenzeffekt*. Es enstand kein Gratton-Effekt mit höheren Validitätseffekten nach n-1 validen als n-1 nicht-validen Durchgängen. Die Ergebnisse zeigten keine Interaktion eines vorauslaufenden Validitätseffekts mit einem Validitätseffekt im aktuellen Durchgang. Es stellt sich laut Mordkoff, Haltermann & Chen (2008) die Frage, ob die Hinweisreize Aufmerksamkeit automatisch „einfangen". Sie nehmen an, dass die Gesamtvalidität der Hinweisreize, also deren Vorhersagekraft, festlegen kann, ob Testpersonen ihre Aufmerksamkeit auf den Hinweisreiz lenken lassen oder nicht. Wenn die Gesamtvalidität die Aktivierung beeinflussen kann, kann auch die Validität des vorausgehenden Durchgangs einen modulierenden Effekt auf die Aufmerksamkeitslenkung haben. Sie konnten in ihrem Experiment unter anderem einen signifikanten Validitätssequenzeffekt feststellen und einen Einfluss der Vorhersagekraft der Hinweisreize sowie der Validität des vorauslaufenden Hinweisreizes auf den Validitätseffekt aufzeigen. Da diese Effekte additiv wirkten und keine Interaktion zeigten, nehmen Mordkoff et al. an, dass hinter diesen Effekten zwei unterschiedliche Mechanismen stecken (2008). Die Validität des vorauslaufenden Hinweisreizes könnte festlegen, ob die Aufmerksamkeit „eingefangen" werden darf, was auf einen Wahrnehmungsmechanismus hindeutet. Die Gesamtvalidität oder Vorhersagekraft der Hinweisreize könnte hingegen bestimmen, ob die Aktivierungen, die von Hinweisreiz und Zielreiz ausgelöst wurden, auch eine Koaktivierung einer aktuellen motorischen Antwort zulassen. Dahinter könnte ein motorischer Mechanismus stecken (Mordkoff et al., 2008).

Jongen und Smulders (2007) haben sequentielle Effekte beim „Spatial cueing Paradigm" (Hinweisreizparadigma) untersucht. Während ein Hinweisreiz Vorhersagekraft

über den Ort des Zielreizes im aktuellen Durchgang haben kann, so hat dieser Hinweisreiz trotzdem keine Vorhersagekraft für den nachfolgenden Durchgang. Deshalb können zentrale Hinweisreize, die die Aufmerksamkeit nach links oder rechts lenken, einen hemmenden Effekt auf die Aufmerksamkeitsorientierung zu genau demselben Ort im nächsten Durchgang haben (Pratt & Abrams, 1999). Gratton et al. (1992) haben sequentielle Effekte gezeigt, die durch die Fokussierung der Aufmerksamkeit auf den Zielreiz und der Hemmung der Distraktoren bei der Flankierreizaufgabe zustande kamen. Es gab größere Störeffekte bei Durchgängen, die auf einen kompatiblen Durchgang folgten als auf einen inkompatiblen Durchgang. Dies wurde durch die Erwartung einer Wiederholung von Gratton et al. (1992) erklärt. Ein valider Durchgang könnte demnach die Erwartung fördern, dass es von Vorteil ist, die Aufmerksamkeit auf den Ort des Hinweisreizes zu lenken, währenddessen ein nicht-valider Durchgang die Erwartung hierfür schwächen könnte (Jongen & Smulders, 2007). Jongen und Smulders haben die Beziehung zwischen einem vorauslaufenden Hinweisreiz und einem aktuellen Zielreiz bezüglich der Validität untersucht, da diese über mehrere Durchgänge hinweg untersucht wurde, nannten sie sie *„inter-trial-validity“* (oder „Inter-trial-Validität“). Sie gehen davon aus, dass der vorauslaufende Hinweisreiz im aktuellen Durchgang zu langsameren Reaktionszeiten bei einer Hinweisreizaufgabe führt, wenn er mit dem Ort des aktuellen Zielreizes übereinstimmt (engl. *„inter-trial valid“*). Wenn der vorauslaufende Hinweisreiz nicht mit dem aktuellen Ort des Zielreizes übereinstimmt (engl. *„inter-trial-invalid“*) wären die Reaktionszeiten somit schneller. Dies wäre demnach ein Gratton-Effekt der Validität. Wenn der vorauslaufende Hinweisreiz z.B. links wäre und der Zielreiz dann im nachfolgenden Durchgang auf der rechten Bildschirmseite auftreten würde, wären die Reaktionszeiten somit schneller. Jongen und Smulders kamen zum Ergebnis, dass endogene Hinweisreize einen hemmenden Effekt auf die Orientierung der Aufmerksamkeit auf denselben Ort des nächsten Durchgangs hatten (2007). Sie begründen dies mit der *„inhibition of return“* (IOR), damit ist die Hemmung der Aufmerksamkeit gemeint, zu einem Ort zurückzukehren, an dem sie gerade war (Kwak & Egeth, 1992).

Da beim vorliegenden Experiment nur ein signifikantes Ergebnis der vorauslaufenden Validität vorkam und dies nur bei einer Vierfachinteraktion, bei der mehrere Faktoren zusammenwirken, lässt sich keine spezifische Aussagekraft der vorauslaufenden Validität oder des vorauslaufenden Validitätseffekts angeben. Es zeigte sich auch kein Validitätssequenzeffekt, deshalb bestätigt sich die Annahme der Hemmung

der Aufmerksamkeit, an einen Ort zurückzukehren an dem sie vor kurzem war, nicht.

Es zeigte sich eine signifikante Interaktion der *Validität x Kompatibilität* bei den Reaktionszeiten, bei der sich ein signifikant höherer Kompatibilitätseffekt in nicht-validen Durchgängen als in validen zeigte. Außerdem ergab sich ein signifikant größerer Validitätseffekt bei aktuell inkompatiblen Durchgängen als bei aktuell kompatiblen Durchgängen. Diese domänen-überlappenden (engl. *„cross-domain"*) Interaktionen gehören nicht zu den Erwartungen dieses Experiments, sind aber von großem Interesse für weitere Interpretationen. Diese Überschneidungen der Kompatibilitäts- und Validitätseffekten zeigen, dass sich hier unterschiedliche Konfliktquellen beeinflussen. Es kann angenommen werden, dass hier ein Priming/ Reaktionsbahnung durch die Farben der Distraktoren und Zielreize stattfindet und als dimensionsübergreifende, allgemein wirksame Strategie auf die andere Dimension der Aufmerksamkeitszuwendung beim Cueing wirkt. Der höhere Kompatibilitätseffekt bei nicht-validen Durchgängen würde dafür sprechen, dass die Testpersonen hierbei den Hinweisreiz besser ignorieren können bzw. ihre Aufmerksamkeit komplett auf den Zielreiz und die Distraktoren gelenkt wird. Der größere Validitätseffekt bei Inkompatibilität zeigt, dass der Hinweisreiz stärker wirken kann, wenn keine Ablenkung einer anderen Dimension vorhanden ist. Zusammengefasst kann man sagen, dass sich die Dimensionen offensichtlich beeinflussen. Jede Dimension kann ihre Wirkung und ihre kognitiven Effekte besser entfalten, wenn die andere nicht nicht vollständig zur Geltung kommt.

Außerdem zeigte sich eine Interaktion der *Kompatibiliät im vorauslaufenden Durchgang x Validität* bei den Reaktionszeiten. Es ergab sich ein signifikant höherer Validitätseffekt bei vorauslaufender Kompatibiliät. Das zeigt, dass die sich die Domänen nicht nur in aktuellen Durchgängen beeinflussen, sondern auch die Kompatibilität im vorhergehenden Durchgang einen Einfluss auf die aktuelle Validität hat. Interessant ist dabei der Widerspruch zu der Interaktion im aktuellen Durchgang, bei der sich ein größerer Validitätseffekt in inkompatiblen Durchgängen zeigte. Es kann angenommen werden, dass die vorauslaufende Kompatibilität einen größeren Validitätseffekt zulässt, da der Effekt der Bahnung (Reiz und Distraktor haben die gleiche Farbe bei Kompatibilität) die Wahrnehmung des nachfolgenden Cueings/Validitätseffekts erleichtert.

Desweiteren zeigte sich eine signifikante Interaktion der *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Farbwechsel* (Farbwechsel/Farbwiederholung). Dabei zeigte sich ein signifikant höherer Farbwiederholungseffekt nach inkompatiblen Durchgängen als nach kompatiblen Durchgängen, jedoch auch ein negativer

Farbwiederholungseffekt nach kompatiblen Durchgängen. Das deutet auf eine schnellere Reaktionszeit der Testpersonen bei Farbwechsel-Durchgängen nach kompatiblen Durchgängen hin, was für einen negativen Priming-Effekt spricht. Negatives Priming zeigt sich durch langsamere Reaktionen, wie hier bei der Farbwiederholung (Neill, 1977). Allport, Tipper und Chmiel entdeckten dies in ihrem Experiment mit sequentiellen Paaren von Buchstaben und Bildern, bei dem der Zielreiz in einer bestimmten Farbe gedruckt war, während der Distraktor eine andere Farbe hatte (1985). Bei Durchgängen, bei denen der aktuelle Zielreiz mit dem vorauslaufenden Distraktor übereinstimmte, zeigten sich langsameren Reaktionszeiten der Testpersonen als ohne diese Übereinstimmung (Allport et al., 1985; Hommel, 1998). Da es sich hier um eine sequentielle Kompatibilitätsaufgabe mit zwei Reizen handelt, bei der die Wiederholung eines Farbreizes verglichen wird mit dem Wechsel des Farbreizes, kann dies durchaus möglich sein, da es dabei zu komplexen Kombinationen der Merkmalsintegration und negativem Priming kommt (Egner, 2007). Die signifikant schnellere Reaktionszeit bei Farbwiederholung nach Inkompatibilität spricht für den Priming-Ansatz von Hommel et al., die langsamere Reaktion bei Farbwiederholung nach Kompatibilität bzw. die schnellere Reaktionszeit bei Farbwechsel-Durchgängen nach Kompatibilität deutet auf ein negatives Priming hin (Hommel et al, 2004; Egner, 2007). Hier könnte sich der assoziative Ansatz der Merkmalsintegration zeigen, jedoch in unterschiedlicher Weise.

Einige weitere Gratton-Effekt zeigten sich sowohl bei den Reaktionszeiten wie auch bei der Fehlerrate und zwar bei der Dreifach-Interaktion der *Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität x Farbwechsel:* Signifikante Gratton-Effekte ergaben sich hier nur in *Farbwiederholungsdurchgängen.* Es zeigte sich eine signifikant schnellere Reaktionszeit und eine signifikant geringere Fehlerrate der Testpersonen bei vorauslaufender Inkompatibilität und Farbwiederholung. Da diese Gratton-Effekte nur bei Farbwiederholungsdurchgängen stattfanden, kann man den assoziativen Priming-Ansatz (Hommel et al., 2004; Mayr et al., 2003) annehmen. Diese sequentiellen Kompatibilitätseffekte zeigen, dass die Testpersonen signifikant schneller und genauer nach inkompatiblen Durchgängen geantwortet haben, jedoch nur bei der Wiederholung der Farbe. Das spricht für den Priming-Ansatz, der auch ein Lern- und Gedächtnisansatz ist. Mayr et al. zeigten, dass der Gratton-Effekt bei einer Flankierreizaufgabe mit zwei Antwortmöglichkeiten (Aufgabe mit zwei Reizen und zwei Antworten) verschwand, wenn man die Wiederholungsdurchgänge von der statistischen Auswertung ausschloss oder gar keine Wiederholungsdurchgänge vorgab (2003). Als

Begründung hierfür geben sie die Wiederholung von Reiz und Reaktion an, auf der der Gratton-Effekt im Grunde beruhe. Die Leistung der Testperson ist, wenn kompatible Durchgängen auf kompatible Durchgänge folgen, schneller, ebenso bei inkompatiblen Durchgängen die auf inkompatible folgen. Wenn jedoch ein inkompatibler Durchgang auf einen kompatiblen (oder umgekehrt) folgt, verschlechtert sich zuerst die Leistung der Testpersonen. Da dieses Muster schlussendlich zum Gratton-Effekt führt, nehmen Mayr et al. (2003) als dessen Ursache die Wiederholung von Reiz und Reizantwort an. Beim Konfliktregulationsansatz wird die Effizienz der kognitiven Kontrolle am Gratton-Effekt gemessen, sie bestreiten dies und nehmen als Ursache für den Gratton-Effekt und der Konfliktadaptation das episodische Gedächtnis und das reizspezifische Priming an. Als Beweis für den Priming-Ansatz geben sie auch Adaptationseffekte bei gemischten Durchgängen an, die durch das Konfliktüberwachungsmodell (Botvinick et al., 2001) und dessen Funktionsmechanismen nicht erklärt werden kann, durch das gedächtnisbasierte Priming jedoch schon. Desweiteren sehen Mayr et al. (2003) als Funktion des ACC, der Grundbaustein des Konfliktüberwachungsmodells ist, nicht die Regulation von Konflikten, sondern lediglich deren Entdeckung. Dem Wiederholungs-Priming-Ansatz nach ist die Regulation von kognitiven Konflikten nicht notwendig um den Gratton-Effekt zu erklären (Mayr et al., 2003).
Dieser Priming-Ansatz wird auch von Hommel et al. (2004) vertreten, jedoch gehen sie mit ihrem Merkmalsintegrationsansatz davon aus, dass sich die Testpersonen unterschiedliche spezifische Merkmale des Reizes oder der Reizantwort im Gedächtnis abspeichern und bei Wiederholung einer Eigenschaft wird das gesamte „event-file“ automatisch im Gedächtnis reaktiviert und führt so zu schnelleren Antworten und einer geringeren Fehlerhäufigkeit bei Reiz-Reaktions-Aufgaben. Da beim durchgeführten Experiment signifikante Gratton-Effekte der Kompatibilität nur bei Durchgängen mit Farbwiederholung vorkommen, spricht dies für eine Annahme des Priming-Ansatzes, also des Primings durch Wiederholung von Reiz- und/oder Distraktormerkmalen, was beim vorliegenden Experiment die Wiederholung der Reizfarbe (Farbwiederholung) war.

Eine weitere signifikante Interaktion der Ergebnisse zeigte sich mit den Faktoren *Validität x Kompatibiliät im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität x Farbwechsel* bei der Fehlerrate: Bei der Interaktion, bei der nur *valide Farbwiederholungsdurchgänge* berücksichtigt wurden, zeigte sich die Interaktion von vorauslaufender Kompatibilität und aktueller Kompatibilität signifikant und ein höherer Kompatibilitätseffekt nach vorauslaufend inkompatiblen Durchgängen. Hierbei zeigte sich ein inverser Gratton-

Effekt. Alle weiteren Kombinationsmöglichkeiten der Interaktion wurden überprüft und waren nicht signifikant.

Die Testpersonen waren demnach genauer bei vorauslaufend kompatiblen Durchgängen, dies widerspricht dem Konfliktregulationsansatz, der davon ausgeht, dass nach einem erhöhten Konflikt (Inkompatibilität) die Fokussierung auf den Zielreiz durch erhöhte Aufmerksamkeit dem Konflikt entsprechend erhöht wird (angepasst) und bei den nachfolgenden Durchgängen eine geringere Fehlerhäufigkeit auftritt. Dieser signifikante inverse Gratton-Effekt zeigte sich nur bei validen Durchgängen (räumliche Übereinstimmung von Hinweisreiz und Zielreiz) und bei Farbwiederholung. Die Priorität der Farbwiederholung zeigt sich hier zum wiederholten Male, was auf ein Farbpriming von Reiz und Reaktion hindeutet. Der Faktor der Validität zeigt wieder die Domänen-überlappende Interaktion der Konfliktquellen von Validität und Kompatibilität. Bei aktueller Validität und nach Kompatibilität zeigt sich bei Farbwiederholung ein signifikant höherer Kompatibilitätseffekt als nach inkompatiblen Durchgängen. Ich nehme an, dass in dem Fall der Validitätseffekt unterstützend zum erhöhten Kompatibilitätseffekt beitrug, da die Aufmerksamkeit schon auf den Zielreiz fokussiert war durch die vorauslaufende Inkompatibilität und die Farbwiederholung, was dem Konfliktadaptationsansatz entspricht.

Es konnte auch eine signifikante Vierfach-Interaktion der Reaktionszeiten gezeigt werden: *Validität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität im vorauslaufenden Durchgang x Kompatibilität x Farbwechsel.* Bei vorauslaufend nicht validen Durchgängen mit Farbwiederholung zeigte sich eine signifikante Interaktion der *vorauslaufenden Kompatibiliät x Kompatibiliät* mit einem höheren Kompatibilitätseffekt nach kompatiblen Durchgängen als nach inkompatiblen Durchgängen. Das ergab einen Gratton-Effekt.

Bei vorauslaufend validen Durchgängen und Farbwiederholung zeigte sich ebenfalls eine signifikante Interaktion der *vorauslaufenden Kompatibilität x Kompatibilität* mit einem größeren Kompatibilitätseffekt nach kompatiblen Durchgängen. Daraus ergab sich ein Gratton-Effekt. Ein höherer Kompatibilitätseffekt nach kompatiblen Durchgängen, der sowohl nach validen als nach nicht-validen Durchgängen auftrat, spricht für die erleichternde Wirkung der Farbwiederholung, die in allen diesen Durchgängen von äußerster Wichtigkeit war. Deshalb können der Primingansatz von Mayr et al. (2003) und der Merkmalsintegrationsansatz nach Hommel et al. (2004) angenommen werden, da sich die Gratton-Effekte nur bei Farbwiederholung zeigten, nicht jedoch bei Farbwechsel.

Dimensionale Überlappungen als Einschränkung

Da der Konfliktadaptationsansatz und der Merkmalsintegrationsansatz sich nicht durch ihre Mechanismen ausschließen, könnte es durchaus sein, dass beide simultan wirken und die Leistung der Testpersonen beeinflussen. Bei Kompatibilitätsaufgaben, bei der nur zwei Eigenschaften pro Reizdimension getestet werden, können Vermischungen der beiden Ansätze laut Egner (2007) vorkommen. Die Effekte der Merkmalsintegration können nicht deutlich von Konfliktregulationseffekten unterschieden werden da Wechsel-Durchgänge und Wiederholungsdurchgänge sich mit Kompatibilitätswechseldurchgängen vermischen (Egner, 2007).

Kompatibilitätseffekte können entstehen, wenn sich Reizdimensionen überschneiden, wenn unterschiedliche Dimensionen von Reiz oder der Reaktion (oder beidem) eine hohe perzeptuelle, konzeptuelle oder strukturelle Ähnlichkeit besitzen. Wenn diese Dimensionen zueinander inkompatibel sind, können Konflikte entstehen, die aufgeklärt werden müssen bevor die richtige Antwort ausgewählt werden kann. Daher führt dies zu langsameren Reaktionszeiten bei inkompatiblen Durchgängen verglichen mit kompatiblen (Egner, 2007). Kompatibilitätseffekte können durch Überlappung von relevanten und irrelevanten Reizdimensionen entstehen, Überlappung von der relevanten Reizdimension und der Reaktionsdimension und Überlappung der irrelevanten Reizdimension und der Reaktionsdimension entstehen (Kornblum, 1990). Bei der Flankierreizaufgabe, bei der der Zielreiz üblicherweise aus zentralen Buchstaben besteht (aufgabenrelevant), im vorliegenden Fall aus einem Farbreiz, und von aufgabenirrelevanten Reizen (ebenfalls Buchstaben/Farbreiz) umgeben ist, müssen die Testpersonen den zentralen Reiz erkennen, indem sie eine willkürlich ausgewählte Taste betätigen. Typischerweise hat bei dieser Aufgabe jede Dimension nur zwei Merkmale/Ausprägungen, in meinem Fall die Farben „rot“ und „grün“. Die Flankierreizaufgabe zeigt eine Überlappung der relevanten Reizdimension und der irrelevanten Reizdimension, da beide Reizdimensionen vom selben Farbset (rot, grün) kommen (Egner, 2007). Die Flankierreize können mit dem Zielreiz kompatibel oder inkompatibel sein, die Testpersonen reagieren langsamer bei Inkompatibilität (Eriksen & Eriksen, 1974). Eine inkompatible Überlappung besteht aus sich widersprechenden Reizdimensionen, die zu einem Reizkonflikt führen. Da die zwei Reizdimensionen zu unterschiedlichen Reaktionen führen, führen inkompatible Flankierreize auch zu einem Reaktionskonflikt. Die typische Flankierreizaufgabe führt jedoch nicht zur Überlappung

der Reizdimension und der Reaktionsdimension, da die Reaktion (Tastendruck) sich mit keiner der Reizdimensionen überschneidet, da egal ist, welche Taste für die Farben „rot“ oder „grün“ gewählt wurde (Egner, 2007). Da die Flankierreizaufgabe aber eine Überlappung der (relevanten und irrelevanten) Reizdimensionen aufzeigt, könnten sich die Konfliktquellen beeinflussen und sind somit nicht eindeutig unabhängig. Dadurch, dass die Kompatibilitätseffekte sich beeinflussen könnten, kann die Unabhängigkeit der involvierten Konflikte nicht garantiert werden und deren Interpretation ist ebenfalls nicht eindeutig, was auch ein Kritikpunkt des vorliegenden Experiments wäre (Kornblum, 1990; Egner, 2008).

Zusammenfassung und Beantwortung der Fragestellungen

Zusammenfassend kann man sagen, es hat sich der erwartete Kompatibilitätseffekt gezeigt, ein Validitätseffekt, sowie ein Gratton-Effekt (jedoch nur bei Farbwiederholung). Ein Validitätssequenzeffekt hat sich jedoch nicht gezeigt. Die Erwartung eines Primings durch die Distraktoren hat sich erfüllt, dadurch dass der Gratton-Effekt nur bei Durchgängen mit Farbwiederholung auftrat. Die Ursache hierfür sind die partiellen Rekombinationskosten bei Farbwechsel-Durchgängen, die die Reaktionszeiten der Testpersonen erhöhen, da nur bei Durchgängen mit Farbwiederholung volle Merkmalswiederholung und eine erleichterte Verarbeitung stattfindet.
Deshalb kann man Bottom-Up Priming als Ursache für die Gratton-Effekte annehmen, kann jedoch eine Mitwirkung von kognitiver Konfliktadaptation nicht gänzlich ausschließen. Es könnten Bottom Up- Primingeffekte auf die Top-Down Konfliktregulationsprozesse einwirken, die Primingeffekte könnten die Konfliktregulation auslösen oder verbessern.

Daraus lässt sich schließen, dass eventuell auch hybride Ansätze, die davon ausgehen, dass die kognitive Kontrolle und Lern- und Gedächtnisprozesse zusammenwirken, sich hier zeigen.

Die Interaktion von Validitäts- und Kompatibilitätseffekten zeigt, dass sich die Konfliktdomänen überlappen und beeinflussen. Konflikteffekte in einer Dimension beeinflussen auch die anderen Effekte. Der größere Kompatibilitätseffekt bei nicht-validen Durchgängen zeigt, dass die Testpersonen hier den Hinweisreiz besser ausblenden konnten und ihre Aufmerksamkeit besser auf den Zielreiz richten konnten. Der größere

Validitätseffekt bei inkompatiblen Durchgängen zeigt, dass der Hinweisreiz besser wirken kann ohne der Ablenkung von kompatiblen Distraktoren. Jede Dimension kann ihre Wirkung besser entfalten, wenn die andere nicht vollständig zur Geltung kommt. Konflikte einer Dimension (z.B. beim Cueing) wirken somit deutlich auch auf Konflikte einer anderen Dimension (z.B. bei den Flankierreizen) ein. Auch Fan und Posner (2004) nehmen mit ihrer Aufmerksamkeitsnetzwerk-Theorie an, dass die Netzwerke, die aus einem Wachsamkeits-Netzwerk, einem Orientierungs-Netwerk und Konfliktlösungsfunktionen bestehen, bei verschiedenen Aufgaben miteinander interagieren, da Verbindungen zwischen ihnen bestehen. Wenn kognitive Ressourcen begrenzt sind und schnelle Reaktionen erwartet werden, nehmen sie an, dass die Aufmerksamkeitsnetzwerke sich überlappen und Interaktionen auftreten (Fan & Posner, 2004). Außerdem kann man eine Domänen-spezifische Verarbeitung annehmen, da die Auflösung von Konflikten einer Dimension nicht auch gleichzeitig die Konflikte in der anderen Dimension auflöst (Egner, 2008).

Kritik und Resümee

Ein Kritikpunkt der vorliegenden Studie ist, dass sich bei der Flankierreizaufgabe die irrelevante und die relevante Reizdimensionen überlappen und somit nicht eindeutig unabhängig sind. Wenn sich Ursprünge von Konflikten überschneiden, ist die Interpretation nicht ganz eindeutig. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Vermischung von Prozessen der Merkmalsintegration und von Lernprozessen, da nur zwei Reize mit jeweils zwei Reaktionen beim Experiment der vorliegenden Studie vorhanden waren, dies könnte man eventuell bei weiteren Experimenten mit einem größeren Reizset verbessern.
Ein letzter Kritikpunkt ist die Dauer des Experiments, über das sich einige Testpersonen negativ geäußert hatten. Durch die hohe Anzahl an Durchgängen (960 Durchgänge), gaben viele an, unter starken Ermüdungserscheinungen zu leiden. Einen Beitrag dazu leistete sicher der abgedunkelte Raum. Möglicherweise wäre hier eine Veränderung des Raumes von Vorteil (Frischluft, verbesserte Beleuchtung) und eine geringere Anzahl an Durchgängen. Die angebotenen Pausen wurden selten angenommen, daher wäre es vielleicht sinnvoll, fixe Pausenzeiten während der Testung festzulegen, die dann auch einzuhalten sind. Die Ausschlussrate der Testpersonen war jedoch nicht so hoch, wie die negativen Angaben der Testpersonen vermuten lassen, weshalb eventuell eine falsche Einschätzung der eigenen Leistungen (zu negative Einschätzung) und eine intellektuelle

Rechtfertigung dieser bei ihrer Kritik mitwirkten.

Schlussfolgernd kann man sagen, dass das Experiment einige signifikante Ergebnisse erbracht hat, sowie auch die meisten Erwartungen erfüllt wurden. Jedoch sind weitere Untersuchungen von hybriden Ansätzen von großer Wichtigkeit für die Forschung, da viele Studienergebnisse nur von der Interpretation der Forscher und deren „Zuneigung“ zu bestimmten Erklärungsansätzen abhängen. Die Ergebnisse lassen verschiedene Interpretationsmöglichkeiten zu und besonders im Fall der Konfliktadaptation und der assoziativen Priming-Ansätze kann man ein Mitwirken von anderen Ursachen kaum gänzlich ausschließen.

Zusammenfassung

Bei dieser Studie wurden kognitive Effekte, die bei einer experimentellen Flankierreizaufgabe entstehen, untersucht. Dabei wurden die Reaktionszeiten und die Fehlerrate erhoben. Besonderes Interesse lag am Entstehungsprozess des Gratton-Effekts, da es hierbei widersprüchliche Theorien gibt. Der Gratton-Effekt (sequentielle Modulation des Kompatibilitätseffekts) ist kleiner nach einem vorauslaufenden inkompatiblen Durchgang verglichen mit einem vorauslaufend kompatiblen Durchgang. Der Konfliktregulationsansatz geht davon aus, dass ein kognitiver Konflikt die Kontrolle erhöht und die Fokussierung auf den Zielreiz lenkt. Der Merkmalsintegrationsansatz hingegen geht davon aus, dass kein Konflikt notwendig ist, um den Gratton-Effekt zu produzieren, sondern, dass eine Verbindung von Eigenschaften des Reizes mit den Eigenschaften der Reaktion im Gedächtnis gespeichert wird und durch Wiederauftreten einer Eigenschaft wird die gesamte Verbindung reaktiviert. Ein ebenfalls assoziativer Ansatz ist der Priming-Ansatz, der als Ursache für den Gratton-Effekt die Wiederholung von Reiz- und Reaktion annimmt und demzufolge die mehrfache Präsentation derselben Reize, Reaktionen und Distraktoren zu einer schnelleren Reaktionszeit führt. Bei beiden Ansätzen führt der Effekt von Wiederholungen (Priming) zu automatischen schnelleren Reaktionen. Die vorliegende Studie untersuchte dies mit einer Flankierreizaufgabe, die mit einem Hinweisreiz die Aufmerksamkeit manipulierte. Es ergaben sich ein Kompatibilitätseffekt mit schnelleren Reaktionszeiten bei kompatiblen Durchgängen und ein Cueing-Effekt mit schnelleren Reaktionszeiten bei validen als nicht-validen Durchgängen. Ebenfalls zeigte sich der Gratton-Effekt mit einem höheren Kompatibilitseffekt nach inkompatiblen Durchgängen als nach kompatiblen, jedoch nur bei Durchgängen mit Farbwiederholung, was für die Annahme eines Priming-Effekts spricht. Da aber eine Dimensonen-überlappende Interaktion gezeigt werden konnte mit der Interaktion der Validität und Kompatibilität, die für die Überschneidung von Konfliktquellen spricht, können die entstehenden Effekte nicht eindeutig interpretiert werden. Weitere Untersuchungen des Gratton-Effekts sind notwendig, vor allem in Bezug auf hybride Erklärungsansätze.

Abstract

In the field of visual selection exists an important cognitive effect: The Gratton-effect. This sequential compatibility-effect is bigger when the previous trial was congruent compared to incongruent. We conducted a flanker task combined with a spatial cueing task to find the source of the Gratton-effect and to investigate if different cognitive effects (Gratton and Cueing-effect) bias each other. The flanker and target stimulus were red or green discs, prior to the target we showed a white cue on the same or different position than the target. The flanker, also called distracter were positioned around the target. The most important and controversial accounts to explain the Gratton-effect are the cognitive control accounts, the priming and memory accounts and hybrid accounts. We gathered the reaction time and the error rate to calculate the different effects. We found a compatibility effect, some Gratton-effects and a Cueing-effect. The Gratton-effect only showed at color repetition trials, which leads to the assumption of he priming account. We found also an interaction of he compatibility and the validity which points to cross-conflict domain effects. Further investigation should concentrate on hybrid accounts.

Keywords: FLANKER TASK, GRATTON EFFECT, CUEING, COGNITIVE CONTROL, PRIMING

Erklärung

Hiermit erkläre ich als Verfasserin der vorliegenden Arbeit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle sinngemäß oder wörtlich übernommenen Ausführungen sowie übernommenes Bildmaterial sind als solche gekennzeichnet. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Wien, 2016
Isabel Nagl

Literaturverzeichnis

Allport, D. A., Tipper, S. P., & Chmiel, N. R. J. (1985). Perceptual integration and postcategorial filtering. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Hrsg.), *Attention and performance XI* (S107-132). Hillsdale, NJ: Lawrence Erdbaum Association Inc.

Ansorge, U. (2006). Die Rolle von Absichten bei der automatischen Verarbeitung visuell-räumlicher Reizinformation. *Psychologische Rundschau, 57,* 2-12.

Becker, S. I. (2008). Can intertrial effects of features and dimensions be explained by a single theory? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 34,* 1417-1440.

Belopolsky, A. V., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2010). What is top-down about contingent capture? *Attention, Perception & Psychophysics, 72,* 326-341.

Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review, 108,* 624-652.

Cohen, J. D., Servan-Schreiber, D., & McClelland, J. L. (1992). A parallel distributed processing approach to automaticity. *American Journal of Psychology, 105*, 239-269.

Corbetta, M., Miezin, F. M., Dobmeyer, S., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1991). Selective and divided attention during visual discriminations of shape, color, and speed: Functional anatomy by positron emission tomography. *Journal of Neuroscience, 11,* 2383-2402.

Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review, 96,* 433-458.

Egner, T. (2007). Congruency sequence effects and cognitive control. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 7,* 380-390.

Egner, T. (2008). Multiple conflict-driven control mechanisms in the human brain. *Trends in Cognitive Sciences, 12,* No.10., 374-380.

Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics, 16*, 143-149.

Eriksen, C. W., & Schultz D. W. (1979). Information processing in visual search: A continuus flow conception and experimental results. *Perception & Psychophysics, 25,* 249-263.

Fan, J., & Posner, M. (2004). Human attentional networks. *Psychatri Prax, 31,* 210-214.

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.

Fritz, J., & Dreisbach, G. (2013). Conflicts as aversive signals: Conflict priming increases negative judgments for neutral stimuli. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience, 13,* 311-317.

Gratton, G., Coles, M., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General, 121*, 480-506.

Hommel, B. (1993). The relationship between stimulus processing and response selection in the Simon task: evidence for a temporal overlap. *Psychological Research, 55*, 280-290.

Hommel, B. (1998). Event files: Evidence for automatic integration of stimulus-response episodes. *Visual cognition, 5,* 183-216.

Hommel, B., Proctor, R. W., & Vu, K.-P. L. (2004). A feature-integration account of sequential effects in the Simon task. *Psychological Research, 68*, 1-17.

Jongen, E. M. M., & Smulders, F.T.Y. (2007). Sequence effects in a spatial cueing task: Endogenous orienting is sensitive to orienting in the preceding trial. *Psychological Research, 71*, 515-523.

Kim, S., & Cho, Y. S. (2014). Congruency sequence effect without feature integration and contingency learning. *Acta Psychologica, 149*, 60-68.

Kornblum, S., Hasbroucq, T., & Osman, A. (1990). Dimensional overlap: cognitive basis for stimulus-response compatibility- a model and taxonomy. *Psychological Review, 97,* 253.

Kwak, H., & Egeth, H. (1992). Consequences of allocating attention to locations and to other attributes. *Perception and Psychophysics, 51*, 455-464.

Luck, S. J. (1995). Multiple mechanisms of visual-spatial attention: recent evidence from human electrophysiology. *Behavioral Brain Research, 71,* 113-123.

Mayr, U., Awh, E., & Laurey, P. (2003). Conflict adaptation effects in the absence of executive control. *Nature Neuroscience, 6*, 450-452.

Mordkoff, J. T., Haltermann, R., & Chen, P. (2008). Why does the effect of short-SOA exogenous cuing on simple RT depend on the number of display locations? *Psychonomic Bulletin & Review, 15,* 819-824.

Neill, W. T. (1977). Inhibitory and facilitatory processes in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 3,* 444-450.

Notebaert, W., Soetens, E., & Melis, A. (2001). Sequential analysis of a Simon task-evidence for an attention-shift account. *Psychological Research, 65,* 170-184.

Olk, B., Peschke, C., & Hilgetag, C. C. (2015). Attention and control of manual responses in cognitive conflict: Findings from TMS perturbation studies. *Neuropsychologica, 74,* 7-20.

Pardo, J. V., Pardo, P., Janer, K. W., & Raichle, M. E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proceedings of the National Academy of Science, 87*, 256-259.

Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 32A*, 3-25.

Posner, M. I., Snyder, R. R. C., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the Detection of Signals. *Journal of Experimental Psychology: General, 109,* 160-174.

Pratt, J., & Abrams, R. A. (1999). Inhibition of return in discrimination tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 25,* 229-242.

Remington, R. W., Johnston, J. C., & Yantis, S. (1992). Involuntary attentional capture by abrupt onsets. *Perception & Psychophysics, 57,* 279-290.

Schmidt, J. R., & De Houwer, J. (2011). Now you see it, now you don´t: Controlling for contingencies and stimulus repetitions eliminates the Gratton effect. *Acta Psychologica, 138,* 176-186.

Stürmer, B., Leuthold, H., Soetens, E., Schröter, H., & Sommer, W. (2002). Control over location-based response activation in the Simon task: behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 28,* 1345-363.

Theeuwes, J. (1994). Stimulus-driven capture and attentional set: Selective search for color and visual abrupt onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception & Performance, 20,* 799-806.

Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica, 135*, 77-99.

Treisman, A. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8,* 194-214.

Treisman, A. (1988). Features and objects: The 14th Bartlett Memorial Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 40,* 201-237.

Ullsperger, M., Bylsma, L. M., & Botvinick, M. M. (2005). The conflict adaptation effect: It´s not just priming. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 5,* 467-472.

Vergut, T., & Notebeart, W. (2008). Hebbian Learning of cognitive control: Dealing with specific and nonspecific adaptation. *Psychological Review, 115,* 518-525.

Weissman, D. H., Jiang, J., & Egner, T. (2014). Determinants of congruency sequence effects without learning and memory confounds. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 40,* 2022-2037.

Weissman, D. H., Egner, T., Hawks, Z., & Link, J. (2015). The congruency sequence effect emerges when the distracter precedes the target. *Acta Psychologica, 156*, 8-21.

Wendt, M., Kiesel, A., Geringswald, F., Purman, S., & Fischer, R. (2013). Attentional adjustment to conflict strength. *Experimental Psychology, 61,* 55-67.

Wühr, P., & Kunde, W. (2008). Die kognitive Regulation von Handlungskonflikten. *Psychologische Rundschau, 59*, 207-216.

Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 10,* 601-621.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Ablauf des Experiments.....30

Abbildung 2: Validitätseffekt.....31

Abbildung 3: N-Kompatibilitätseffekt: Schnellere Reaktionszeiten in kompatiblen (aktuellen) Durchgängen als in inkompatiblen (aktuellen) Durchgängen. 32

Abbildung 4: Gratton-Effekt zeigte sich nur bei Farbwiederholung 34

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name:	Isabel Nagl
Geburtsdatum:	25.2.1982
Staatsangehörigkeit:	Österreich
Kontakt:	Isabel.nagl@gmx.at

Schulausbildung:

1989-1993	Volksschule Baden
1993-2001	BG+BRG Wirtschaftsrealgymnasium Frauengasse, Baden

Akademische Laufbahn:

2001-2002	Beginn Studium Publizistik-und Politikwissenschaften, Universität Wien
2002	Beginn Studium der Psychologie, Universität Wien

Berufliche Erfahrungen:

1998	Praktikum Krankenhaus Baden, Station für integrierte Psychosomatik
Juli 2014	Teilnahme und Mitarbeit beim Kongress „International Association for the Scientific Study of Intellectual and Developmental Disabilities“ (IASSIDD), Universität Wien
August 2015	Teilnahme und Mitarbeit beim Kongress „ European Conference on Eye Movements“(ECEM), Universität Wien
April 2015-August 2015	240 Stunden-Praktikum beim Autismus Zentrum „ZASPE“