

Aus der Klinik für Neurologie der Universität zu Lübeck

Direktor: Prof. Dr. Münte



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

***Einfluss von emotionaler Verkörperung auf die
neuronalen Verarbeitung von Konflikt und Fehlern***

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Universität zu Lübeck

– aus der Sektion Medizin –

vorgelegt von

Mieke Sophie Wöhlk

aus Kiel

Lübeck 2023

1. Berichterstatter: PD Dr. Marcus Heldmann
2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Matthias Nagel
Tag der mündlichen Prüfung: 14.09.2023
Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 14.09.2023
Promotionskommission der Sektion Medizin

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	II
1. Einleitung	1
2. Theoretischer Hintergrund	4
2.1. Emotionale Verkörperung.....	4
2.1.1. Die Facial-Feedback-Hypothese.....	4
2.1.2. Effekte positiven Affektes auf kognitive Kontrollprozesse.....	5
2.1.3. Dopaminhypothese.....	6
2.2. Kognitive Kontrolle.....	7
2.2.1. Beteiligte Hirnareale eines neuronalen Netzwerks.....	8
2.2.2. Die Konfliktüberwachungstheorie (Conflict-Monitoring-Theorie).....	9
2.2.3. Time-On-Task-Theorie und assoziiertes Lernen.....	11
2.3 Vorgehen der Arbeit und zentrale Fragestellung.....	12
3. Material und Methoden	13
3.1. Allgemeine Methodik.....	13
3.1.1. Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie.....	13
3.1.1.1.Prinzip und Technik.....	13
3.1.1.2.BOLD-Effekt.....	13
3.1.1.3.Hämodynamische Antwort.....	13
3.1.2. Ereigniskorreliertes Design.....	14
3.2. Spezielle Methodik.....	15
3.2.1. Stichprobe und Probandenkollektiv.....	15
3.2.2. Studiendesign.....	16
3.2.2.1.Flanker-Paradigma.....	16
3.2.2.2.Versuchsablauf.....	18
3.2.3. fMRT-Bildakquisition.....	19
3.2.4. Auswertung der Verhaltensdaten.....	20
3.2.5. Auswertung der fMRT-Daten.....	21
3.2.5.1.Datenvorverarbeitung.....	22
3.2.5.2.Einzelpersonenanalyse (First-Level-Analyse).....	23
3.2.5.3.ROI-Analyse (Second-Level-Analyse).....	24
3.2.5.4.Voxelbasierte Ganzkopfanalyse (Second-Level Analyse).....	25
3.2.6. Verhaltensstudie.....	25
3.2.6.1. Begründung der Stichprobe und Probandenkollektiv.....	25
3.2.6.2. Versuchsablauf.....	26
3.2.6.3. Auswertung der Verhaltensdaten.....	26
4. Ergebnisse	27
4.1. Ergebnisse der Verhaltensdaten.....	27
4.1.1. Auswertung der Reaktionszeiten.....	27
4.1.2. Auswertung der Fehlerraten.....	28
4.2. FMRT-Ergebnisse.....	30
4.2.1. ROI basierte Analyse.....	30
4.2.2. Ergebnisse der voxelbasierten Ganzkopfanalyse.....	31

4.3. Explorative Datenanalyse	33
4.4. Ergebnisse der Verhaltensstudie	35
5. Diskussion	38
5.1. Die Facial-Feedback-Hypothese	39
5.2. Die Conflict-Monitoring-Hypothese	42
5.2.1. Konflikt durch Inkongruenz	43
5.2.2. Fehler als Folge erhöhten Konflikts	48
5.3. Einfluss von facial feedback auf conflict monitoring	49
6. Zusammenfassung.....	53
Literaturverzeichnis	56
Danksagung	86
Lebenslauf.....	87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Dopaminprojektionen im menschlichen Gehirn (angelehnt an Ashby et al., 1999).....	7
Abbildung 2 A:	Beispielhafte schematische Darstellung des verwendeten Flanker-Paradigmas.....	17
Abbildung 2 B:	Beispielhafte schematische Darstellung der verschiedenen Konditionen im Flanker-Paradigma.....	18
Abbildung 2 C:	Veranschaulichung der Stabpositionen.....	19
Abbildung 3:	Darstellung der ROI nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle.....	24
Abbildung 4:	Darstellung der ROI nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle.....	25
Abbildung 5:	fMRT-Studie: Kongruenzeffekt der durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden für die Konditionen <i>response</i> -inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC).....	27
Abbildung 6:	fMRT-Studie: Sequentieller Kongruenzeffekt auf die durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden in der Längskondition (links) und der Querkondition (rechts).....	28
Abbildung 7:	fMRT-Studie: Durchschnittliche Fehlerraten in Prozent für die Konditionen <i>response</i> -inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC).....	29
Abbildung 8:	Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle des Haupteffekts Performanz.....	30
Abbildung 9:	Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des Haupteffekts Kongruenz.....	31
Abbildung 10:	Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des Haupteffekts Stabposition der Kondition $q > I$ in der Analyse der Kongruenz.....	32
Abbildung 11:	Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des Haupteffekts Performanz.....	32
Abbildung 12:	Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des Haupteffekts Stabposition der Kondition $q > I$ in der Analyse der Performanz.....	33
Abbildung 13 :	Durchschnittliche Reaktionszeiten in Millisekunden des vorangegangenen Stimulus für den aktuellen Stimulus SC (A), SIC (B), RIC (C).....	34
Abbildung 14:	Durchschnittliche Reaktionszeiten gegen die Fehlerrate der einzelnen Probanden.....	34
Abbildung 15:	Post-Hoc-Test des Fragebogens des Bereichs „Intra-/ Extraversion“.....	35
Abbildung 16:	Verhaltensstudie: Kongruenzeffekt der durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden für die Konditionen <i>response</i> -inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC).....	36
Abbildung 17:	Verhaltensstudie: Sequentieller Kongruenzeffekt der durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden für die Konditionen <i>response</i> -inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC).....	37
Abbildung 18:	Verhaltensstudie: Durchschnittliche Fehlerraten in Prozent für die Konditionen <i>response</i> -inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC).....	37

Abkürzungsverzeichnis

ACC	anteriorer cingulärer Kortex
ANOVA	<i>analysis of variance</i> (Varianzanalyse)
BA	Brodman-Areal
BOLD	<i>blood oxygenation level-dependent</i>
CSE	<i>Congruency-Sequence-Effekt</i> (Sequentieller Kongruenzeffekt)
CT	Computertomographie
dACC	dorsaler anteriorer cingulärer Kortex
dMFC	dorsaler mediofrontaler Kortex
EPI	<i>echo planar imaging</i> (echoplanare Bildgebung)
f	falsch
FA	<i>flip angle</i> (Flipwinkel)
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
FOV	<i>field of view</i> (Bildfeld)
FWEc	<i>family-wise error cluster</i>
FWHM	<i>full width at half maximum</i> (Halbwertsbreite)
ISPC	<i>Item-Specific-Proportion-Congruency-Effekt</i>
l	Längskondition
LC	Locus caeruleus
MNI	Montreal Neurological Institut
NAc	Nucleus Accumbens
PC	<i>Proportion-Congruency-Effekt</i>
q	Querkondition
r	richtig
rCBF	regionaler cerebraler Blutfluss
RIC	<i>response incongruent</i> (response-inkongruent)
SAT	<i>speed accuracy trade-off</i>
SC	<i>stimulus congruent</i> (stimulus-kongruent)
SIC	<i>stimulus incongruent</i> (stimulus-inkongruent)
SN	Substantia nigra
SNR	Signal-Rausch-Verhältnis
SOA	<i>stimulus onset asynchrony</i>

TE	<i>time echo</i> (Echozeiten)
tl	<i>time</i> längs (Zeitpunkt nach Längskondition)
t0	<i>time</i> 0 (Zeitpunkt Ausgangsfragebogen)
tq	<i>time</i> quer (Zeitpunkt nach Querkondition)
TR	<i>time of repetition</i> (Repetitionszeit)
VTA	ventral tegmentales Areal

1. Einleitung

Kognitive Kontrolle befähigt den Menschen, sein Verhalten an eine sich ständig ändernde Umwelt anpassen zu können. Dies wird erreicht, indem Verhalten kontrolliert und bei einem drohenden Nicht-Erreichen von Zielen gehemmt und korrigiert werden kann. Sie wird benötigt, um eine flexible Zuweisung von mentalen Ressourcen zwecks zielgerichteten Verhaltens zu ermöglichen. Die Prozesse der kognitiven Kontrolle vermögen unter anderem automatische Antworten zu inhibieren und stattdessen an die Situation angepasste Handlungsintentionen zu generieren (Badre, 2008; Kouneiher et al., 2009; Solomon et al., 2009). Verschiedene Aufgaben und Informationen des Alltags konkurrieren um die limitierte kognitive Kapazität, weshalb die genannten Abläufe elementar wichtig sind, um fokussierte Aufmerksamkeit zu gewährleisten.

Es existieren unterschiedliche Theorien und Ideen, die zum tieferen Verständnis der kognitiven Kontrolle beitragen (Botvinick et al., 2001; Miller & Cohen, 2001; Alexander & Brown, 2011). Zu den Kernfunktionen der kognitiven Kontrolle gehören Inhibition, das Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität. Sie beinhaltet aber noch eine Vielzahl an weiteren Funktionen, die zum Beispiel dazu ermächtigen, Aufmerksamkeit selektiv zu steuern, Versuchungen zu widerstehen und Probleme zu lösen (Diamond, 2013).

Die Konfliktüberwachungstheorie (*conflict monitoring theory*, van Veen & Carter, 2002; Carter et al., 1998) befasst sich mit dem Zusammenhang von Konflikt- und Fehlerdetektion und der daraus resultierenden Adaptation von Aufmerksamkeit. Sie erklärt die erfolgreiche Bewältigung von Handlungskonflikten, ohne dass diese zwangsläufig als solche wahrgenommen werden. Dabei wird unter einem Handlungskonflikt das Vorhandensein konkurrierender Antwortalternativen verstanden. Im neuesten Verständnis ist Bestandteil dieser These eine Induktion von negativem Affekt, der für kompensatorische Anpassung von Kontrolle ursächlich sei (Dignath et al., 2020). Mit Hilfe von Paradigmen der Interferenzverarbeitung, wie zum Beispiel dem Flanker-Task, konnten durch bildgebende Verfahren Strukturen des Gehirns identifiziert werden, die an dieser Konfliktdetektion (Wendt et al., 2007) und der damit assoziierten Affektinduktion beteiligt sind (Wiswede et al., 2009).

Identifizierung, Äußerung und Regulation von Affekt und Emotion sind weitere maßgebliche Eigenschaften des Menschen, die grundlegend für die Interaktion mit anderen sind. Speziell die Mimik hat einen hohen Stellenwert, wenn es darum geht, die eigenen Emotionen zu empfinden und auszudrücken. Dabei ist zu betonen, dass Gesichtsausdrücke von Basisemotionen nicht nur von klein auf (Tangney, 1992), sondern auch weltweit in allen Kulturen gleich verstanden

werden (Boucher, 1983; Brandt & Boucher, 1986; Russell, 1991). Junge Kinder nutzen die Imitation von Gesichtsausdrücken zum Erlernen dieser, aber auch Erwachsene spiegeln, teilweise unbewusst, ihren Gegenüber, um dessen Emotionen besser verstehen beziehungsweise nachempfinden zu können (Niedenthal et al., 2005). Forschung im Bereich der emotionalen Verkörperung (*emotion embodiment*) ergab eine bessere Vorstellung des Zusammenhangs zwischen Empfindung und Äußerung des Affekts. Verschiedene Forschungsarbeiten begründeten die Idee des *facial feedback*. In dieser wird die Induktion von positivem und negativem Affekt vorhergesagt, wenn der Teil der Gesichtsmuskulatur angespannt wird, der für ein Lächeln beziehungsweise Stirnrunzeln sorgt (Buck, 1980; Ekman, 1973; Gellhorn, 1964; Izard, 1971; Tomkins, 1962). Dabei konnte dem dopaminergen System eine entscheidende Rolle in der Induktion von Affekt zugeschrieben werden (Ashby et al., 2002; Duthoo et al., 2013).

Die unbewusste Induktion von Affekt und dessen Verarbeitung im Gehirn stellt somit einen gemeinsamen Aspekt der beiden Theorien dar. Einzeln sind *conflict monitoring* und *facial feedback* viel diskutiert, jedoch nur selten in gemeinsamem Kontext betrachtet worden (Goschke & Bolte, 2014; Pessoa, 2008; Wiswede et al., 2009). Durch die Kombination der beiden Affektinduktion beinhaltenden Theorien können mögliche Interaktionseffekte dargestellt werden. So kann die präzise Darstellung der beteiligten Gehirnareale bei Induktion von Konflikt in An- und Abwesenheit von induziertem Affekt die Möglichkeit geben, den Zusammenhang zwischen Affekt und der neuronalen Aktivierung im Netzwerk der kognitiven Verarbeitung von Konflikt näher zu beleuchten.

Im Rahmen dieser Promotionsarbeit werden eine funktionelle Magnetresonanztomographie-Studie und eine Verhaltensstudie mit der Fragestellung ausgewertet, ob es einen Einfluss von *embodied emotion* auf die neuronale Verarbeitung von Konflikt und Fehlern gibt. Durch die gemeinsame Auswertung der Verhaltensdaten und der Analyse der neurophysiologischen Korrelate werden damit gezielt der potentielle Einfluss von Affekt auf *conflict monitoring* überprüft.

Diese Themen sind hinsichtlich neuer Einblicke in Verständnis als auch Therapie von affektiven sowie neuropsychiatrischen Erkrankungen von Interesse. So ist in der Vergangenheit auf Basis der *Facial-Feedback-Hypothese* der Vorschlag der Therapie von Depressionspatienten mit Botox entwickelt worden (Coles et al., 2019; Huan et al., 2020; Finzi & Rosenthal, 2014; Wollmer et al., 2012; Wollmer et al., 2014). Darüber hinaus sind einfachere, weniger invasive Therapien solcher Erkrankungen denkbar, wofür genaueres Verständnis der Zusammenhänge der kortikalen Vorgänge nötig ist (Larson et al., 2014). Im Speziellen soll diese Arbeit die neurowissenschaftliche Grundlagenforschung

um neue Aspekte zur Verarbeitung von Konflikten und Fehlern erweitern sowie die Nutzung von *facial feedback* prüfen.

Folgend werden zunächst die theoretischen Hintergründe der beiden Hypothesen erklärt, danach die Methoden und das Studiendesign erläutert und Ergebnisse präsentiert. Abschließend werden in der Diskussion die Ergebnisse in Hinblick auf die Fragestellung erörtert und interpretiert.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Emotionale Verkörperung

Unter dem interdisziplinären Fachbegriff der Verkörperung (englisch *embodiment*, nach Wirtz, 2021) wird die aktive Beteiligung des Körpers am Erleben von Emotionen verstanden. So umfasst es das Erleben von Emotionen beim Sprechen oder Nachdenken über selbige, während zeitgleich die betreffenden Hirnareale aktiv sind. Die Interaktion besteht in beide Richtungen. So können Emotionen durch den Körper ausgelöst und moduliert werden, gleichermaßen sind Emotionen im Stande, stark auf den Körper einzuwirken (Bermeitinger et al., 2011). Schon Aristoteles (384 – 322 v. Chr.) beschrieb einen Zusammenhang zwischen Emotion und Körper, ebenso ging Descartes (1596 – 1650) von körperlichen Komponenten der Emotionen aus (Colombetti & Thompson, 2008). Darwin stellte 1872 die Idee vor, dass Emotionen intensiver erlebt würden, wenn sie frei geäußert werden können, als wenn sie unterdrückt würden. Später stützten auch James (1884) und Lange (1885) die These von Darwin, bevor im 20. Jahrhundert die *Facial-Feedback*-Hypothese formuliert wurde (Buck, 1980; Ekman, 1973; Gellhorn, 1964; Izard, 1971; Tomkins, 1962).

2.1.1. Die *Facial-Feedback*-Hypothese

Bei der *Facial-Feedback*-Hypothese ist der ausschlaggebende Faktor für das *embodiment* die Muskelaktivität der Mimik. Die These besagt im Speziellen, dass die Wahrnehmung des eigenen Affekts durch den Gesichtsausdruck und somit durch die prototypische Anspannung der Gesichtsmuskulatur moduliert wird. Als wichtigen Beitrag zu der *Facial-Feedback*-Hypothese führten Strack, Martin und Stepper 1988 eine Studie durch, deren Design bis heute häufig adaptiert wird (Söderkvist et al., 2018; Soussignan, 2002) und grundlegend für die vorliegende Studie ist. Die Probanden der Studie von Strack hielten einen Stift entweder nur mit den Lippen, mit den Zähnen oder in ihrer nicht-dominanten Hand. So musste in der Lippen-Kondition der *Musculus orbicularis oris* angespannt werden, was ein Lächeln verhindert – in der Zähne-Kondition hingegen der *Musculus zygomaticus major*, der ein Lächeln hervorruft. In diesen verschiedenen Konditionen bewerteten die Probanden die Lustigkeit von Cartoons und ihr empfundenes Vergnügen. Die Probanden in der Zähne-Kondition, die unbewusst lächelten, gaben ein höheres Vergnügen an als diejenigen in den Vergleichs-Konditionen, aber keinen Unterschied in der Lustigkeit der Cartoons. Strack interpretierte die Ergebnisse dahingehend, dass die Anspannung der entsprechenden Gesichtsmuskulatur die Empfindung der Emotion verstärkt.

Darüber hinaus sei die Selbstwahrnehmung des emotionalen Gesichtsausdrucks für das Erleben einer Emotion nicht notwendig.

Seither wurden eine Vielzahl von unterschiedlichen Studien (Finzi & Rosenthal, 2014; Magid et al., 2014; Mori & Mori, 2010, 2013; Söderkvist et al., 2018; Soussignan, 2002; Wollmer et al., 2012; Wollmer et al., 2014) durchgeführt, deren Ergebnisse die Theorie größtenteils stützen. Im Kontrast dazu schlug 2016 die versuchte Replikation des ursprünglichen Experiments fehl (Wagenmakers et al., 2016). Von den 17 Laboren, die ein gemeinsames Protokoll angelehnt an Strack nutzten, konnte keines signifikante Ergebnisse feststellen. Jedoch zeigte Strack in Erwiderung zahlreiche Fehlerquellen im Vorgehen von Wagenmakers et al. auf, die das Scheitern möglicherweise begründen können (Strack, 2016). Die Problematiken bei der Replikation weisen darauf hin, dass komplexe Nebeneffekte und Faktoren existieren, die Einfluss auf das Ausmaß des Effektes nehmen (Havas et al., 2007; Wu et al., 2020) und auf die im Verlauf dieser Arbeit eingegangen wird.

Auch hinsichtlich der genauen Funktionsweise von *facial feedback* herrscht Uneinigkeit. Die bekannteste Erklärung führten die Autoren Tomkins sowie Adelman und Zajonc an. Demnach aktivieren propriozeptive Muskelafferenzen bestimmte affektive Programme (Adelman & Zajonc, 1989; Tomkins, 1962). Tomkins hielt aber auch propriozeptive Afferenzen der Haut für denkbar (Tomkins, 1980). Ferner entwickelte Zajonc die vaskuläre Theorie der Emotion (Zajonc, 1985). Diese besagt, dass der hedonische Zustand durch Neurotransmitter verändert wird, welche durch Temperaturänderungen des venösen Blutes freigesetzt werden.

2.1.2. Effekte positiven Affektes auf kognitive Kontrollprozesse

Im Bereich der kognitiven Kontrolle zeigt sich bei positivem Affekt eine erhöhte kognitive Flexibilität (Isen et al., 1987). Diese beruht auf erleichterter Problemlösung, verminderter Perseveration und erhöhter Gedächtnisleistung (Ashby et al., 1999, 2002; Isen et al., 2001). Letztere ist laut Ashby durch erhöhte exekutive Aufmerksamkeit begründet. Auch werden Entscheidungsfindung, Hilfsbereitschaft und Großzügigkeit begünstigt (Isen et al., 1987).

Neben diesen Vorzügen von positivem Affekt konnte zeitgleich eine verminderte Aufnahmefähigkeit im Arbeitsgedächtnis und eine erhöhte Ablenkbarkeit nachgewiesen werden (Dreisbach & Goschke, 2004; Dreisbach, 2006). Verallgemeinert bedeutet dies, dass positiver Affekt einen stark gerichteten Effekt auf die Balance zwischen Stabilität und Flexibilität der mentalen Leistung ausübt. Explizit auf den Aspekt des *conflict monitoring* bezogen zeigten sich in Studien bei

positivem Affekt eine herabgesetzte Performanzqualität, operationalisiert durch erhöhte Fehlerraten (Wiswede et al., 2009) und eine verminderte Kontrolladaptation (van Steenbergen et al., 2010). Im Gegensatz dazu war eine erhöhte Kontrolladaptation bei negativem Affekt zu beobachten.

Darüber hinaus scheint Konflikt selbst eine aversive Natur zu haben (Brouillet et al., 2011; Fazio et al., 1986; Fazio, 2001; Kool et al., 2010; Schoupe et al., 2012) und die selben Gehirnareale wie beim negativer Affekt zu aktivieren, unter anderem den anterioren cingulären Kortex (ACC) (Shackman et al., 2011). Diese Erkenntnis hat auch Einzug in die *Conflict-Monitoring*-Theorie in Form der sogenannten Konflikt-Affekt-Verknüpfung erhalten (siehe Abschnitt 2.2.2.). Als ursächlich für diese Effekte wurde von Ashby et al. (2002) ein phasisch verändertes Dopaminlevel im präfrontalen Kortex beschrieben.

2.1.3. Dopaminhypothese

Die Dopaminhypothese besagt, dass ein Großteil der kognitiven Effekte, die durch positiven Affekt entstehen, auf einem phasisch erhöhten Dopaminlevel im Gehirn beruht (Ashby et al., 1999). Nach Ashby et al. (1999) sei der moderate Anstieg des Affektes mit einer verstärkten Freisetzung von Dopamin aus Bereichen des Hirnstamms assoziiert. Vom Hirnstamm aufsteigende Projektionen vermittelten im präfrontalen Kortex die Effekte auf das Arbeitsgedächtnis, während Projektionen zum ACC zu erleichterter kognitiver Flexibilität (siehe Abschnitt 2.1.2) führten (Ashby et al., 1999, 2002).

Die Dopaminerhöhung entsteht durch ein komplexes Netzwerk des Hirnstamms, bestehend aus zwei interagierenden Systemen: dem nigrostriatalen und dem mesolimbischen System (Abbildung 1). Das nigrostriatale System beinhaltet die dopaminproduzierenden Zellen in der Substantia nigra pars compacta, die in das Striatum projiziert und vor allem Motoraktivität steuert. Die dopaminprojizierenden Zellen des mesolimbischen Systems befinden sich im ventralen tegmentalen Areal (VTA) und projizieren in eine Reihe limbischer und kortikaler Areale. Diese zeigen Involvierung in Belohnung und Belohnungsprognose (Schultz, 2000, 2002; Tobler et al., 2003) sowie in kognitive Kontrolle (Badre & Wagner, 2002, 2007; Ridderinkhof et al., 2004).

Zahlreiche Studien der vergangenen Jahrzehnte schreiben dem Dopamin eine explizite Rolle im Zusammenhang von positivem Affekt und kognitiver Kontrolle zu. Es handelt sich allerdings ausschließlich um indirekte Nachweise. Meist beruhen diese auf der Beobachtung, dass positiver Affekt und erhöhte Dopamin ausschüttung unter bestimmten Konditionen die gleichen Effekte auf kognitive Kontrolle ausüben (Goschke & Bolte, 2014).

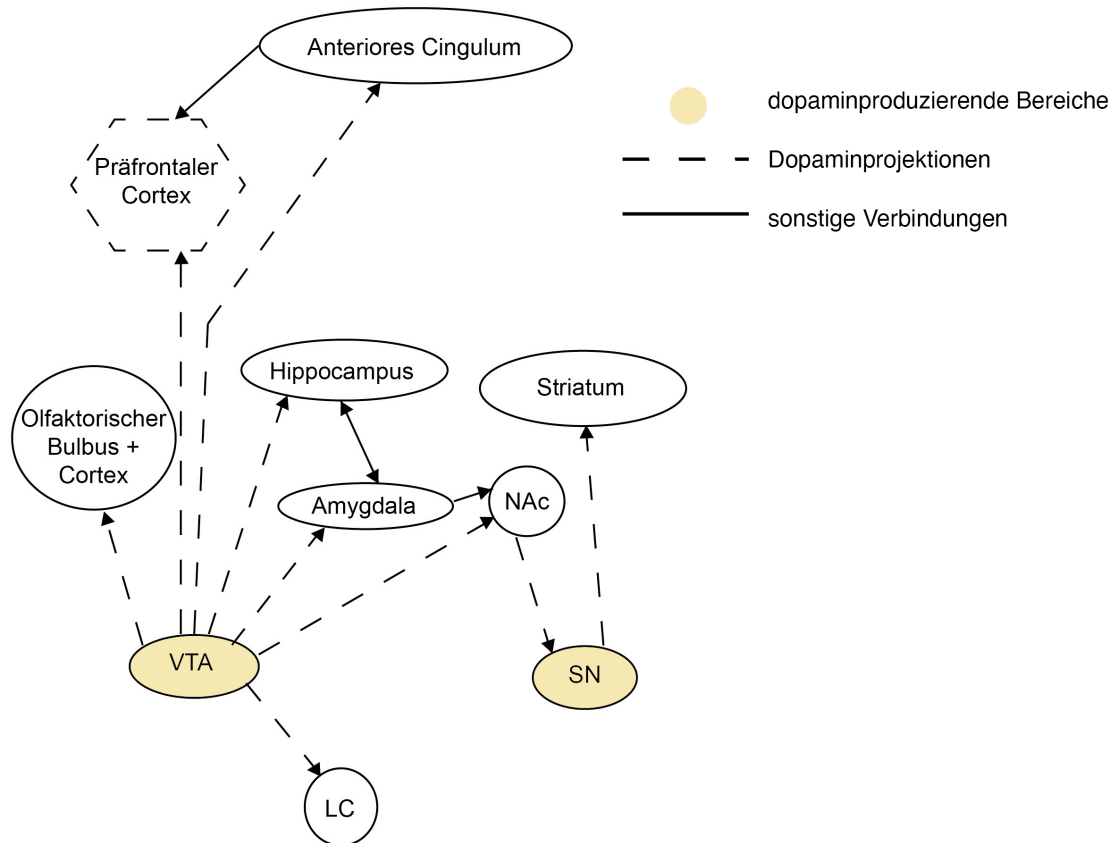


Abbildung 1

Dopaminprojektionen im menschlichen Gehirn.

NAc: Nucleus Accumbens; VTA: Ventrales tegmentales Areal; SN: Substantia nigra; LC: Locus caeruleus (angelehnt an Ashby et al., 1999)

2.2. Kognitive Kontrolle

Unter dem Begriff der kognitiven Kontrolle werden Prozesse zusammengefasst, die es Personen ermöglichen, eigene Handlungen zu überwachen und zu korrigieren, um intendierte Handlungsziele zu erreichen. Obwohl es gegenwärtig keine einheitliche Definition gibt, werden die Entdeckung von Fehlern und die inhibitorische Kontrolle von Handlung als wichtige Komponenten kognitiver Kontrolle verstanden. Zur Erfassung kognitiver Kontrolle und deren Einflussgröße haben sich einige prototypische Untersuchungsparadigmen etabliert.

So existieren zum Beispiel das *guided activation model* (Miller & Cohen, 2001), welches auf dem Stroop-Task fußt, das *error likelihood model* (Brown & Braver, 2005) und die aktualisierte Version des *prediction response outcome model* (Alexander & Brown, 2011), basierend auf modifizierten Stop-Signal- und Flanker-Tasks sowie der *Conflict-Monitoring*-Theorie (Logan, 1985), die auf die Leistung in Stroop-, Simon- und Flanker-Tasks zurückzuführen ist. Alle drei Aufgaben werden zur Untersuchung kognitiver Interferenzen der Handlungskontrolle

eingesetzt. Beim Stroop-Task steht die Schriftfarbe im Konflikt mit dem Schriftwort (siehe Abschnitt 2.2.2.), beim Simon-Task die Seite der visuellen Präsentation eines Stimulus mit der Seite der zu gebenden Antwort und beim Flanker-Task der zentrale Buchstabe mit den flankierenden Buchstaben (siehe Abschnitt 3.2.2.1.1.). In der Simon-Aufgabe sollen die Probanden auf einen Stimulus – wie Farbe oder Form – mit einer Rechts-Antwort und auf einen anderen mit einer Links-Antwort reagieren. Dabei wird der Stimulus zufällig auf der linken oder rechten Seite des Bildschirms präsentiert. Es wurde beobachtet, dass die Kongruenz von Antwort und Seite des Bildschirms zu schnelleren Reaktionszeiten führt, eine Inkongruenz auf der Gegenseite diese verlangsamt (Simon & Rudell, 1967). Auffällig hierbei ist, dass hauptsächlich der Aspekt der Antwortinhibition im Fokus steht.

Neben dem Ansatz, kognitive Kontrolle über beteiligte Funktionen zu definieren, wurde auch die Möglichkeit der Beschreibung auf Grundlage der funktionellen Anatomie erwogen (Stout, 2010). Im Mittelpunkt der Forschung steht vor allem der ACC (Botvinick et al., 2001) in Verbindung mit dem präfrontalen Kortex (Miller & Cohen, 2001). Die Strukturen funktionieren in einem komplexen Zusammenspiel, wodurch es erschwert wird, die Beteiligung einzelner Strukturen nachzuweisen. So handelt es sich meist nicht um singuläre Strukturen, sondern um ineinandergreifende Netzwerke (Price & Friston, 2005). Demgegenüber sind einige Prozesse wiederum auf ganz bestimmte Strukturen zurückzuführen.

2.2.1. Beteiligte Hirnareale eines neuronalen Netzwerks

In der Forschung im Bereich der kognitiven Kontrolle wurde lange Zeit der Aspekt der Emotion unbeachtet gelassen. Mittlerweile gibt es zunehmend Hinweise, dass Hirnsysteme, die an Prozessen der kognitiven Kontrolle beteiligt sind, stark mit emotions- und motivationsverarbeitenden Systemen verbunden sind (Banich et al., 2009; Chiew & Braver, 2011; Mars et al., 2011; Pessoa, 2009; Ray & Zald, 2012). Beide Systeme bilden mit ihren verschiedenen Komponenten Teile eines Netzwerkes. Chen et al. (2018) haben in einer umfassenden Meta-Analyse eine Übersicht dieses Netzwerkes entwickelt, welches bereichsübergreifend Emotions- und kognitive Interferenzverarbeitung miteinander kombiniert.

In der Auswertung zeigte sich, dass kognitive Interferenzkontrolle einen neuronalen Schaltkreis beinhaltet, der den lateralen präfrontalen Kortex, die anteriore Insel, den dorsalen anterioren cingulären Kortex (dACC) und den parietalen Kortex umfasst (Cieslik et al., 2015; Derrfuss et al., 2005; Laird et al., 2005; Nee et al., 2007; Cole & Schneider, 2007). Zugleich involviert emotionale Inter-

ferenz einen Teil des Netzwerks der kognitiven Kontrolle, bestehend aus dACC und lateralem präfrontalen Kortex, welche wie beschrieben auch in nicht-emotionaler Verarbeitung aktiv sind (Chechko et al., 2009, 2012, 2013; Krug & Carter, 2010, 2012; Ochsner et al., 2009; Torres-Quesada et al., 2014; Frühholz et al., 2009; Godinez et al., 2016; Rey et al., 2014; Kühn et al., 2010; Müller et al., 2011). Spezifisch für emotionale Verarbeitung wurden die Amygdala und der rostrale anteriore cinguläre Kortex identifiziert (Etkin et al., 2006). Somit zeigt sich eine Überlappung im System der kognitiven Kontrolle mit dem System von Emotionsverarbeitung, die den dACC, die anteriore Insel, den inferioren frontalen Gyrus und den superioren parietalen Lappen einschließt.

2.2.2. Die Konfliktüberwachungstheorie (*Conflict-Monitoring-Theorie*)

Neben Carter et al. (1998), die das Fundament der *Conflict-Monitoring-Theorie* legten, ist für das derzeitige Verständnis die Arbeit von Botvinick et al. (2001) „*conflict monitoring and cognitive control*“ eine oft zitierte Quelle. Zentrale Aussage dieser Arbeit ist die Existenz eines *Conflict-Monitoring-Systems*, das der Übersetzung von Konflikt in eine kompensatorische Anpassung von Kontrolle dient. Diese fungiert in Form einer Feedbackschleife, in der zunächst das aktuelle Level an Konflikt detektiert und evaluiert, diese Information an Kontrollzentren weitergegeben und schließlich die Stärke des Einflusses auf verarbeitende Prozesse angepasst werden. Als anatomische Grundlage der kognitiven Kontrolle identifizierten Botvinick et al. (2001) den ACC, dem bereits in anderen Bereichen der kognitiven Kontrolle eine zentrale Position zugeschrieben wurde (D'Esposito et al., 1995; LaBerge, 1990; Mesulam, 1981; Posner & DiGirolamo, 1998). Das Auftreten von Konflikt wurde dabei generell als Zeichen der Überschneidung von konkurrierenden Prozessierungspfaden beschrieben und so die Identifizierung von Handlungsfehlern auf Handlungskonflikte erweitert.

Zur Untersuchung dieser Konflikteffekte wurde eine Stroop-Aufgabe (Botvinick et al., 2001) verwendet. Dabei werden Probanden Farbwörter in unterschiedlicher Schriftfarbe präsentiert. Aufgabe eines Probanden ist es, die Schriftfarbe des Farbwortes zu benennen. In der kongruenten Bedingung stimmen Bedeutung des Farbwortes und Schriftfarbe überein, in der inkongruenten Bedingung sind Farbwort und Schriftfarbe unterschiedlich.

Im Experiment zeigten sich für inkongruente Stimuli im Vergleich zu kongruenten erhöhte Reaktionszeiten und Fehlerzahlen, was als Kongruenzeffekt bezeichnet wird. Dieser ist ein Zeichen des höheren Konfliktpotentials des inkongruenten Stimulus. Außerdem zeigte sich bei inkongruenten Stimuli eine ver-

stärkte Aktivierung im ACC (Bench et al., 1993; Carter et al., 1995; George et al., 1994).

Überdies wurde ersichtlich, dass die Größe des Kongruenzeffekts abhängig vom Anteil an kongruenten Stimuluspräsentationen ist. Ein geringer Anteil inkongruenter Stimuli führte zu einem größeren, ein hoher Anteil inkongruenter Stimuli zu einem kleineren Kongruenzeffekt. In Hinblick auf die *Conflict-Monitoring*-Theorie zeigt der sogenannte *Proportion-Congruency*-Effekt (PC) die Anpassung der Aufmerksamkeit an die sich ständig wiederholende Konfliktsituation.

Des Weiteren wird auf die Existenz des *Congruency-Sequence*-Effekts (CSE), auch *Conflict-Adaptation*-Effekt genannt, hingewiesen. Dieser besagt, dass der Kongruenzeffekt nach einer inkongruenten Stimuluspräsentation kleiner ist als nach einer kongruenten. Dies wurde als Beweis für die These gedeutet, dass die Aufmerksamkeit nach einem inkongruenten Stimulus angepasst und somit höher sei als nach einem kongruenten. Diese beiden Effekte wurden in den nachfolgenden Jahren mehrfach bestätigt (Botvinick et al., 1999; Botvinick et al., 2004; Carter et al., 1998; Kerns et al., 2004; MacDonald et al., 2000; Miller & Cohen, 2001; Ridderinkhof et al., 2004; van Veen & Carter, 2002).

Eine Reihe von weiteren Studien beschreibt die Einflussgrößen, welche die Funktionsweise der Feedbackschleife zur kompensatorischen Anpassung kognitiver Kontrollmechanismen in Konfliktsituationen modulieren können. Dignath et al. (2020) verfassten ein Review, in dem sie drei Annahmen prüften, welche im Kontext des *conflict monitoring* entwickelt wurden. Die erste, die Konflikt-Affekt-Verknüpfung, besagt, dass Konflikt negativen Affekt hervorruft (Braem et al., 2017; Damen et al., 2018; Fritz & Dreisbach, 2015; Fritz et al., 2015; Goller et al., 2017; Hajcak et al., 2004; Martiny-Huenger et al., 2014). Dieser Affekt wird laut der zweiten Annahme, der Affekt-Monitoring-Verknüpfung, von einem Performanzmonitor detektiert (Pfabigan et al., 2013; Wiswede et al., 2009; Wang et al., 2014) und führt im dritten Schritt, über die Affekt-Kontroll-Verknüpfung, zur Adaptation der Kontrolle (Hengstler et al., 2014; Schuch & Koch, 2015; van Steenbergen et al., 2010; van Steenbergen et al., 2015; Yang & Pourtois, 2018). Während die Konflikt-Affekt-Verknüpfung beinahe einheitlich von empirischen Arbeiten gestützt wird, ist besonders die Beweislage für die Affekt-Monitoring-Verknüpfung, aber auch die Affekt-Kontroll-Verknüpfung uneindeutig (Dignath et al., 2020).

Für diese Thesen und genauer für ihr Zusammenspiel spricht die Feststellung, dass induzierter positiver Affekt Kontrolladaptation vermindert (Wiswede et al., 2009). Entsprechend der Theorie schwächt der positive Affekt das negativ af-

fektive Signal ab, was in einer Verminderung kognitiver Kontrolle resultiert (Dignath et al., 2020).

Ferner wurde die Lokalisation der Prozesse konkretisiert. So wird weiterhin für die Detektion eine Assoziation mit dem dACC beschrieben, nun aber ebenfalls für den supplementären Motorkortex (Carter et al., 1998; Dehaene et al., 1994; Holroyd et al., 2004; Keil et al., 2010; Miltner et al., 2003; Ridderinkhof et al., 2004). Gleichsam zeigt Kontrolladaptation eine Verbindung zum lateralen präfrontalen Kortex (siehe Abschnitt 2.2.1.), wie bereits von Botvinick et al. (2001) beschrieben wurde. Jedoch gibt es Hinweise auf unterschiedliche Verarbeitung von Konflikt und Fehlern, die zuvor als eine spezielle Form des Konfliktes interpretiert wurden. Fehler führen neben der dACC-Aktivierung auch zu einer Aktivierung in der Amygdala und der anterioren Insel (Ullsperger et al., 2010) sowie dem orbitofrontalen Kortex (Buzzell et al., 2017).

2.2.3. Time-On-Task-Theorie und assoziiertes Lernen

Obwohl die *Conflict-Monitoring*-Theorie in den vergangenen Jahren durch zahlreiche Studien unterstützt worden ist, gibt es auch entgegengesetzte Stimmen und alternative Erklärungen der Ergebnisse.

Zum Beispiel wird angeführt, dass der dorsale mediofrontale Kortex (dmFC) inklusive dACC und supplementärer Motorkortex bei Entscheidungsprozessen aktiv ist (Ridderinkhof et al., 2004; Wager et al., 2004; Wager et al., 2009). Diese Aktivierung scheint aber nicht zwingend auf den Aspekt des Konfliktes einer Entscheidung zurückzuführen zu sein, da die Aktivierung teilweise unabhängig von Konflikt auftritt (Bush et al., 2002; Milham & Banich, 2005; Roelofs et al., 2006). Auch konnten Studien, in denen Probanden mit Läsionen der entsprechenden Bereiche untersucht wurden, nur minimale Veränderungen in der Performanz bezüglich Entscheidungen mit Konflikt nachweisen (di Pellegrino et al., 2007; Mansouri et al., 2007; Swick & Jovanovic, 2002; Turken & Swick, 1999). Grinband et al. (2011) analysierten die Daten zu *conflict monitoring* auf einen Zusammenhang zwischen der Dauer des Entscheidungsprozesses und dem Ausmaß des elektrophysischen Korrelats. Es wurde eine positive Korrelation ersichtlich, da eine längere sogenannte *time on task* – gemessen durch die Reaktionszeit – zu einer größeren hämodynamischen Antwort führte. Dabei war unerheblich, ob es sich um konfliktbehaftete Entscheidungen handelte oder nicht (Grinband et al., 2008). Die Aktivität in der dmFC könnte somit nicht das Level des Konflikts widerspiegeln, sondern das Level der Prozessierungszeit von nicht-spezifischen Reizen, Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis oder Pla-

nung der motorischen Antwort reflektieren, die bei allen Entscheidungen präsent sind (Grinband et al., 2011; Weissman & Carp, 2013).

Hinzukommend wird kritisiert, dass sich die *Conflict-Monitoring*-Theorie zum überwiegenden Teil auf den *Proportion-Congruency*-Effekt (PC) und den *Congruency-Sequence*-Effekt (CSE) stützen (Schmidt, 2019). Diese Effekte können auch durch simplere Lerneffekte erklärt werden, unabhängig von Aufmerksamkeit oder Konflikt (Abrahamse et al., 2016; Algom & Chajut, 2019; Egner, 2014; Schmidt, 2013a, 2013b, 2019). Zu diesen Lerneffekten, die eine entscheidende Beteiligung des Arbeitsgedächtnisses an den Phänomenen der PC und CSE postulieren, gehören *contingency learning*, *feature integration* (auch *feature binding* genannt) und *temporal learning*.

2.3 Vorgehen der Arbeit und zentrale Fragestellung

In dieser Arbeit werden die beiden Hypothesen der Konfliktüberwachung und der Verkörperung von Emotion kombiniert, um der Fragestellung nachzugehen, ob es einen Einfluss von emotionaler Verkörperung auf die neuronale Verarbeitung von Konflikt und Fehlern gibt.

Dazu werden zwei Studien durchgeführt, bei denen die Manipulation des Affektes durch einen Stab im Mund stattfindet und eine Manipulation der kognitiven Kontrolle durch das Flanker-Paradigma durchgeführt wird. In einer Studie werden mittels fMRT die Hirnareale betrachtet, die in der Literatur als beteiligte Areale im neuronalen Netzwerk der kognitiven Kontrolle beschrieben sind (Botvinick et al., 2001; Chen et al., 2018). Im Vergleich zur Längsbedingung wird in der Querbedingung für die *Region-Of-Interest*-Analyse der kognitiven Kontrolle eine Verminderung der neuronalen Aktivierung erwartet, da unter der Bedingung des positiven Affektes eine Veränderung der Hirnaktivität im Sinne einer Verminderung der Kontrollanpassung angenommen wird (Dignath et al., 2020). In einer zweiten Studie, die als Verhaltensstudie ohne funktionelle Bildgebung konzipiert ist, wird mithilfe eines Fragebogens untersucht, ob eine subjektive Verbesserung des Affektes durch die Querkondition des Stabs erreicht werden kann. Darüber hinaus werden in beiden Studien die zugehörigen Verhaltensdaten der Fehlerraten und Reaktionszeiten ausgewertet, um einen Einfluss der möglichen verminderten Kontrollanpassung auf die Performanz zu identifizieren. In der Querbedingung sind mehr Fehler und längere Reaktionszeiten zu erwarten als in der Längsbedingung, da davon auszugehen ist, dass bei geringerer neuronalen Aktivität eine verminderte Kontrollanpassung mit schlechterer Performanz in Form von höheren Fehlerraten und längerer Reaktionszeit vorliegt (van Steenbergen et al., 2010; Wiswede et al., 2009).

3. Material und Methoden

3.1. Allgemeine Methodik

3.1.1. Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie

3.1.1.1. Prinzip und Technik

Das Prinzip der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) liegt in der Nutzung der kernmagnetischen Resonanz der Atome, in denen durch den Einsatz von Magnetfeldern und Hochfrequenzimpulsen ein magnetisches Moment erzeugt wird. Je nach genutzter Sequenz können damit unterschiedliche Kontraste erzeugt und Gewebe dargestellt werden. In der funktionellen Untersuchung werden zur Darstellung von Hirnaktivität T2*-gewichtete Bilder mithilfe des BOLD-Signals (*blood oxygenation level-dependent*, siehe Abschnitt 3.1.1.2) aufgezeichnet. Die zusätzlich erhobenen T1-gewichteten Bilder dienen der anatomischen Lokalisation von Strukturen und werden zur Transformation der funktionellen Bilder in den standardisierten MNI-Raum (Montreal Neurological Institut) genutzt (siehe Abschnitt 3.2.5.1).

3.1.1.2. BOLD-Effekt

Es wurden verschiedene MR-Kontrastmechanismen entwickelt, wie beispielsweise die BOLD-Magnetresonanztomographie. Aktuell findet überwiegend die von Seija Ogawa beschriebene Technik des BOLD-Kontrasts Anwendung (Ogawa et al., 1990).

Diese Methode nutzt die paramagnetischen Eigenschaften des Desoxyhämoglobins, durch welche es im Gegensatz zu oxygeniertem Hämoglobin eine höhere magnetische Suszeptibilität besitzt. Die Messung der Konzentrationsänderung basiert auf der Änderung dieser Suszeptibilität, die zu einer Änderung der T2-Relaxationszeit und somit des MR-Signals führt (Blockley et al., 2013). Dadurch können indirekte Rückschlüsse auf die neuronale Aktivität gezogen werden. Bei Aktivität in einem Gehirnareal wird der regionale zerebrale Blutfluss (rCBF) erhöht und übersteigt den Sauerstoffbedarf des Gewebes (Fox & Raichle, 1986; Huettel et al., 2014). So entsteht ein Nettodefizit des Desoxyhämoglobins, welches gemessen wird.

3.1.1.3. Hämodynamische Antwort

Der höhere Sauerstoffbedarf des Gewebes führt zu einer hämodynamischen Antwort (Logothetis, 2002), die stets nach einem ähnlichen Schema abläuft.

Zunächst wird in den ersten Sekunden ein kurzer Anstieg des desoxygenierten Hämoglobins beobachtet (*initial dip*, 1–2 Sekunden). Dieser entsteht durch den erhöhten Sauerstoffbedarf, der noch nicht durch einen erhöhten Blutfluss kompensiert wird. Durch die neurovaskuläre Kopplung kommt es nach 2–3 Sekunden durch Erweiterung der Gefäße zum Anstieg des rCBF und somit zum Anstieg des oxygenierten Hämoglobins beziehungsweise Abfall des regionalen desoxygenierten Hämoglobins, der im aktivierten Areal nach etwa 5 Sekunden seinen Höhepunkt erreicht. Je nach Länge des Stimulus beziehungsweise der Aktivität des Areals entsteht ein Plateau. Nach Beendigung der Aktivität sinkt das Signal wieder durch den verminderten Blutfluss. Zum Teil entsteht ein sogenannter *undershoot*, indem das MR-Signal unter die Baseline fällt. Dieser ist durch den reduzierten Blutfluss, aber das noch erhöhte Blutvolumen zu erklären, da sich der Fluss schneller reduziert als das Volumen (Huettel et al., 2014).

Das BOLD-Signal korreliert mit der neuronalen Aktivität (Logothetis et al., 1999), ist aber relativ träge. Es wird durch das Magnetfeld, die Echo- und Repe-titionszeit, das Blutvolumen und auch die Sauerstoffsättigung des Blutes beeinflusst. Somit ist durch die Latenz der rCBF-Steigerung die zeitliche Auflösung im Vergleich zu elektrophysiologischen Antworten geringer. Damit kommt es zu einer hohen räumlichen Auflösung bei einer eher geringen zeitlichen Auflösung (Ogawa et al., 1990; Logothetis, 2002; Blockley et al., 2013).

3.1.2. Ereigniskorreliertes Design

Zur Erstellung funktioneller Bilder werden Aufnahmen in Ruhe und bei Aktivierung benötigt, die gegeneinander kontrastiert werden (Petersen et al., 1988).

In der vorliegenden Studie wird dazu ein ereigniskorreliertes Design gewählt, in dem singuläre Stimuli in zwischen ein bis fünf Sekunden variierenden Intervallen dargeboten werden. Dies erlaubt die BOLD-Antworten unmittelbar aufeinanderfolgender Ereignisse voneinander unterscheiden zu können und so deren jeweilige Form zu analysieren. Durch eine Randomisierung der Stimuluspräsentationen können antizipatorische Einflüsse auf die Stimulusantwort oder systematische Fehler in der Stimulusabfolge kontrolliert werden (Johnson et al., 1997). Des Weiteren kann die Performanz der Probanden, also ob auf einen Stimulus mit der korrekten Antwort reagiert wird, analysiert und beurteilt werden. Dies bedeutet, dass gezielt Aktivierungsmuster von fehlerhaften Stimuluspräsentationen korrekt durchgeführten Stimuluspräsentationen gegenübergestellt werden können.

3.2. Spezielle Methodik

3.2.1. Stichprobe und Probandenkollektiv

Es nahmen an der fMRT-Studie 15 rechtshändige Frauen im Alter von 20 bis 31 Jahren (mittleres Alter 23,7 Jahre) teil, die alle zum Zeitpunkt der Studie Studierende der Universität Magdeburg oder der Fachhochschule Magdeburg-Stendal waren. Da keine Probandin aufgrund von fehlerhafter Ausführung von Anweisungen oder Ähnlichem ausgeschlossen werden musste, wurden alle Probandinnen in die Analyse eingeschlossen. Vor dem Beginn der Untersuchung wurden alle Probandinnen über den experimentellen Ablauf aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Zum Zeitpunkt des Experiments waren alle Teilnehmerinnen naiv bezüglich des Untersuchungsgegenstandes und wurden erst im Nachhinein über die Ziele der Studie informiert. Jede Probandin erhielt eine Aufwandsentschädigung. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Universität Magdeburg geprüft und genehmigt (Aktenzeichen 111/07).

Die Anzahl der erhobenen Probanden entscheidet mit darüber, ob und welche Effekte in einer Studie beobachtet werden können. Die Angaben über die optimale Anzahl von Probanden variieren, Friston (2012) plädiert für eine Fallzahl von 16 Probanden, Thirion et al. (2007) erachten mindestens 27 Probanden für notwendig. Allgemein lässt sich der Trend erkennen, dass zunehmend größere Fallzahlen für Studien mit funktioneller Magnetresonanztomographie berücksichtigt werden (Szucs & Ioannidis, 2020). Allerdings beziehen sich diese Empfehlungen auf voxelbasierte Analysen. In der vorliegenden Arbeit basieren die Hypothesen auf der Analyse von *regions of interest* (ROI), entsprechend berücksichtigt die hier vorgestellte Fallzahlanalyse nicht die Besonderheiten der voxelbasierten Analyse, wie beispielsweise räumliche Glättung oder Anzahl der eingehenden Voxel pro Proband.

Das Problem einer Poweranalyse in einem vollfaktoriellen Messwiederholungsdesign ist die Bestimmung der Fehlervarianz, zum Beispiel für die Berechnung von Cohen's f (Cadwell et al., 2022). Der Argumentation Potvin und Schutz (2000) folgend sind für die Schwierigkeit der Schätzung der Teststärke die potentiell unterschiedlichen Korrelationen der Faktorstufen innerhalb eines Faktors verantwortlich. So zeigen die Autoren in einer Simulationsanalyse für ein 3x6 Design eine *power* von 0.87 bei einer mittleren Effektstärke von 0.5, wenn die Faktorenstufen innerhalb eines Faktors unterschiedlich stark miteinander ($\rho=0.4$ beziehungsweise 0.8) korrelieren.

Für eine Näherung der Fallzahlschätzung wurden daher die Faktoren Stabposition (zwei Faktorstufen) und Kongruenz (drei Faktorstufen) in einen Faktor mit sechs Faktorstufen transformiert. Eine mittlere Effektstärke von $f=0.25$, eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ und eine $power=0.8$ annehmend ergibt sich eine notwendige Stichprobengröße von 19 Probanden. Bei einer Effektstärke von $f=0.28$ ergibt sich bei gleichen Parametern eine notwendige Gruppengröße von 15 Probanden. Die Analysen wurden mit dem Programm G*Power 3 (Faul et al., 2007) durchgeführt.

In der Originalarbeit von Strack et al. (1988) werden für den Effekt auf die Bewertung der präsentierten Cartoons kleine Effektstärken (Cohen's $d=0.21$) berichtet. In der Arbeit von Wiswede et al. (2009) wird auf Verhaltensebene ein Einfluss der Stabposition auf die Fehlerrate eine mittlere bis große Effektstärke (Cohen's $f = 0.47$) berichtet. Für die mit der Fehlerverarbeitung assoziierte Amplitude der *error related negativity* im Elektroenzephalogramm berichten die Autoren einen Einfluss durch die Stabmanipulation mit einer großen Effektstärke (Cohen's $f = 0.49$). Die Effektstärken wurden mit *R 4.1.2* und dem Paket *effect-size 0.8.3* berechnet (Ben Sachar et al., 2020). Entsprechend kann mit den vorliegenden Stichproben von 15 und 20 Probanden erwartet werden, durch die Veränderung der Stabposition hervorgerufene Effekte entdecken zu können, wenn diese eine mittlere Effektstärke annehmen.

3.2.2. Studiendesign

3.2.2.1. Flanker-Paradigma

Zur Induktion von Handlungskonflikten wurde in dem Experiment die Eriksen-Flanker-Aufgabe (Eriksen & Eriksen, 1974) genutzt. Diese Aufgabe wird zur Darstellung von kognitiven Verarbeitungs- und Kontrollprozessen sowie Interferenz und Antwortinhibition verwendet (Eriksen, 1995). Dafür werden schnell hintereinander sogenannte Flankerreize (auch -stimuli genannt) gezeigt, die aus einem zentralen Zielreiz und flankierenden Distraktorreizen bestehen und auf die mit einer bestimmten Antwort reagiert werden soll. Dabei wird zwischen kongruenten und inkongruenten Stimuli unterschieden. Bei kongruenten Reizen sind Zielreiz und Distraktorreiz identisch, bei inkongruenten nicht.

Die Stimuli des Paradigmas, das in dieser Studie Anwendung fand, bestand aus schwarzen Großbuchstaben der Schriftart *Courier new* auf grauem Hintergrund (128, 128, 128 im RGB Farbraum). Bei den Buchstaben handelte es sich um K, L, N und P. Die Buchstaben waren wie ein Kreuz angeordnet mit einem zentralen Buchstaben als Zielreiz, der von oben, unten, links und rechts von je einem weiteren Buchstaben, den Distraktorreizen, flankiert war (Abbildung 2 A). Die

Probanden wurden gebeten, so schnell und korrekt wie möglich auf den zentralen Buchstaben zu reagieren. Dabei sollte auf die Buchstaben K und L mit der Betätigung eines Antwortknopfs in der linken Hand, auf die Buchstaben N und P mit der Betätigung eines Antwortknopfs in der rechten Hand geantwortet werden beziehungsweise bei der Hälfte der Probanden anders herum.

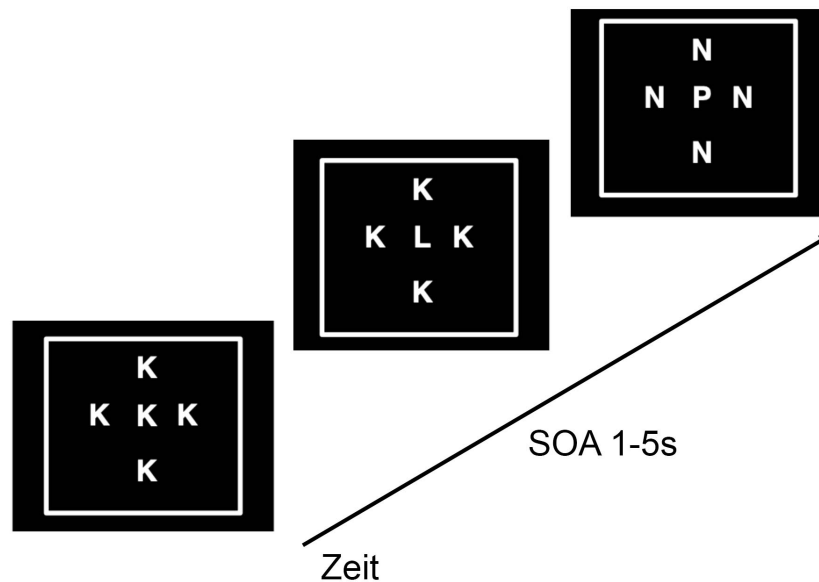


Abbildung 2 (A)

Beispielhafte schematische Darstellung des verwendeten Flanker-Paradigmas

SOA : *stimulus onset asynchrony*

Während in der klassischen Eriksen-Flanker Aufgabe ein Zielstimulus einer motorischen Antwort zugeordnet wird, wurden in dem hier verwendeten Paradigma zwei Stimuli einer Antwort zugeordnet. So konnte neben stimulus-kongruenten (SC) zwischen stimulus-inkongruenten (SIC) und antwort-inkongruenten (*response*-incongruent, RIC) Stimuli unterschieden werden. Waren Zielreiz und Distraktoren identisch, handelte es sich um eine stimulus-kongruente Bedingung. Waren die Buchstaben von Zielreiz und Distraktoren unterschiedlich, aber hatten die gleiche Stimulus-Antwort-Verknüpfung, handelte es sich um eine stimulus-inkongruente Bedingung. Unterschieden sich sowohl die Stimuli von Zielreiz und Distraktoren als auch die dazugehörigen Stimulus-Antwort-Verknüpfung, handelte es sich um eine *response*-inkongruente Bedingung (Abbildung 2B).

Das Experiment bestand aus acht Blöcken mit jeweils 183 Stimuluspräsentationen. Die Stimulusdauer betrug 100 Millisekunden, Stimulus und flankierende Distraktoren wurden gleichzeitig und alle drei Konditionen zu ausgeglichen Anteilen präsentiert. Die Reize wurden pseudorandomisiert in zwischen ein und

fünf Sekunden variierenden Abständen dargeboten, somit war die *stimulus onset asynchrony* (SOA) variabel. Die Zuordnung der Stimulus-Antwort-Assoziation zu rechtem und linkem Zeigefinger erfolgte balanciert über die Untersuchungsteilnehmerinnen.

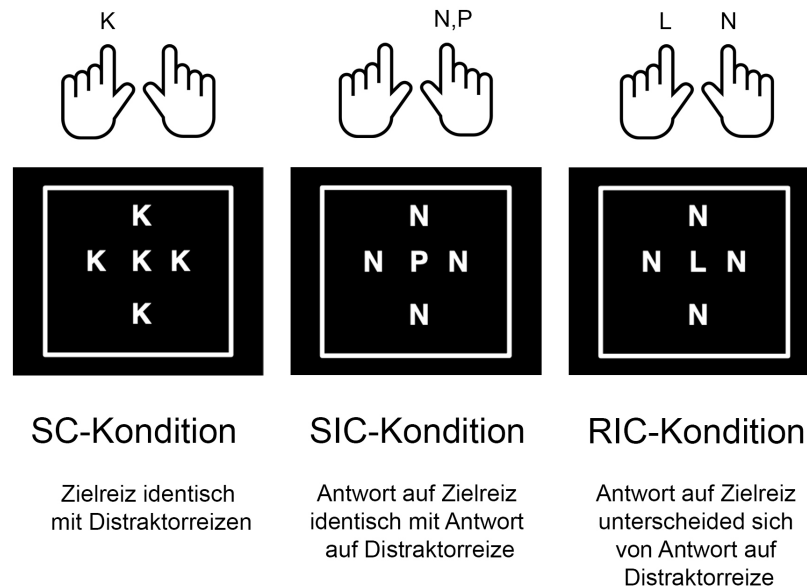


Abbildung 2 (B)

Beispielhafte schematische Darstellung der verschiedenen Konditionen im Flanker-Paradigma stimulus-kongruent (SC), stimulus-inkongruent (SIC) und *response*-inkongruent (RIC)

3.2.2.2. Versuchsablauf

Die Probandinnen kamen zur Testung in das Zentrum für Neurowissenschaftliche Innovation und Technologie (ZENIT) der Universität Magdeburg und wurden über die Risiken aufgeklärt. Danach wurde ihnen das Flanker-Paradigma demonstriert und dieses geübt. Im Anschluss wurde ihnen eine Coverstory beschrieben, da die Probandinnen nicht über den Zweck des Stabes aufgeklärt werden sollten. Daher wurde in der Instruktion erklärt, dass die Studie ähnlich zu früher verwendeten Beißblöcken zur Minimierung von Kopfbewegungen (Jäncke, 2005) eine Untersuchung zur Verbesserung der Messqualität bei funktionellen MRT-Studien sei. Dazu wurde darauf verwiesen, dass durch das Halten mit den Zähnen oder der Oberlippe bestimmte Wangen- und Mundmuskulatur verwendet wird, welche die Vermeidung von Muskelartefakten erzielt. Dann wurde den Probandinnen die Stabpositionen erklärt und diese geübt. Für die Querkondition sollte der Stab mit den Zähnen gehalten werden, für die Längskondition vertikal mit Ober- und Unterlippe (Abbildung 2 C).

Daraufhin wurden die Probandinnen gebeten sich auf dem Scannertisch des MRTs zu legen, dort vorbereitet und mit Ohrstöpseln und Kopfhörern ausgestattet, um die durch den Messvorgang bedingte Lärmbelastung zu dämpfen. Im Anschluss wurde ihnen der Stab im Mund platziert. Die Position des Stabes zu Beginn der Untersuchung wurde über die Probanden hinweg balanciert. Sie wurden in das MRT hineingefahren und zunächst zur Feststellung der Kopfposition eine Scoutmessung durchgeführt. Es folgte eine T1-Messung und anschließend Block eins bis vier der Untersuchung. Jeder Block bestand aus 183 Stimuluspräsentationen. Nach dem vierten Block wurden die Probandinnen aus dem Scanner gefahren und die Stabposition vom Untersuchungsleiter gewechselt. Dann wurden die Probandinnen wieder in das MRT hineingefahren, eine erneute Scoutmessung durchgeführt und Messung Fünf bis Acht der Untersuchung absolviert.



Abbildung 2 (C)

Veranschaulichung der Stabpositionen

Links: Querposition des Stabes durch Halten mit den Zähnen

Rechts: Längsposition des Stabes durch Halten mit Ober- und Unterlippe

Nach Absolvierung aller Stimuluspräsentationen wurde zur Prüfung der Coverstory ein Fragebogen ausgefüllt, in dem unter anderem dazu aufgefordert wurde, in eigenen Worten den Zweck der Untersuchung wiederzugeben. Anschließend wurden die Probandinnen über den tatsächlichen Forschungsinhalt aufgeklärt.

3.2.3. fMRT-Bildakquisition

Die anatomischen und funktionellen Bilder wurden am Zentrum für Neurowissenschaftliche Innovation und Technologie (ZENIT) der Universität Magdeburg an einem SIGNA LX 1,5-Tesla Ganzkörper-Magnetresonanztomographen der Firma *General Electric* mit einer 8-Kanal-Kopfspule aufgenommen. Für jede Probandin wurde eine fMRT-Messung mit je 162 funktionellen, T2*-gewichteten Aufnahmen mit echoplanarer Bildgebung (EPI-Sequenz) aufgenommen. Die Repetitionszeit (TR) war 2 Sekunden, die Echozeit betrug 35 ms bei einem

Flipwinkel (FA) von 80° und einem 200 x 200 mm großen Bildfeld (FOV). Pro Sequenz wurden 23 Schichten mit einer 64 x 64 Matrix und einer Schichtdicke von 5 mm mit einem Schichtabstand von 1 mm aufgenommen. Um in einem gleichmäßig stabilen Zustand der Gradienten zu messen, wurden die ersten drei Bilder eines Blocks verworfen (Soares et al., 2016).

Darüber hinaus wurden zu Beginn der Messung von jeder Probandin T1-gewichtete strukturelle Bilder erstellt, um in der Datenverarbeitung eine Grundlage für die Normalisierung zu erhalten (T1 mit TR: 8,8 ms; TE: 1,8 ms; FOV: 230 x 230 mm; 60 Schichten; Matrix 256 x 192; Schichtdicke: 2,8 mm; Schichtabstand: 1 mm; Voxelgröße: 0,9 x 1,2 x 2,8 mm).

Mit einem im Scannerraum installierten LCD-Projektor (Sharp, XG-SV1E, 60 Hz) wurden die Stimuli auf einer am Spulenrand befestigten Mattscheibe mit einem Sehwinkel von 10° dargeboten. Die Präsentation der Stimuli erfolgte mit der Software *Presentation* (Neurobehavioral Systems Inc., <http://www.neurobs.com/>).

3.2.4. Auswertung der Verhaltensdaten

In die Analyse der Verhaltensdaten wurden alle 15 Versuchspersonen der Studie integriert. Als abhängige Variablen wurden die Reaktionszeiten und Fehleraten des Eriksen-Flanker-Paradigmas analysiert, die während der fMRT-Messung aufgezeichnet wurden. Die Auswertung erfolgte mithilfe des Statistikprogramms JASP 0.13.1 ©.

Die Fehlerratenanalyse erfolgte für jede Probandin und jede Bedingung separat. Um den prozentualen Anteil zu berechnen, wurde die Anzahl der Fehler in der jeweiligen Bedingung durch die gesamte Anzahl dieser Bedingung im gesamten Versuch geteilt und mit 100 multipliziert. Insgesamt gab es sechs verschiedene Bedingungen: SC, SIC und RIC für beide Stabpositionen längs und quer. Bezüglich der Ermittlung der Reaktionszeiten wurden nur die Zeiten der korrekt durchgeführten Stimuluspräsentationen in die Analyse eingeschlossen. Diese wurden für jede Probandin und einzelne Bedingung gemittelt. Der Ausschluss der fehlerhaften Stimuluspräsentationen ist durch den Effekt des *post-error slowings* (Botvinick et al., 2001) begründet. *Post-error slowing* beschreibt den Verhaltenseffekt, wenn nach erkannten Handlungsfehlern die Reaktionsgeschwindigkeit abnimmt (Botvinick et al., 2001; Gehring & Fencsik, 2001; Jones et al., 2002).

Als Inferenzstatistik wurde eine dreifaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung auf allen Faktoren genutzt. Die drei Faktoren waren die „Stabposition“ (zwei Faktorstufen: längs, quer), die „Kongruenz des Stimulus“ (drei Faktorstufen: SC, SIC, RIC) und die „Performanz“ (zwei Faktor-

stufen: richtig, falsch). Für den Faktor der Kongruenz wurde der Mauchly-Test durchgeführt, um eine Verletzung der Sphärizität auszuschließen. War die Sphärizitätsannahme verletzt, wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Andernfalls wurden die unkorrigierten Freiheitsgrade und korrigierten p-Werte verwendet.

Für den Haupteffekt der Kongruenz wurden jeweils Post-Hoc-Tests (Holm korrigiert) erhoben, um die Unterscheidung der Bedingungen zu präzisieren. Sowohl bei den ANOVAs als auch für die Post-Hoc-Tests wurde als Schwelle der Signifikanz $p < 0,05$ definiert.

Zur Berechnung des Kongruenzeffekts wurden wie zuvor die fehlerhaften Stimuluspräsentationen ausgeschlossen und es wurde eine zweifaktorielle ANOVA mit den Messwiederholungsfaktoren Kongruenz und Stabposition durchgeführt.

Des Weiteren wurden die Daten zur Analyse auf den sequentiellen Kongruenzeffekt, auf identische Wiederholung der Stimuli und auf Fehler bereinigt. Dies dient der Eliminierung eines möglichen Vorteils durch identische Stimulus-Response-Wiederholungen (Bertelson, 1963; Hommel & Colzato, 2004; Pashler & Baylis, 1991). Dazu wurde der Faktor der Kongruenz in Kongruenz des vorangegangenen Stimulus (Bedingungen SC, SIC, RIC) und des aktuellen Stimulus (Bedingungen SC, SIC, RIC) aufgeteilt. Außerdem wurde der Faktor der Stabposition (längs, quer) betrachtet.

3.2.5. Auswertung der fMRT-Daten

Die Datenauswertung wurde mit der Vorverarbeitung der Bilder begonnen, inklusive einer Koregistrierung und einer Normalisierung. Anschließend wurde die Auswertung der BOLD-Antworten zunächst auf Einzelpersonenebene vorgenommen, in dem diese mithilfe eines allgemeinen linearen Modells analysiert wurden. Daraufaufgehend wurden die einzelnen Ergebnisse auf Gruppenebene zusammengefasst.

In das allgemeine lineare Modell wurden alle Faktoren, die einen Einfluss auf die Signalstärke haben können, als Regressoren berücksichtigt. Auch die hämodynamische Antwortfunktion wurde mit dem Ziel integriert, ein möglichst genaues Abbild der erwarteten Hirnaktivität im Verlauf des Experiments –entsprechend der Signalstärke in den Voxeln – zu generieren. Daraufhin wurde geprüft, welche Voxel einen Signalverlauf zeigen, der dem errechneten Modell entspricht. Dies ermöglichte die Zuordnung der abgelaufenen Reaktion zu dem beteiligten Areal oder auch neuronalen Netzwerk.

Die Vorverarbeitung der Bilder und die statistische *First-* und *Second-Level-*Analysen wurden mit dem Programm SPM12 (v7771, Statistical Parametric

Mapping, Wellcome Centre for Human Neuroimaging, Institute of Neurology, University College London, UK, <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>) durchgeführt, welches in der Matlab Version 9.8 (MathWorks, Natick, Massachusetts, USA; <https://de.mathworks.com/products/matlab.html>) lief.

3.2.5.1. Datenvorverarbeitung

Sowohl systemische und physiologische Faktoren als auch Bewegungen der Probandinnen können zu Störsignalen und somit einem verschlechterten Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) führen. Bei einem schlechten SNR können Störsignale als Artefakte in der Messung als aufgabenbezogene Aktivierungsveränderung fehlinterpretiert werden. Apparative Faktoren, die das SNR beeinflussen, sind zum Beispiel Änderungen der Homogenität des Magnetfeldes und somit Änderungen der Messcharakteristik über die Zeit, der sogenannte *scanner drift*. Typische Fehlerquellen, die in der Vorverarbeitung detektiert und korrigiert werden, sind Bewegungsartefakte. Solche können Aktivierungen vortäuschen, die später von gesuchten Effekten nicht unterschieden werden können. Daher wurde eine Bewegungskorrektur durchgeführt, die sowohl rotatorische als auch translationale Bewegungen beinhaltet. Dazu wird das erste Bild der EPI-Messreihe als Referenzbild verwendet und alle folgenden Bilder werden daran ausgerichtet und zur Deckung gebracht.

Die Schichten wurden als *interleaved slice acquisition* aufgenommen – zuerst alle ungeraden, dann alle geraden Schichten, um eine überlappende Anregung unmittelbar benachbarter Schichten zu verhindern (*cross-slice excitation*). Um die so entstehenden zeitlichen Unterschiede der Schichtaquisition auszugleichen, wurde eine zeitliche Interpolation (*temporal interpolation*) verwendet. Dies bedeutet eine Schätzung des MR-Signals auf der Basis von nahegelegenen Zeitpunkten. Referenz der Interpolation war der Zeitpunkt der ersten Schicht.

Die bewegungskorrigierten, funktionellen Daten wurden dann mit den anatomischen T1-Bildern koregistriert und in einen gemeinsamen stereotaktischen Raum gebracht. Unter visueller Kontrolle konnten kleinere Fehler der Überlagerung korrigiert werden. Um eine studieninterne Nutzbarkeit der Daten und zeitgleich eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu gewährleisten, wurden die anatomischen T1-Bilder aller Probandinnen auf Vorlage des Montreal Neurological Institute (MNI-Standardgehirn) räumlich normalisiert. Dafür wurde der SPM-Segmentierungs-Algorithmus angewandt. Dieser schätzt die Parameter für die nicht-lineare, räumliche Normalisierungstransformation (Größenskalierung und Scherung), welche auch auf die funktionellen Bilder angewandt wurden. Um Helligkeitsunterschiede der T1-gewichteten Bilder zu korrigieren, wurden während dieser Segmentierung Schablonen (*templates*) verwendet, die die

verschiedenen Signalintensitäten der Bilder Voxel für Voxel abtasten und gegebenenfalls angleichen.

Im nachfolgenden Schritt wurden die zuvor für die anatomischen Bilder geschätzten Parameter der nicht-linearen Normalisierung verwendet. Die normalisierte Version der funktionellen Bilder wurde mit 3 mm Isovoxeln neu geschrieben und abschließend räumlich geglättet. Dies dient der Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses und der Verringerung der interindividuellen Variabilität zwischen den Probandinnen. Hierfür wurde eine Gauß'sche Filtermaske mit einer Halbwertsbreite von 8 mm (*full width at half maximum*, FWHM) genutzt.

3.2.5.2. Einzelpersonenanalyse (*First-Level-Analyse*)

Durch allgemeine lineare Modelle kann für alle Messungen eine gemeinsame Matrix beschrieben werden, die den Zusammenhang zwischen Scans (abhängigen Variablen) und Stimulationen (unabhängigen Variablen) sowie Störgrößen (z.B. Rauschen) in seiner Gesamtheit als Design Matrix modelliert. Für diese Studie wurden zwei verschiedene allgemeine lineare Modelle erstellt – eins für die Kongruenz und eins für die Performanz.

Das Modell der Kongruenz beinhaltet sechs Regressoren. Jeder dieser Regressoren wird durch die Integralfunktion aus der kanonischen hämodynamischen Antwortfunktion und der Funktion der Stimulationereignisse (sogenannte *stimulus function*) für die Konditionen RIC, SIC und SC des Stabes modelliert, jeweils für die Quer- und für die Längskondition. Beim Modell der Performanz gab es vier Regressoren. Diese wurden mit den Stimulationereignissen falsch und richtig und jeweils für die Quer- und die Längskondition des Stabes generiert. Neben den Regressoren zur Kodierung der experimentellen Variation gingen in die jeweiligen Modelle zusätzlich sechs Bewegungsregressoren mit ein. Unter anderem wurde ein Hochpass-Filter mit einem Standardwert von 128 Sekunden auf die Daten gelegt, um durch Atmung, Herzschlag oder langsame Magnetfeldveränderung induziertes Rauschen aus dem BOLD-Signal zu entfernen. Anschließend wurden mithilfe dieses Modells statistisch parametrische Karten geschätzt. Zur Darstellung der Ergebnisse werden die resultierenden statistischen Karten als Überlagerung auf einem Standardgehirn (MNI 152) optisch dargestellt.

Betrachtet wurden die Unterschiede in den Aktivierungen im Zusammenhang der Stabposition, der Kongruenz und der Performanz. Im Bereich der Kongruenz wurden die Faktoren der Stabposition und der Kongruenz selbst sowie deren Interaktion analysiert. Außerdem wurden Unterschiede der einzelnen Konditionen längs>quer und quer>längs für die Stabposition und der Kondition RIC > SC, RIC > SIC und SIC > SC ausgewertet. Im Hinblick auf die Performanz wur-

de ebenfalls die Stabposition mit den Konditionen längs und quer, die Performanz mit richtig (r) und falsch (f) und die Interaktion der beiden Faktoren berücksichtigt.

3.2.5.3. ROI-Analyse (*Second-Level-Analyse*)

Für die Untersuchung des Einflusses des Affektes beziehungsweise der emotionalen Verkörperlichung auf die kognitive Kontrolle wurde zunächst eine hypothesengetriebene *Region-of-Interest-Analyse* (ROI) durchgeführt. Entsprechend der Literatur zur kognitiven Kontrolle kann sich die Interaktion von kognitiver Kontrolle und Emotionsverarbeitung in der Aktivierung kortikaler Strukturen widerspiegeln. Chen et al. (2018) identifizierten in einer Serie von Metaanalysen zwei kortikale Netzwerke, die an kognitiver oder emotionaler Kontrolle beteiligt sind, und ein Netzwerk, das sowohl an kognitiver als auch emotionaler Kontrolle beteiligt ist. In den Metaanalysen wurden Paradigmen der Interferenzverarbeitung verwendet, wie die Stroop-, Flanker- und Simon-Paradigmen. In dieser Arbeit wurden zwei jener von Chen et al. (2018) entwickelten funktionellen Masken verwendet, die im Speziellen die Netzwerke kognitiver Kontrolle und die Kopplung kognitiver und emotionaler Kontrolle betrachten. Dabei beinhaltet die funktionelle Maske der Verbindung kognitiver und emotionaler Kontrolle den dACC, die anteriore Insel, den inferioren frontalen Gyrus und den superioren parietalen Lappen (Abbildung 3). Die verwendete Maske der kognitiven Kontrolle besteht aus dem präfrontalen Kortex, der anterioren Insel, dem dACC und dem parietalen Kortex (Abbildung 4). Für die statistische Testung der ROI-Effekte wurde die Toolbox marsbar (Brett et al., 2002) verwendet.

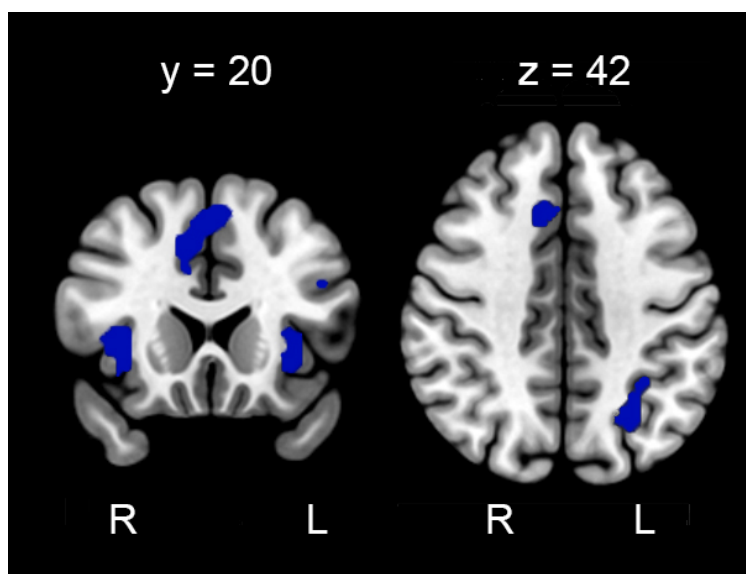


Abbildung 3

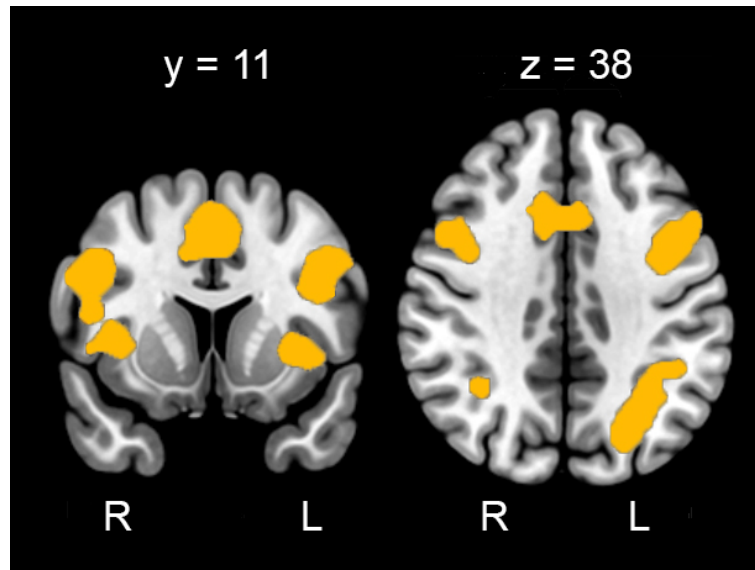
Darstellung der ROI nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle

L: linke Hemisphäre
R: rechte Hemisphäre

Abbildung 4

Darstellung der ROI
nach Chen et al. (2018)
der kognitiven Kontrolle

L: linke Hemisphäre
R: rechte Hemisphäre



Als nachrangige Analyse wurde an die ursprüngliche Auswertung der Daten eine voxelbasierte Analyse innerhalb der Masken nach Chen et al. (2018) angeschlossen. Dazu wurden in SPM12 mit dem *flexible factorial design* zwei vollfaktorielle Messwiederholungsanalysen mit den Messwiederholungsfaktoren Stabposition (längs, quer) und Kongruenz (Faktorstufen SC, SIC, RIC) beziehungsweise Stabposition (längs, quer) und Performanz (richtig, falsch) definiert. Die Größe der Masken betrug in der Maske der Verbindung kognitiver und emotionaler Kontrolle 149 Voxel und in der Maske der kognitiven Kontrolle 931 Voxel.

3.2.5.4. Voxelbasierte Ganzkopfanalyse (*Second-Level* Analyse)

Um potentielle Aktivierungen außerhalb der *regions of interest* aufdecken zu können, wurde zusätzlich eine voxelbasierte Ganzkopfanalyse durchgeführt. Diese wurde äquivalent zu der Auswertung der voxelbasierten Analyse innerhalb der ROI (siehe Abschnitt 3.2.5.3.) durchgeführt.

3.2.6. Verhaltensstudie

3.2.6.1. Begründung der Stichprobe und Probandenkollektiv

Für die anschließende Verhaltensstudie wurde eine Gruppe von 20 Probanden rekrutiert, um die Vergleichbarkeit mit der vorangegangenen Studie zu gewährleisten. Unter den Teilnehmern waren fünf Männer (mittleres Alter 26,2 Jahre) und 15 Frauen (mittleres Alter 22,5 Jahre) im Alter von 19 bis 31 Jahren. Es musste kein Proband aus der Datenanalyse ausgeschlossen werden. Äquivalent zur fMRT-Studie erhielten die Probanden eine Aufwandsentschädigung und wurden nach Beendigung der Untersuchung über die Ziele der Studie informiert. Es wurde das gleiche Studienprotokoll genutzt wie in der fMRT-Studie.

3.2.6.2. Versuchsablauf

Die Probanden füllten zu Beginn den Emotionsfragebogen EWL-60-S (Janke & Debus, 1978; 1996) aus. Der EWL-60-S dient zur Ermittlung und Darstellung des aktuellen Befindlichkeitszustands und erfolgt durch Selbstbeurteilung. Der originale Test besteht aus sechs Bereichen mit insgesamt 60 Items. Für diese Studie wurde der Fragebogen auf die vier Bereiche „Intra-/Extraversion“, „Generelles Wohlbehagen“, „Emotionale Gereiztheit“ und „Angst/Deprimiertheit“ reduziert (siehe Anhang). „Intra-/Extraversion“ und „Generelles Wohlbehagen“ bestanden aus zwei Unterkategorien mit acht Items, „Emotionale Gereiztheit“ und „Angst/Deprimiertheit“ aus drei Unterkategorien mit acht Items.

Anschließend absolvierten die Probanden vier Stimuluspräsentationen des Flanker-Paradigmas mit einer der beiden Stabpositionen (quer beziehungsweise längs), füllten den Fragebogen ein zweites Mal aus und absolvierten weitere vier Stimuluspräsentationen mit der jeweils anderen Stabposition. Abschließend wurde der Fragebogen ein drittes Mal ausgefüllt. Die Reihenfolge der Stabposition sowie die Festlegung der Zieltaste (links für KL und rechts für NP beziehungsweise links für NP und rechts für KL) wurde über die Probanden balanciert, sodass eine Gleichverteilung der Bedingungskombinationen (Reihenfolge der Stabposition sowie Stimulus-Antwort-Verknüpfung) über alle Probanden erzielt wurde. Im Unterschied zu der fMRT-Studie wurde die Aufgabe an einem Computer durchgeführt und die Probanden konnten den Stab selbst im Mund positionieren.

3.2.6.3. Auswertung der Verhaltensdaten

Die Auswertung der Verhaltensdaten wurden in der Verhaltensstudie äquivalent zu der Auswertung der fMRT-Studie durchgeführt. Alle 20 untersuchten Probanden wurden in die Auswertung eingeschlossen.

4. Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der Verhaltensdaten

4.1.1. Auswertung der Reaktionszeiten

Die ANOVAs der Reaktionszeiten zeigten signifikante Haupteffekte für die Faktoren Kongruenz ($F(2,28)=4.74$; $p=.017$) und Performanz ($F(1,14)=18.34$; $p<.001$). Für den Haupteffekt Stabposition ($F(1,14)=.06$; $p=.816$) ebenso wie für sämtliche Interaktionseffekte (Tabelle 1, siehe Anhang) konnte keine signifikante Auswirkung auf die Reaktionszeit gezeigt werden. Bei dem Post-Hoc-Test ergaben sich bei der Kongruenz signifikante Unterschiede zwischen der RIC- und SC-Bedingung ($p=.028$) sowie zwischen der SIC- und SC-Bedingung ($p=.035$), nicht aber bei Betrachtung von RIC- und SIC-Bedingung ($p=.794$).

Bei der Testung des Kongruenzeffekts ergab sich für die Kongruenz erneut ein signifikanter Effekt ($F(2,28)=28.70$; $p<.001$) (Abbildung 5), während der Haupteffekt der Stabposition nicht signifikant war ($F(1,14)=3.86$; $p=.07$).

Der anschließende Post-Hoc-Test für den Faktor der Kongruenz ergab signifikante Unterschiede zwischen allen drei Bedingungen (RIC > SIC $p<.001$; RIC > SC $p<.001$; SIC > SC $p=.015$).

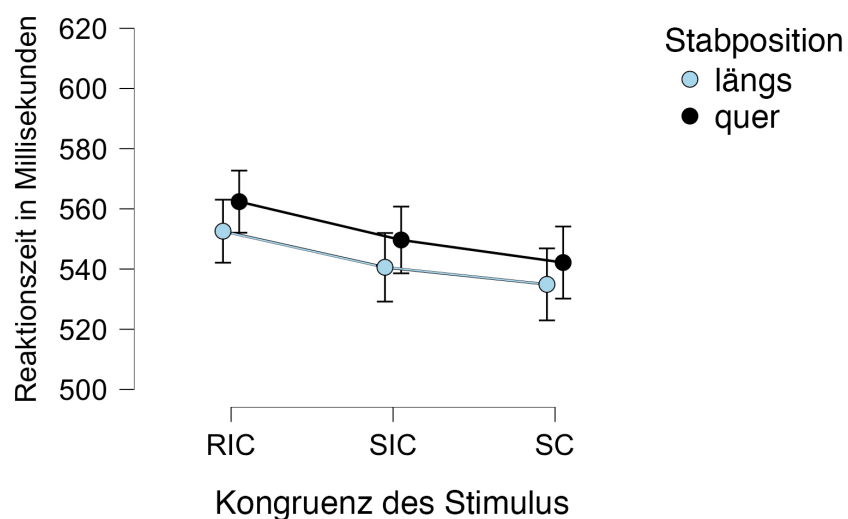


Abbildung 5

fMRT-Studie:

Kongruenzeffekt der durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden für die Konditionen *response*-inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC); mit 95%igem Konfidenzintervall

längs : Längskondition (hellblau), quer : Querkondition (schwarz)

Die Prüfung auf einen sequentiellen Kongruenzeffekt zeigte ein signifikantes Ergebnis für den Faktor aktueller Stimulus ($F(2,28)=17.31$; $p<.001$), für die Interaktion der Faktoren vorangegangener Stimulus und aktueller Stimulus ($F(4,56)=5.91$; $p<.001$) und für die Stabposition ($F(1,14)=4.69$; $p=.048$) (Abbildung 6). Der Post-Hoc-Test für den Faktor aktueller Stimulus zeigte signifikante Unterschiede zwischen allen drei Bedingungen (RIC > SIC $p<.001$; RIC > SC $p=.002$; SIC > SC $p=.048$).

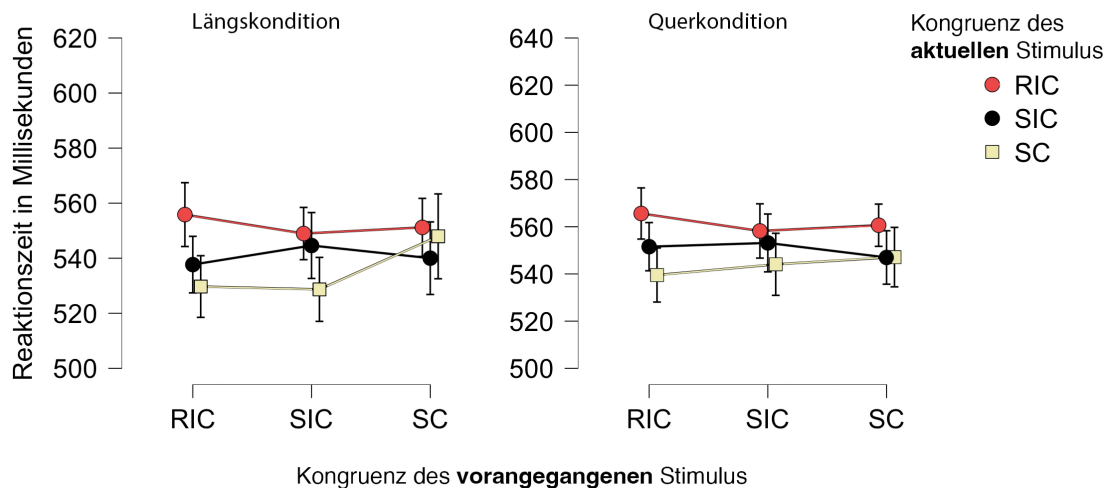


Abbildung 6

fMRT-Studie:

Sequentieller Kongruenzeffekt auf die durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden für die Konditionen *response*-inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC); mit 95%igem Konfidenzintervall

Links: **Längskondition**

Rechts: **Querkondition**

4.1.2. Auswertung der Fehlerraten

In der Analyse der Fehlerraten ergab sich für den Faktor der Kongruenz ein signifikanter Effekt ($F(1.09, 15.3)=20.25$; $p<.001$) (Abbildung 7). Im Post-Hoc-Test zeigten sich Unterschiede zwischen der RIC-Bedingung und jeweils der SIC- ($p<.001$) und der SC-Bedingung ($p<.001$), aber kein Unterschied zwischen der SIC- und SC-Bedingung ($p=.966$).

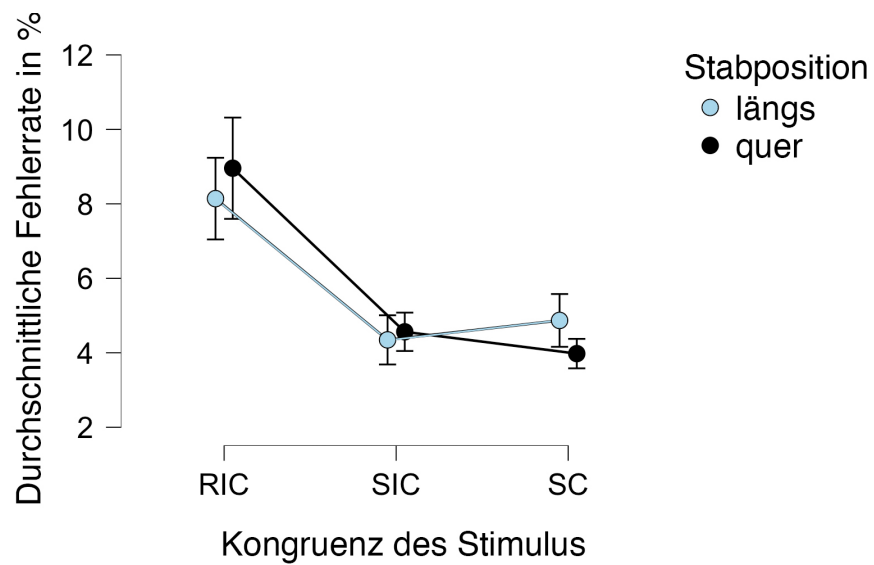


Abbildung 7

fMRT-Studie:

Durchschnittliche Fehlerraten in Prozent für die Konditionen *response*-inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC); mit 95%igem Konfidenzintervall

längs : Längskondition (hellblau), quer : Querkondition (schwarz)

4.2. FMRT-Ergebnisse

4.2.1. ROI basierte Analyse

In der ROI-Analyse mit den Masken nach Chen et al. (2018) (Abbildungen 3 und 4) ergaben beide für den Haupteffekt Performanz (kognitive Kontrolle: $F=24.88$, $p<.001$; kognitive und emotionale Kontrolle: $F=38.86$, $p<.001$) signifikante Aktivierungsunterschiede zwischen den Konditionen falsch und richtig.

Bei Betrachtung des Haupteffekts der Kongruenz waren keine signifikanten Aktivierungsunterschiede zu verzeichnen. Einzig der Vergleich von RIC- und SC-Kondition zeigte bei beiden Masken signifikante Aktivierungsunterschiede (kognitive Kontrolle: $t=1.89$, $p=.031$; kognitive und emotionale Kontrolle: $t=.41$, $p=.044$) (Tabellen 8 bis 11, siehe Anhang).

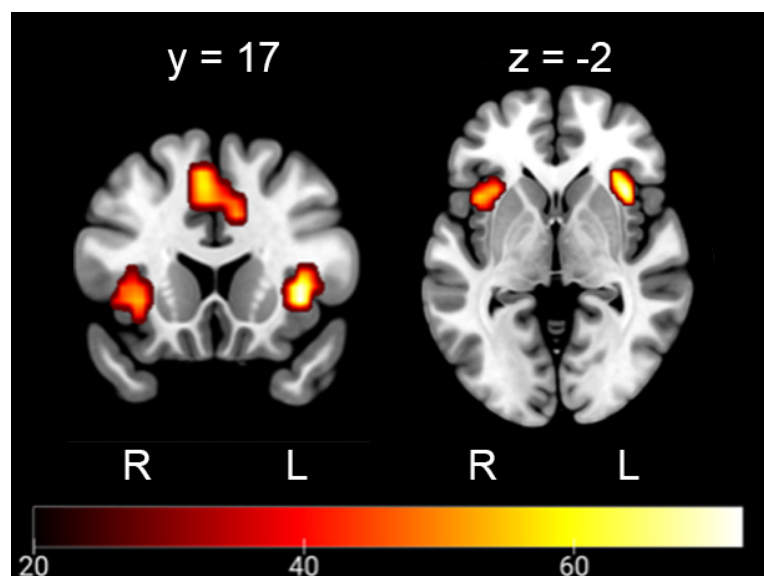
In der angeschlossenen voxelbasierten Auswertung zeigten sich in der Maske der kognitiven Kontrolle in der Auswertung der Performanz signifikante Aktivierungsunterschiede für den Haupteffekt der Performanz in der linken und rechten anterioren Insel (BA 13), dem linken superioren und medialen frontalen Gyrus (BA 6, 10) (Abbildung 8), während die Stabposition und die Interaktion der Performanz und der Stabposition keine signifikanten Aktivierungsunterschiede zeigten. Für den Haupteffekt der Kongruenz konnten nur unkorrigiert signifikante Aktivierungsunterschiede in der linken und rechten Insel (BA 13) festgestellt werden. In der Maske zur Untersuchung der Interaktion von emotionaler und kognitiver Kontrolle konnten alleinig für den Haupteffekt Performanz signifikante Aktivierungsunterschiede in der linken und rechten anterioren Insel (BA 13) und dem linken superioren frontalen Gyrus (BA 6) gezeigt werden (Tabellen 12 bis 14, siehe Anhang).

Abbildung 8

Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle des **Haupteffekts Performanz**

Die Farbe repräsentiert den F-Wert, unkorrigiert mit $p<.001$.

L: linke Hemisphäre
R: rechte Hemisphäre



4.2.2. Ergebnisse der voxelbasierten Ganzkopfanalyse

In der Auswertung der fMRT zeigten sich in den verschiedenen Konditionen des Faktors Kongruenz signifikante Unterschiede in der Aktivierung (Tabellen 15 bis 20, siehe Anhang). Es zeigten sich Aktivierungsunterschiede im linken mittleren und inferioren frontalen Gyrus (BA 9, 44), im linken frontalen Operculum und linken Putamen (BA 13, 49) sowie im linken supramarginalen und angularen Gyrus (BA 39) (Abbildung 9).

Dabei zeigte der Post-Hoc-Test für den Vergleich der Konditionen RIC und SIC bei der RIC-Kondition eine verstärkte Aktivierung im linken inferioren frontalen Gyrus (BA 44) und im Vergleich mit der SC-Kondition bei RIC eine größere Aktivierung im linken mittleren frontalen Gyrus (BA 9), im linken supramarginalen und angularen Gyrus (BA 39) und im linken frontalen Operculum und Putamen (BA 13, 49).

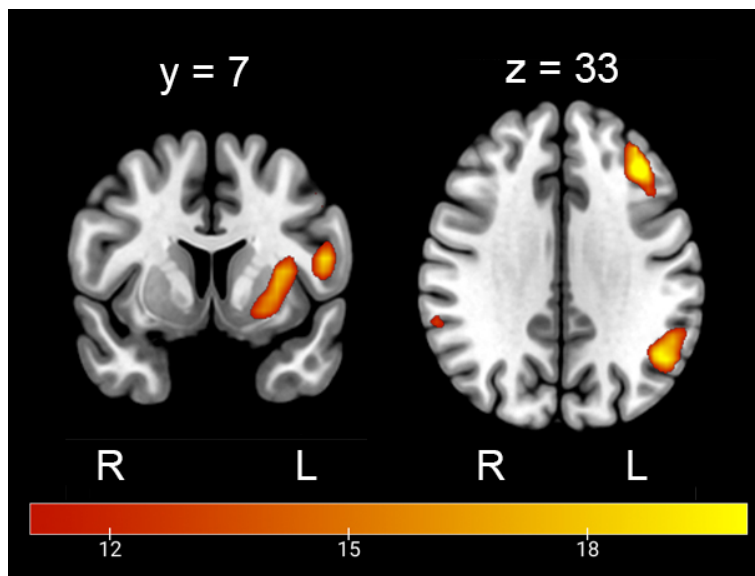


Abbildung 9

Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des **Haupteffekts Kongruenz**

Die Farbe repräsentiert den F-Wert, FWE cluster-korrigiert mit $p < .001$.

L: linke Hemisphäre
R: rechte Hemisphäre

Der Vergleich der Kondition SIC mit SC ergab keine signifikanten Aktivierungsunterschiede. Durch unkorrigierte Analyse mit dem Signifikanzlevel $p < .001$ zeigte sich ein kleines Cluster einer stärkeren Aktivierung bei der SIC-Kondition im linken und rechten Cingulum und rechten superioren frontalen Gyrus (BA 6, 40).

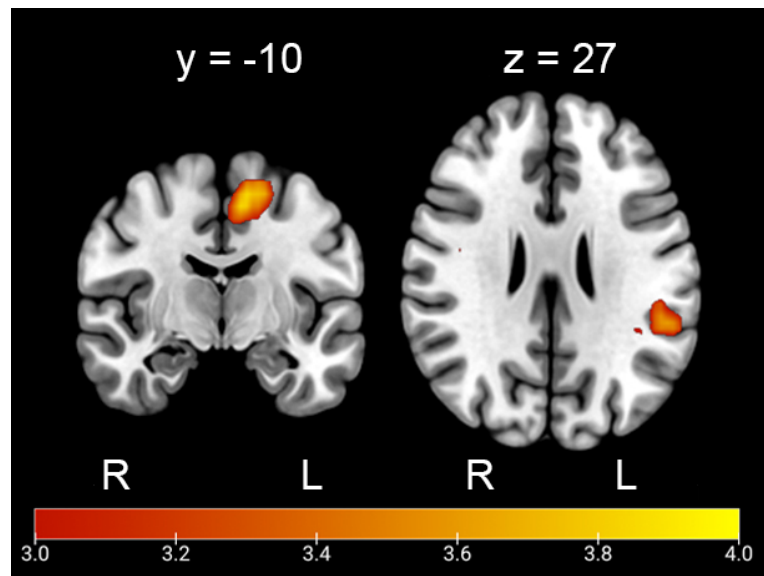
Für die Stabposition konnten ebenfalls nur unkorrigiert Unterschiede in den Aktivierungen im linken supplementären Motorkortex (BA 6) und im parietalen Operculum (BA 40) festgestellt werden. Im Post-Hoc-Test zeigte sich, dass diese Aktivierung in der Querkondition größer als in der Längskondition ist (Abbildung 10). Die Interaktion von Stabposition und Kongruenz zeigte keine signifikante Aktivierung – auch nicht nach unkorrigierter Auswertung.

Abbildung 10

Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des Haupteffekts **Stabposition** der Kondition $q > l$ in der Analyse der **Kongruenz**

Die Farbe repräsentiert den t-Wert, unkorrigiert mit $p < .001$.

L: linke Hemisphäre
R: rechte Hemisphäre



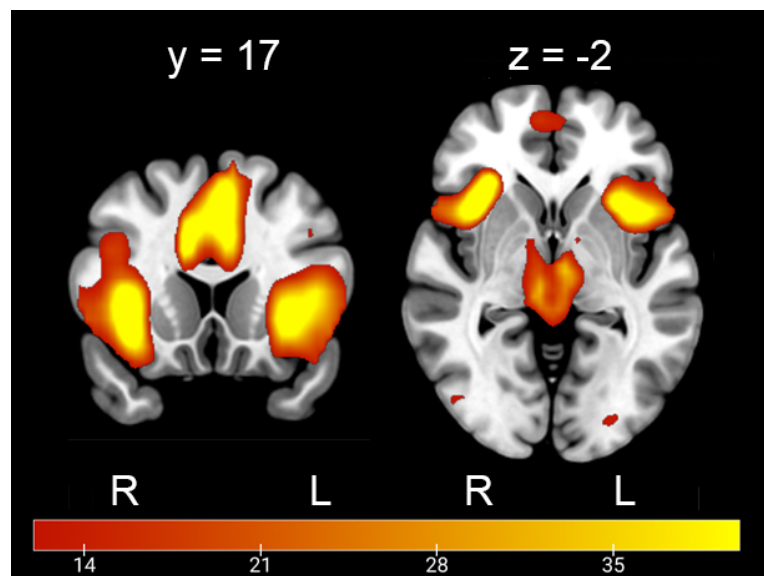
Die Analyse der Konditionen des Faktors Performanz ergab signifikante Aktivierungsunterschiede (Tabellen 21 bis 25, siehe Anhang). Es zeigten sich Unterschiede von größeren Clustern in den Aktivierungen als bei der Kongruenz. Diese stellten sich im rechten superioren frontalen Gyrus (BA 6, 32), in der linken und rechten anterioren Insel und im frontalen Operculum (BA 13, 44), im linken und rechten Thalamus und linken ventralen Diencephalon (BA 50), im linken und rechten supramarginalen und angularen Gyrus (BA 39), im Bereich des linken post- und präzentralen Gyrus (BA 1, 4) und im linken und rechten medialen Kortex (BA 10) dar (Abbildung 11).

Abbildung 11

Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des Haupteffekts **Performanz**

Die Farbe repräsentiert den F-Wert, FWE cluster-korrigiert mit $p < .001$.

L: linke Hemisphäre
R: rechte Hemisphäre



Im Post-Hoc-Test zeigte sich, dass die Aktivierung in der Falsch-Kondition größer als in der Richtig-Kondition ausfällt. Eine Ausnahme stellt der Bereich des linken post- und präzentralen Gyrus (BA 1, 4) dar, in der die richtig-Kondition eine größere Aktivierung zeigte. Für die Stabposition konnten erneut nur unkorrigiert signifikante Unterschiede im Aktivierungsmuster betrachtet werden. Im

Post-Hoc-Test wurde im rechten ventralen Diencephalon (BA 55) eine größere Aktivierung in der Querkondition im Vergleich zu der Längskondition ersichtlich (Abbildung 12).

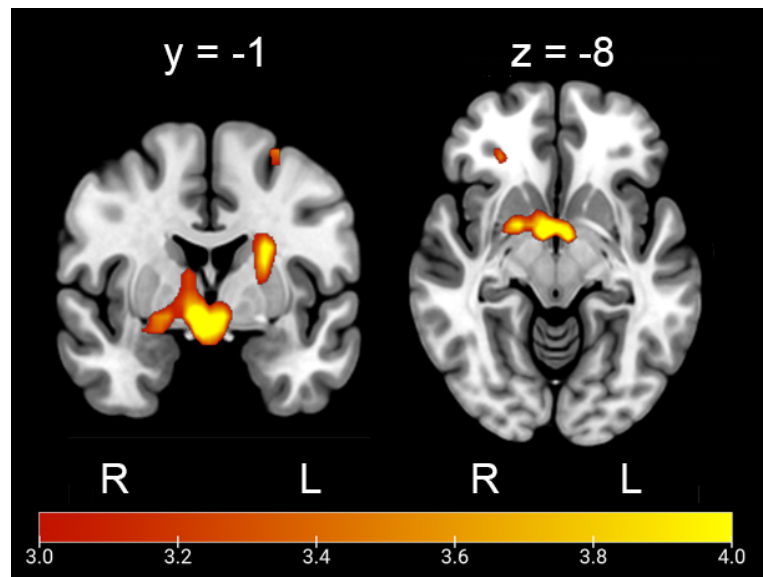
Es konnten keine signifikanten Aktivierungsunterschiede auf die Interaktion von Stabposition und Performanz zurückgeführt werden. In der Auswertung des *Congruency-Sequence-Effekt* (CSE) konnten in keiner Bedingung signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Abbildung 12

Statistische Parameterkarte der neuronalen Aktivierungsmuster des Haupteffekts **Stabposition** der Kondition $q > l$ in der Analyse der **Performanz**

Die Farbe repräsentiert den t-Wert, FWE cluster-korrigiert mit $p < .001$.

L: linke Hemisphäre
R: rechte Hemisphäre



4.3. Explorative Datenanalyse

Die deskriptive Statistik wurde im Sinne einer explorativen Datenanalyse erweitert, um in der Diskussion Punkte aufgreifen zu können, die der Verdeutlichung dienen und über die ursprüngliche Fragestellung hinausgehen.

Dazu wurde ein Post-Hoc-Test des CSE aus der fMRT-Studie für die Stabposition erstellt (statistische Kennwerte siehe Abschnitt 4.1.1.). Dabei zeigte sich, dass in der Querposition in jeder Konstellation die Reaktionszeiten größer als in der Längsposition waren – bis auf in der SC_SC-Bedingung (Abbildung 13 A-C). Des Weiteren wurden die Verhaltensdaten hinsichtlich eines denkbaren Zusammenhangs der Reaktionszeiten und Fehlerraten überprüft, um Aussagen über Lösungsstrategien der Probanden treffen zu können. Dafür wurde die durchschnittliche Reaktionszeit (ohne fehlerhafte Stimuluspräsentationen) der einzelnen Probanden ihrer Fehlerrate gegenübergestellt (Abbildung 14). In der Auswertung ist kein Trend einer Verknüpfung zu erkennen, wie auch der Pearson Korrelationskoeffizient ($r = -0.097$) zeigt.

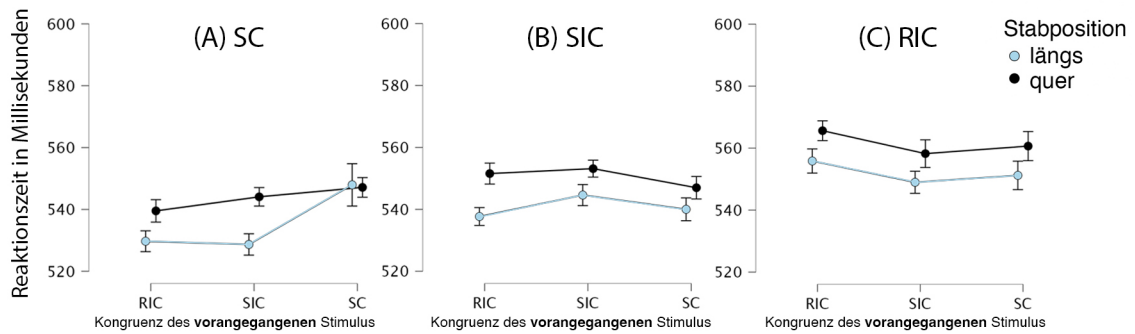


Abbildung 13

Durchschnittliche Reaktionszeiten in Millisekunden des vorangegangenen Stimulus für den aktuellen Stimulus **SC** (A), **SIC** (B), **RIC** (C); mit 95%igem Konfidenzintervall

längs : Längskondition (hellblau)
quer : Querkondition (schwarz)

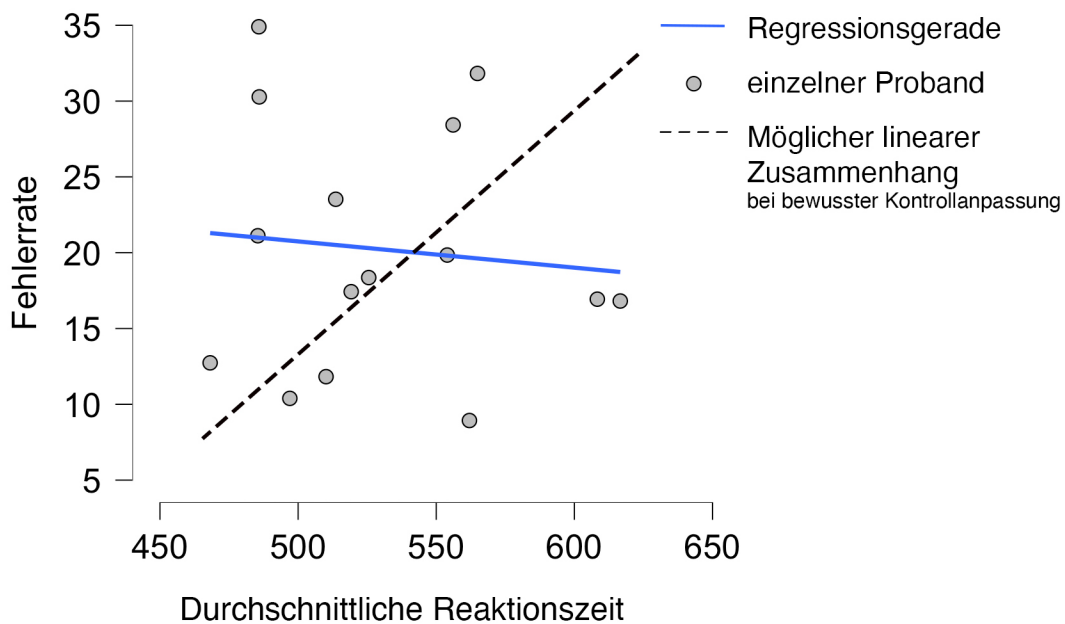


Abbildung 14

Durchschnittliche Reaktionszeiten gegen die Fehlerrate der einzelnen Probanden

Blau: Regressionsgerade
Gestrichelt: Möglicher linearer Zusammenhang bei dezidiert bewusster Kontrollanpassung

4.4. Ergebnisse der Verhaltensstudie

Die Auswertung der Reaktionszeiten und Fehlerraten der Verhaltensstudie erfolgte äquivalent zur Ergebnisbetrachtung der fMRT-Studie.

Der Fragebogen wurde nach den einzelnen Skalen „Intra-/Extraversion“, „Generelles Wohlbefinden“, „Emotionale Gereiztheit“ und „Angst/Deprimiertheit“ ausgewertet, für die je eine einfaktorische Varianzanalyse mit Messwiederholungsfaktor Zeitpunkt (t_0 , t_q und t_l) durchgeführt wurde. t_0 bezeichnet den Ausgangsfragebogen, t_q den Fragebogen nach der Querkondition und t_l nach der Längskondition.

4.4.1. Auswertung des Emotionsfragebogens

In den ANOVAs der Bereiche „Generelles Wohlbefinden“ ($p=.064$), „Emotionale Gereiztheit“ ($p=.089$) und „Angst/Deprimiertheit“ ($p=.429$) zeigten sich keine signifikanten Ergebnisse (Tabellen 26-30, siehe Anhang). Nur die Ergebnisse des Bereichs „Intra-/Extraversion“ ($F(2, 28)=10.5$; $p<.001$) waren signifikant. Dabei zeigte der Post-Hoc-Test, dass die Signifikanz auf die Vergleiche der Konditionen t_0 mit t_q und t_0 mit t_l zurückzuführen ist ($p<.001$), während der Vergleich t_q mit t_l nicht signifikant war ($p=.855$) (Abbildung 15).

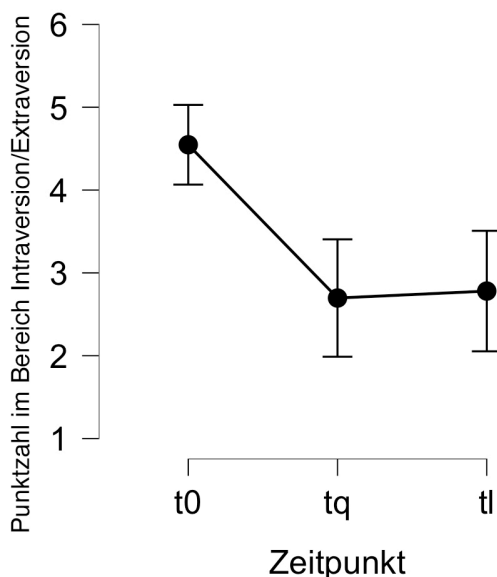


Abbildung 15

Verhaltensstudie:
Post-Hoc-Test des Fragebogens des Bereichs „Intra-/Extraversion“; mit 95%igem Konfidenzintervall

t_0 : Ausgangszeitpunkt

t_q : Zeitpunkt nach vier Stimuluspräsentationen in der Querkondition

t_l : Zeitpunkt nach vier Stimuluspräsentationen in der Längskondition

4.4.2. Auswertung der Reaktionszeiten

In der Auswertung der Reaktionszeiten zeigten sich signifikante Haupteffekte für die Faktoren Kongruenz ($F(2,38)=3.375$; $p=.045$) und Performanz ($F(1,19)=263.50$; $p<.001$) sowie ein knapp signifikanter Interaktionseffekt beider Faktoren ($F(2,38)=6.11$; $p=.05$). Die Stabposition und andere Interaktionseffekte ergaben keine signifikanten Ergebnisse ($p> 0,05$; Tabellen 31–35, siehe An-

hang). Für den Kongruenzeffekt ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für die Kongruenz ($F(2,38)=23.727$; $p<.001$). Im Post-Hoc-Test zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der RIC- und SIC-Bedingung ($p<.001$) sowie zwischen der RIC- und SC-Bedingung ($p<.001$), nicht aber zwischen der SIC- und SC-Bedingung ($p=.134$) (Abbildung 16).

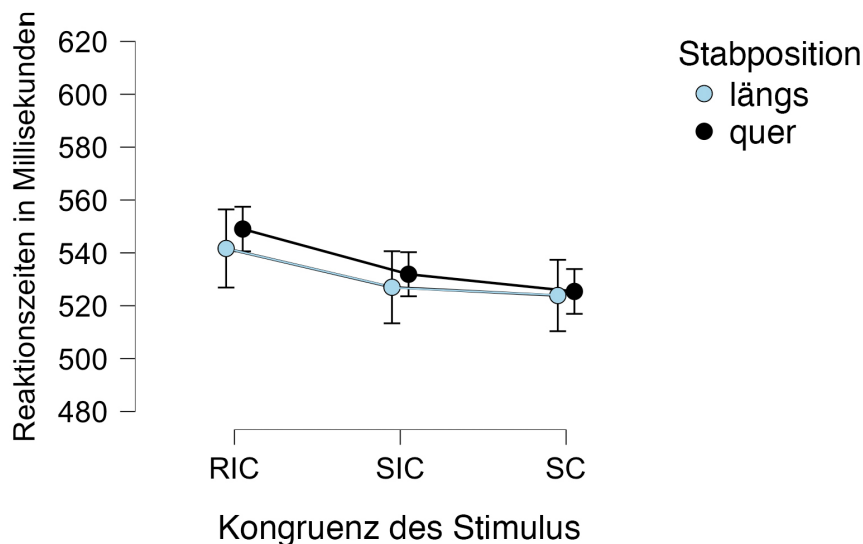


Abbildung 16

Verhaltensstudie: Kongruenzeffekt der durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden für die Konditionen *response*-inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC); mit 95%igem Konfidenzintervall

längs : Längskondition (hellblau), quer : Querkondition (schwarz)

Die Analyse auf einen sequentiellen Kongruenzeffekt ergab einen signifikanten Haupteffekt für den aktuellen Stimulus ($F(2,38)=29.57$; $p<.001$) und ein signifikantes Ergebnis für die Interaktion der Faktoren vorangegangener Stimulus und aktueller Stimulus ($F(1.89, 35.84)=8.06$; $p<.001$) (Abbildung 17). Im Post-Hoc-Test des Faktors aktueller Stimulus zeigten sich signifikante Aktivierungsunterschiede zwischen allen drei Bedingungen (RIC > SIC $p<.001$; RIC > SC $p<.001$; SIC > SC $p=.017$).

4.4.3. Auswertung der Fehlerraten

In der Verhaltensstudie ergab die Auswertung der Fehlerraten einen signifikanten Haupteffekt für die Kongruenz ($F(2,38)=32.40$; $p<.001$) (Abbildung 18), während die Effekte der Stabposition und der Interaktion beider nicht signifikant waren (Tabelle 36, siehe Anhang). Im Post-Hoc-Test ergaben sich zwischen allen drei Bedingungen signifikante Unterschiede (Tabelle 37, siehe Anhang).

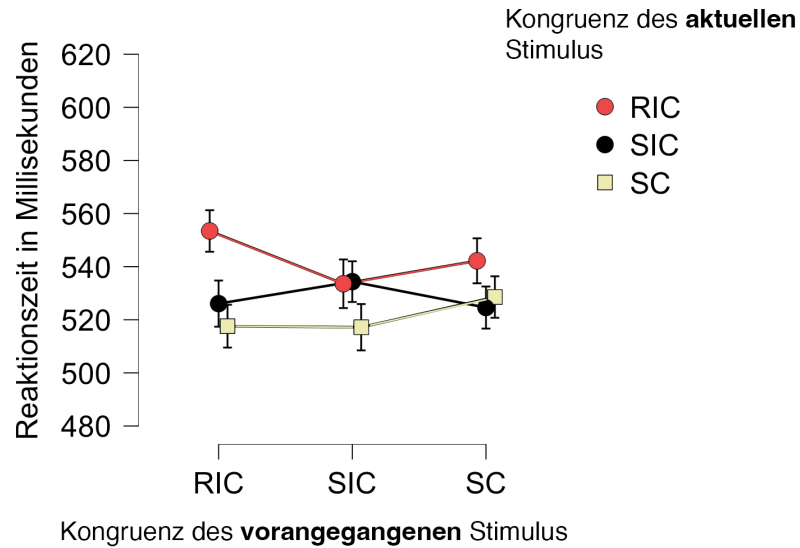


Abbildung 17

Verhaltensstudie: Sequentieller Kongruenzeffekt der durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden für die Konditionen *response*-inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC); mit 95%igem Konfidenzintervall

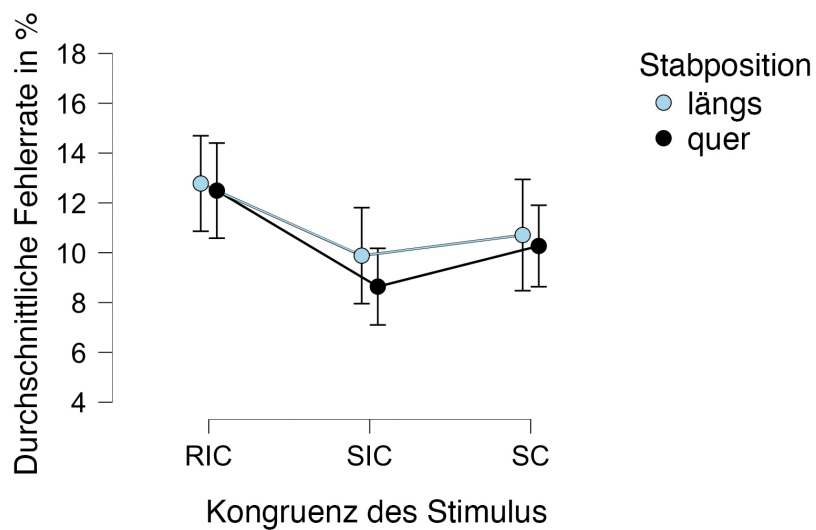


Abbildung 18

Verhaltensstudie: Durchschnittliche Fehlerraten in Prozent für die Konditionen *response*-inkongruent (RIC), stimulus-inkongruent (SIC) und stimulus-kongruent (SC); mit 95%igem Konfidenzintervall

längs : Längskondition (hellblau)
quer : Querkondition (schwarz)

5. Diskussion

Die durchgeführte fMRT-Studie ist eine Weiterführung der Forschungslinien von *emotion embodiment* und *conflict monitoring*. Sie ergänzt die aktuelle Datenlage der zwei Theorien, indem beide Theorien miteinander kombiniert und auf Schnittpunkte und Interaktionen prüft. *Emotion embodiment* ist die Verkörperung von Emotionen und beschreibt die aktive Beteiligung des Körpers am Erleben von Emotionen. Eine Hypothese des *emotion embodiment*s, die *Facial-Feedback-Hypothese*, besagt, dass die Muskelaktivität der Mimik die Empfindung von Emotion sowohl modulieren als auch induzieren kann (Söderkvist et al., 2018). Dies wurde hier am Beispiel der Freude untersucht – gezeigt durch ein Lächeln. *Conflict monitoring* ist ein Aspekt von kognitiver Kontrolle und bezeichnet die Translation von auftretendem Konflikt in die Anpassung von Aufmerksamkeit (Botvinick et al., 2001). Die Funktionsweise dieser Kontrolle wird auf Basis einer Feedbackschleife beschrieben. Der Konflikt wird detektiert und in negativen Affekt übersetzt, woraufhin der negative Affekt die Adaptation der Aufmerksamkeit veranlasst (Dignath et al., 2020).

Eine Verknüpfung der Theorien stützt sich auf die angenommene zentrale Stellung des Affektes in beiden. Die Ergebnisse dieser Arbeit konnten jedoch keine Emotionsinduktion und somit keine direkte Beeinflussung der kognitiven Kontrolle durch induzierten positiven Affekt zeigen.

In der vorliegenden Studie wurde bei 15 gesunden Frauen zur Induktion von Konflikt das Flanker-Paradigma verwendet und die neuronalen Aktivierungsmuster mittels fMRT aufgezeichnet. Die Untersuchung wurde in zwei verschiedenen Konditionen durchgeführt, wobei jede Probandin zur Hälfte die eine und zur Hälfte die andere Kondition absolvierte, jedoch in unterschiedlicher Reihenfolge. Beide Konditionen beinhalteten einen Stab, der entweder quer oder längs im Mund gehalten wurde. Die Querkondition beansprucht den *Musculus zygomaticus major*, dessen Kontraktion ein Lächeln erzeugt, während die Längskondition eine Anspannung dieses Muskels und somit ein Lächeln verhindert. Die Reize des Flanker-Paradigmas waren zu gleichen Anteilen stimulus-kongruent (SC), stimulus-inkongruent (SIC) und *response*-inkongruent (RIC).

Die Studie zeigte in den Verhaltensdaten signifikante Ergebnisse bei den Reaktionszeiten für die Kongruenz und die Performanz sowie bei den Fehlerraten für die Kongruenz, während für die Stabposition kein Effekt nachweisbar war. Die Prüfung auf einen sequentiellen Kongruenzeffekt zeigte ein signifikantes Ergebnis für den aktuellen Stimulus, die Interaktion zwischen aktuellem und vorangegangenem Stimulus und die Stabposition. Für die Auswertung der neuronalen Korrelate wurden zwei ROI-Analysen durchgeführt, für die zwei Masken

nach Chen et al. (2018) verwendet wurden. Eine beschreibt ein Netzwerk der kognitiven Kontrolle, bestehend aus dem ACC, der anterioren Insel, dem präfrontalen und dem parietalen Kortex. Die andere Maske beschreibt eine Untersuchung der Interaktion von kognitiver und emotionaler Kontrolle und setzt sich aus dem ACC, der anterioren Insel, dem superioren parietalen Kortex und dem inferioren frontalen Gyrus zusammen. Es zeigten sich in den beiden Masken signifikante Aktivierungsunterschiede für den Faktor Performanz sowie für einzelne Vergleiche von Kongruenzkonditionen. Die Stabposition selbst war nicht signifikant. Die angeschlossene voxelbasierte Analyse innerhalb der Masken zeigte, dass diese Aktivierungsunterschiede auf die anteriore Insel und den superioren und medialen frontalen Kortex zurückzuführen sind. Die Ergebnisse der voxelbasierten Ganzkopfanalyse decken sich mit denen der ROI-Analyse und zeigten zusätzlich für den Faktor der Kongruenz Aktivitätsunterschiede im supramarginalen und angularen Gyrus. Somit konnten die formulierten Hypothesen, die in der Querposition eine verminderte neuronale Aktivierung, höhere Fehlerraten und längere Reaktionszeiten im Vergleich zur Längskondition postulieren, nicht bestätigt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde nach der Auswertung der Daten der fMRT-Studie eine weitere Studie angeschlossen und durchgeführt, um die Methodik der *Facial-Feedback*-Induktion der fMRT-Studie und die subjektive Komponente des Affekts zu prüfen. Die Ergebnisse der Verhaltensdaten der Verhaltensstudie stimmen größtenteils mit den Ergebnissen der Verhaltensdaten der fMRT-Studie überein, nur zeigte die Stabposition bei der Auswertung auf einen CSE keine Signifikanz.

Diese Ergebnisse werden im Folgenden diskutiert.

5.1. Die *Facial-Feedback*-Hypothese

Der *Facial-Feedback*-Hypothese zufolge hätte es bei einer gelungenen Induktion eines positiven Affektes sowohl Auswirkungen auf die Performanz der Probanden (Ashby et al., 2002; Isen et al., 2001; Wiswede et al., 2009) als auch auf die Aktivierungsmuster der neuronalen Aktivität (Hennenlotter et al., 2009; Iwase et al., 2002) geben müssen. Die Induktion sollte durch unbewusste Anspannung des Musculus zygomaticus major (Niedenthal et al., 2009; Strack et al., 1988) erfolgen.

Entgegen der Erwartungen spiegelte sich die Beeinflussung durch die Stabposition in der fMRT-Studie weder in den Reaktionszeiten und Fehlerraten wider, noch zeigten sich die vermuteten Äquivalente in den fMRT-Daten. Die in der Literatur beschriebene Amygdalaaktivierung und die Verbindung zum dopamin-

gen System konnte in diesem Versuch nicht bestätigt (Ashby et al., 1999; Duthoo et al., 2013) und es konnte auch keine sonstige Aktivierung verzeichnet werden.

Für ein besseres Verständnis der Studie wurden post-hoc die Ergebnisse ohne Kontrolle für multiple Vergleiche betrachtet. Bei der Betrachtung der Stabposition im fMRT zeigten sich in der Analyse der Kongruenz signifikante Aktivierungsunterschiede in dem supplementär motorischen Kortex und dem parietalen Operculum (Abbildung 10). Diese Strukturen werden in der Literatur nicht mit dem Erleben von Emotionen in Verbindung gebracht, jedoch wird dem supplementären Motorkortex eine Beteiligung in kognitive Kontrolle zugeschrieben (Ridderinkhof et al., 2004; Wager et al., 2004, 2009). Allerdings zeigt sich im Post-Hoc-Test, dass diese Aktivierung in der Querkondition größer ist als in der Längskondition. Da in der Querkondition theoretisch ein Lächeln und dadurch positiver Affekt hätte erzeugt werden sollen, ist dieses Ergebnis gegensätzlich zu den Annahmen der *Facial-Feedback-Hypothese*. So sollte der positive Affekt einen abschwächenden und nicht erregenden Charakter auf den supplementären Motorkortex haben (Keil et al., 2010, Ridderinkhof et al., 2004). In der Analyse der Performanz konnte nur unkorrigiert eine erhöhte Aktivität in der kognitiven Verarbeitung des Thalamus und des ventralen Diencephalons beobachtet werden – doch auch diese sind in der Querkondition stärker als in der Längskondition (Abbildung 12).

Eine mögliche Begründung für das Ausbleiben eines Effektes des Affektes kann in der Art des Lächelns liegen. Duchenne unterschied ein Nicht-Duchenne-Lächeln vom nach ihm benannten Duchenne-Lächeln (Duchenne, 1990). Dabei ist mit einem Duchenne-Lächeln nicht nur eine größere Zygomaticus-Aktivität assoziiert (Frank et al., 1993), sondern wird zusätzlich der *Musculus orbicularis oculi* involviert (Duchenne, 1990; Ekman, 1989). Die Anspannung dieses Muskels führt zu sogenannten Krähenfüßen, was kleine Fältchen an den äußeren Augenlidern beschreibt. Ein Duchenne-Lächeln ist mit größerem Erleben positiver Emotionen verbunden (Ekman et al., 1990). Im Gegensatz dazu kann ein Nicht-Duchenne-Lächeln auch in anderen sozialen Kontexten auftreten – wie beispielsweise in einem Gespräch oder als Ausdruck von Unterwürfigkeit oder Verlegenheit (Ekman et al., 1988; Keltner, 1995; Lafrance & Hecht, 1999). Die Auswirkung der verschiedenen Arten des Lächelns zeigte ein Vergleich von Soussignan (2002). Es wurde ebenfalls der Aufbau von Stracks Experiment genutzt, jedoch eine explizite Unterscheidung zwischen Duchenne- und Nicht-Duchenne-Lächeln eingeführt. Der Stab wurde dabei in der Kondition eines Nicht-Duchenne-Lächelns mit den Zähnen bei leicht geöffnetem Mund gehalten, während die zweite Kondition eine Berührung der Lippen mit dem Stab verbot. Die

Ergebnisse zeigten, dass die alleinige Kontraktion des Musculus zygomaticus major nicht ausreichte, um nachweislich subjektive oder autonome Änderungen zu erzeugen (Soussignan, 2002). Ein Duchenne-Lächeln hingegen bewirkte eine Verstärkung der Positivität des Affektes. Da die Probandinnen der vorliegenden fMRT-Studie nicht direkt überprüft beziehungsweise angewiesen wurden, den Stab ausschließlich mit den Zähnen festzuhalten und die Berührung mit den Lippen zu vermeiden, könnte dies eine denkbare Erklärung für das Ausbleiben eines erkennbaren Effektes in diesem Experiment sein.

Die in der Ganzkopfauswertung der fMRT-Daten zusätzlich beobachteten Aktivitätsunterschiede im Thalamus sowie angrenzenden Bereichen könnten durch eine Vielzahl an Reizen des Experiments induziert worden sein. Der Thalamus ist in zahlreichen Bereichen der sensorischen Verarbeitung und kognitiver Kontrolle involviert. Dazu gehören unter anderem Gedächtnisprozesse (Maguire, 2001; Aggleton et al., 2010; Aggleton, 2012) und exekutive Funktionen wie Entscheidungsfindung, Aufmerksamkeits- und Impulskontrolle (van der Werf et al., 2003; Carrera & Bogousslavsky, 2006), aber er ist auch an internalem Monitoring beteiligt (Karnath et al., 2002; Ostendorf et al., 2010).

Um zu überprüfen, ob eine subjektive Verbesserung des Affektes durch die Querkondition des Stabs erreicht werden kann, wurde im Rahmen dieser Arbeit eine zweite Studie als Verhaltensstudie mit 20 Probanden (15 Frauen, fünf Männer) durchgeführt. Mit der Verhaltensstudie konnte der Einfluss der Stabposition isoliert von den Einflüssen der MRT-Messung geprüft und durch die Fragebogendaten der Affekt unmittelbar erfasst werden. Der Aufbau entsprach der zuvor durchgeführten Studie mit Ausnahme der fMRT-Aufnahmen. Zusätzlich wurde zur Messung des emotionalen Befindens ein Fragebogen eingesetzt, der eine Änderung des Affektzustandes detektieren sollte. Dieser Fragebogen wurde zu drei Zeitpunkten erhoben: vor der Testung, nach der Testung mit der Stabposition längs und nach der Testung mit der Stabposition quer. In der Auswertung zeigte sich in keinem der Bereiche ein signifikantes Ergebnis hinsichtlich des Vergleichs zwischen Quer- und Längskondition. Jedoch zeigte der Vergleich vom Ausgangsaffekt der Probanden mit dem der anderen beiden Zeitpunkte einen hoch signifikanten Unterschied im Bereich Intra-/Extraversion und knapp nicht signifikante Unterschiede in den Bereichen Generelles Wohlbefinden und Emotionale Gereiztheit. Ein Aspekt könnte die Anstrengung durch die Konzentration auf das Paradigma gewesen sein, die den Affekt der Probanden negativ beeinflusst hat. Darüber hinaus könnte aber auch die Richtung des Effektes entgegengesetzt der Erwartungen sein. So könnte nicht wie angenommen der positive Affekt den negativen Affekt und somit die Aufmerksamkeitsanpassung beeinflussen, sondern der negative Affekt durch die Konflikte des Pa-

radigmas den positiven Affekt abgeschwächt haben. Diese Hypothese ist konform mit der Beobachtung der fMRT-Studie, in der bei der Querkondition die sonst so typischen, mit positivem Affekt assoziierten Areale nicht stärker aktiv waren als in der Längskondition (Abbildung 10).

Die Ergebnisse der Analysen hinsichtlich der Fehlerraten, Reaktionszeiten und des Kongruenzeffektes deckten sich mit denen der fMRT-Studie und konnten somit bestätigt werden. Lediglich in der Auswertung auf den CSE ergab sich der Unterschied, dass die Stabposition in der Verhaltensstudie keinen signifikanten Effekt zeigte. Auch hier kann die Schwankung in der Art des Lächelns, welches bei den Probanden induziert wurde, ein Grund für die Unterschiede sein. Zusätzlich waren in der Verhaltensstudie ein Viertel der Probanden Männer, während in der fMRT-Studie nur Frauen untersucht wurden. Diese Diskrepanz kann zu den differenten Ergebnissen beigetragen haben, da Unterschiede in der emotionalen Äußerung zwischen den Geschlechtern bestehen. In einer EEG-Studie zeigten sich bei Frauen größere Aktivierungsmuster der Gesichtsmuskulatur und subjektiv stärkere Empfindung von Emotionen (Schwartz et al., 1980, Yuan et al., 2009) als bei Männern. Wenn also bei Frauen das emotionale Empfinden stärker mit der Äußerung der Emotionen korreliert (Wang et al., 2016), könnte von einem größeren Effekt durch die Stabmanipulation ausgegangen werden.

Resümierend konnte in diesen Studien die Induktion eines positiven Affektes im Sinne der *Facial-Feedback*-Hypothese nicht eindeutig nachgewiesen werden. Dies ähnelt den Befunden von Wagenmakers et al. (2016), denen die Replikation des ursprünglichen Experiments nach Stracks Protokoll nicht gelang, und sortiert sich somit in die bestehende Literatur ein.

5.2. Die Conflict-Monitoring-Hypothese

Laut der *Conflict-Monitoring*-Hypothese hängt die Aufmerksamkeit und somit die Performanz in einer Aufgabe von dem Ausmaß des provozierten Konflikts eines Reizes ab (Botvinick et al., 2001) – angepasst durch ein spezielles neuronales Netzwerk bestehend aus dem präfrontalem Kortex, der anterioren Insel, dem dACC und dem parietalen Kortex (Chen et al., 2018). Der induzierte Konflikt kann zum einen auf der Ebene der Stimuli, speziell in ihrer Kongruenz, und zum anderen im Fehler selbst bestehen, der als spezielle Art des Konfliktes gilt (Carter et al., 1998; Dehaene et al., 1994; Ridderinkhof et al., 2004).

5.2.1. Konflikt durch Inkongruenz

In Hinblick auf die Kongruenz der Stimuli zeigten die Probanden in beiden Studien signifikante Unterschiede in den Fehlerraten und Reaktionszeiten. Stimulus-kongruente (SC) Stimuluspräsentationen ergaben die niedrigsten Fehlerraten, gefolgt von stimulus-inkongruenten (SIC) und schließlich die *response*-inkongruenten (RIC) mit den höchsten Fehlerraten. Auch zeigten stimulus-kongruente Stimuluspräsentationen die kürzesten Reaktionszeiten, wohingegen zwischen den Reaktionszeiten der stimulus- und *response*-inkongruenten Stimuluspräsentationen kein Unterschied festgestellt werden konnte. Bereinigt um den Einflussfaktor der Fehler, die stets schneller als korrekte Stimuluspräsentationen sind (Bogacz et al., 2010; Heitz & Schall, 2012; Standage et al., 2014), konnte dann der angestrebte Kongruenzeffekt dargestellt werden: *Response*-inkongruente Stimuli zeigten erwartungsgemäß die längste und die stimulus-kongruenten Stimuli die kürzeste Reaktionszeit. Diese Ergebnisse sprechen für die These, dass unterschiedliche Konfliktniveaus durch die verschiedenen Arten der Stimuli erzeugt wurden. Damit konnten zuvor publizierte Ergebnisse hinsichtlich der besten Performanz bei SC-Stimuluspräsentationen, intermediären bei SIC- und schlechtesten bei RIC-Stimuluspräsentationen bestätigt werden (Eriksen & Eriksen, 1974; van Veen et al., 2001; van Veen & Carter, 2002; Wendt et al., 2007).

Allerdings unterscheiden sich die jeweiligen aufgezeichneten neuronalen Korrelate deutlich von den bisherigen Daten und Annahmen der Hypothese. Nur die Kondition RIC > SC zeigte signifikante Aktivierungsunterschiede in den von Chen et al. (2018) beschriebenen Netzwerken der kognitiven Kontrolle sowie der Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle. Bei genauerer Lokalisation zeigte sich, dass in Bezug auf die Kongruenz der in der Literatur als entscheidender Agonist in kognitiver Kontrolle beschriebene ACC unerwartet wenig Aktivitätsunterschiede zeigt. Nur die Bedingung SIC-Kondition > SC-Kondition zeigte signifikante Unterschiede in der neuronalen Aktivierung in diesem Bereich – dies allerdings nur, wenn keine Korrektur für multiple Vergleiche berücksichtigt wurde. Der ACC wird vor allem als Konfliktdetektor verstanden, der in einem Schaltkreis mit präfrontalen und parietalen Bereichen sowie der Inselrinde agiert (Cieslik et al., 2015; Derrfuss et al., 2005; Laird et al., 2005; Nee et al., 2007; Cole & Schneider, 2007). Die Ergebnisse der durchgeführten fMRT-Studie zeigten in verschiedenen Arealen des präfrontalen Kortex erhöhte neuronale Aktivität, wobei diese nicht eindeutig einer Kondition und somit einem Konfliktlevel zuzuordnen ist. Vielmehr sind in allen drei Konditionen unterschiedliche Bereiche des präfrontalen Kortex aktiv. Vermutete Aktivitätsunterschiede der anterioren Insel sind nur unkorrigiert nachweisbar.

Durch die vorliegenden Ergebnissen ergibt sich die Annahme, dass in Arealen, die mit kognitiver Kontrolle assoziiert werden, bezüglich der Aktivität sowohl die Inkongruenz des Stimulus als auch die Inkongruenz der Antwort von Relevanz zu sein scheint. Die Frage nach dem Charakter des Konflikts, der im ACC detektiert wird, ist in der Literatur umstritten. Van Veen et al. (2001) argumentieren eine Sensitivität des ACC alleinig auf dem Level der Antwort und nicht für den früher auftretenden, stimulus-assoziierten Konflikt. Auch Ergebnisse von van Veen und Carter (2002) zeigten nur N2-Erhöhungen im Bereich des ACC für die RIC-, nicht für die SIC- und SC-Kondition.

Jedoch beschreiben andere Autoren ACC-Aktivierung auf Stimulus- und Antwortebene (Notebaert & Verguts, 2006; Verbruggen et al., 2006; Wendt et al., 2007). Wendt et al. (2007) nutzten ebenfalls wie van Veen und Carter das Flanker-Paradigma und ein EEG zur Bildgebung, konnten aber keine Unterschiede in der N2-Erhöhung im Bereich des ACC zwischen RIC und SIC feststellen, wohl aber zwischen RIC > SC und SIC > SC. In ihren Ausführungen weisen Wendt et al. auf Unterschiede im Aufbau der Studien hin, die möglicherweise Auswirkungen auf die divergenten Ergebnisse hatten. Zum Einen ergaben die Buchstaben bei Wendt et al. ein Kreuz, bei van Veen und Carter wurden sie als Reihe dargestellt. Zum Anderen war die *stimulus onset asynchrony* (SOA) bei Wendt et al. stets 900 Millisekunden, während sie bei van Veen und Carter zwischen 1000 und 2500 Millisekunden variierte. Ferner war die Häufigkeit der unterschiedlichen Stimuli nicht identisch. Bei van Veen und Carter wurden zu 50 % SC-Stimuli und zu jeweils 25 % SIC- und RIC-Stimuli präsentiert. Derweil waren die Anteile bei Wendt et al. für alle drei Konditionen gleich und somit für die inkongruenten Stimuli in der Summe höher als bei van Veen und Carter. Ein höherer Anteil an inkongruenten Stimuli führt zu einem geringeren Kongruenzeffekt und dadurch zu einer geringeren Aktivierung des ACC, was als *Proportion-Congruency*-Effekt beschrieben wird (siehe Abschnitt 2.2.2). Auch könnte ein entscheidender Aspekt sein, dass van Veen und Carter die flankierenden Stimuli 100 Millisekunden vor dem eigentlichen Stimulus darstellte, während Wendt et al. diese gleichzeitig präsentierten. Durch die versetzte Darbietung der ablenkenden Stimuli ergibt sich ein höherer Konflikt als bei gleichzeitiger Abbildung.

Einige Aspekte der Argumentation von Wendt et al. können auf die hier erhobenen Ergebnisse übertragen werden, da der Versuchsaufbau der fMRT-Studie und der Verhaltensstudie dem von Wendt et al. gleicht – mit Ausnahme der SOA, die variabel gewählt wurde. Ähnlich der Begründung von Wendt et al. könnte ein zu geringer induzierter Konflikt eine potentielle Erklärung für die geringe Aktivierung des ACC im vorliegenden Experiment sein. So implizieren die

Verhaltensdaten der durchgeführten Studien die Existenz unterschiedlicher Konfliktniveaus. Diese scheinen aber insgesamt nicht ausreichend, um eine deutlichere ACC-Aktivierung hervorzurufen.

Im Unterschied zu Wendt et al. konnten Aktivierungen des ACC nur bei der SIC-Kondition und nicht in der RIC-Kondition gezeigt werden. Allerdings muss angeführt werden, dass es sich bei der Studie von Wendt et al. um eine EEG-Studie handelte und in dieser Studie ein fMRT für die Bildgebung genutzt wurde. Das EEG hat den Vorteil einer höheren temporalen Auflösung, wogegen das fMRT eine bessere räumliche Auflösung bietet. Diese unterschiedliche Eigenschaft der Messmethodiken könnte Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben.

Für eine mögliche Projektion der Erklärungsansätze von Wendt et al. auf die fMRT-Studie spricht eine Übereinstimmung in den Ergebnissen bezüglich des sequentiellen Kongruenzeffekts. Dieser stützt sich auf die Beobachtung, dass die Aktivierung im ACC geringer ausfällt, wenn der Fokus auf den Reiz höher und so der Konflikt geringer ist (Botvinick et al., 1999). Dies ist der Fall, wenn auf einen RIC-Stimulus ein weiterer RIC-Stimulus folgt, da die Aufmerksamkeit durch den vorangegangenen Stimulus bereits adaptiert wurde. Andererseits ist der Fokus niedriger und dementsprechend der Konflikt größer, wenn ein RIC-Stimulus nach einem SC-Stimulus präsentiert wird.

In der Analyse auf einen Vorteil durch eine Kongruenzlevelwiederholung ergaben sich in der fMRT-Studie signifikante Haupteffekte für den Faktor des aktuellen Stimulus und der Stabposition sowie für die Interaktion zwischen vorangegangenen und aktuellem Stimulus, während der Effekt des Faktors des vorangegangenen Stimulus allein nicht signifikant ist. Bei genauer Betrachtung der zugehörigen Abbildung 6 fällt auf, dass die Interaktion auf eine Verlangsamung zurückführbar zu sein scheint, die bei einer Antwort auf einen SC-Stimulus nach einem vorangegangenen SC-Stimulus eintrat. Diese Beobachtung und auch die restlichen Ergebnisse stimmen mit denen von Wendt et al. überein. Eine Ausnahme bildet die Stabposition, da diese in deren Studie nicht untersucht wurde.

Die Verlangsamung bei der SC_SC-Kondition könnte durch sogenannte *partial feature repetition costs* begründet sein. *Partial feature repetition* (partielle Merkmalswiederholung) bezeichnet die Konstellation, wenn nur ein Teil oder ein einzelnes Merkmal (*feature*) sich wiederholt, während andere verändert werden. In Forschungsarbeiten, die sich mit dem Phänomen der Bindung (*binding*) beschäftigen, zeigt diese *partial feature repetition* ein charakteristisches Leistungsmuster, das den Beobachtungen dieser Studie entspricht: Probanden reagieren langsamer auf eine partielle Wiederholung eines Stimulus als auf vollständige Wiederholung oder Abänderung jenes (Bogon et al., 2017; Zehetleitner et al., 2012 ; Zmigrod & Hommel, 2009, 2010). Die *partial feature repetition*

costs werden in Form einer Verlängerung der Reaktionszeit als Konsequenz eines automatischen Wiederabrufens vorheriger Bindungen (*bindings*) interpretiert (Colzato et al., 2012; Colzato et al., 2013). Auf das Flanker-Paradigma projiziert bedeutet das, dass die identische Wiederholung von SC-Stimuli und die Änderung von beispielsweise SC zu SIC schnellere Reaktionszeiten hervorgerufen als wenn die Kongruenz gleich bleibt, aber andere Buchstaben beinhaltet. Ähnliche Begründungen für den sequentiellen Kongruenzeffekt führen Autoren wie Schmidt (2019) und Mayr et al. (2003) an, die die Erklärung des *Congruency-Sequence-Effekts* (CSE) mit der *Conflict-Monitoring-Hypothese* anzweifeln und als alternative Erklärung Lernprozesse wie *feature binding* anbringen (Hommel, 2004; Mordkoff, 2012; Schmidt & de Houwer, 2011). Zu diesen Lern- und Gedächtnisprozessen, die zu den *biases* (Verzerrungen) gezählt werden, gehören neben dem *feature binding* auch *contingency learning* und *temporal learning*. Im Fokus liegt die Erklärung des PC und des CSE, da diese die Hauptpfeiler der Belege für die *Conflict-Monitoring-Theorie* darstellen. Während es sich bei *feature binding* um ein Erklärungsmodell für den CSE handelt, versuchen *contingency learning* und *temporal learning* die Effekte des PCs zu erklären.

Die Idee des *contingency learnings* basiert vor allem auf dem *Item-Specific-Proportion-Congruency-Effekt* (Schmidt, 2013; Hazeltine & Mordkoff, 2014). Dieser postuliert, dass der Kongruenzeffekt bei Stimuli, die meist kongruent sind, größer ist als bei Stimuli, die meist inkongruent sind. Dieser Effekt kann nicht mit der *Conflict-Monitoring-Theorie* erklärt werden, da nach dieser die Anpassung der Kontrolle nicht stimuli-spezifisch, sondern abhängig vom Konfliktlevel abläuft. Das *contingency learning* impliziert einen Lerneffekt des Probanden für das einzelne Item, also den spezifischen Stimulus, unabhängig von Kontrolle und Konflikt. Damit setzt der *Item-Specific-Proportion-Congruency-Effekt* damit voraus, dass die einzelnen Stimuli – in der durchgeführten Studie also Buchstaben – Kongruenzen in unterschiedlicher Gewichtung aufweisen. Durch eine zufällige Generierung der Stimuli, wie es in diesen Studien der Fall war, sollte diesem *bias* vorgebeugt werden können. Das ebenfalls als alternative Erklärung angeführte *temporal learning* bedeutet, dass eine höhere Geschwindigkeit in einem Experiment, bedingt durch größtenteils kongruente Stimuli, insgesamt zu schnelleren Antworten und infolgedessen zu einem höheren Kongruenzeffekt führt (Schmidt et al., 2019). Das widerspricht der *Conflict-Monitoring-Theorie*, die die Vergrößerung des Kongruenzeffektes durch die niedrigere basale Kontrolle erklärt. In der durchgeführten fMRT-Studie waren alle Kongruenzlevel gleich häufig, wobei zu berücksichtigen ist, dass es sich bei SIC und RIC um differente, aber beide Male inkongruente Stimuli handelt. Eine

Dreiteilung der Kongruenzlevel wurde in keiner der bisherigen Studien zum *temporal learning* bedacht. Somit kann nicht abschließend geklärt werden, ob das Ausmaß des Kongruenzeffekts dem *temporal learning* oder dem PC-Effekt und folglich der *Conflict-Monitoring*-Theorie zuzuschreiben ist.

In Versuchen, mögliche Verzerrungen zu umgehen und unabhängig von *feature integration* und *contingency biases* den CSE nachzuweisen, wurden unterschiedliche Ergebnisse erzielt (Duthoo et al., 2014; Kim & Cho, 2014; Schmidt & Weissman, 2014; Weissman et al., 2015). So konnten beispielsweise Schmidt und Weissman erfolgreich den CSE in einem adaptierten Design nachweisen, während Mayr et al. (2003) mit einem ähnlichen Aufbau scheiterten. Duthoo et al. (2014) konnten den CSE für drei verschiedene Paradigmen in *bias*-umgehenden Versionen aufzeigen, wobei der im Flanker-Paradigma am wenigsten robust erschien (Duthoo et al., 2014). Insgesamt zeigt die Diversität der Ergebnisse, dass die Abwesenheit von einigen Verzerrungen in einer Studie nicht deren generelle Existenz ausschließen kann. Vielmehr wirft dies die Frage auf, inwiefern diese Mechanismen miteinander interagieren.

Eine weitere abweichende Erklärung, die die *Conflict-Monitoring*-Theorie anfechtet, bietet die *Time-On-Task*-Theorie. Diese sieht einen Zusammenhang der neuronalen Aktivierung des dorsalen mediofrontalen Kortex (dmFC) – zu dem der dACC gehört – mit der *time on task*, gemessen an der Reaktionszeit, und nicht mit Konflikt (Grinband et al., 2011; Schmidt, 2013, Weissman & Carp, 2013). Die Schwäche der *Time-On-Task*-Theorie liegt vor allem in der Verallgemeinerung vom dACC auf den dmFC. Dadurch entsteht nicht nur ein sehr großes Feld und folglich ein großer Interpretationsspielraum von Aktivierung, auch ist das Areal schwammig definiert. Je nach Autor zählen unterschiedliche Bereiche zu dem dmFC. Einige beziehen sich spezifisch auf Brodmann-Areale 8 und 9 (Drevets, 2001; Lieberman, 2013), andere inkludieren darüber hinaus 10, 24 und 32 und damit auch den dACC und den prelimbischen Kortex (Corsi & Christen, 2012; Leary & Tangney, 2012). Unabhängig davon passen die hier erhobenen Ergebnisse nicht zu dieser These, da eine längere Reaktionszeit in den RIC-Stimuluspräsentationen, aber nicht eindeutig die größte Aktivierung in dieser Kondition festgestellt wurde.

Ein weiteres Resultat der Auswertung der Verhaltensdaten der fMRT-Studie auf den CSE ist die knappe Signifikanz des Effekts der Stabposition. In dem Post-Hoc-Test wird ersichtlich, dass die Probandinnen in der Querkondition längere Reaktionszeiten aufwiesen als in der Längskondition. Dies spricht für die im Abschnitt 4.1 diskutierte *Facial-Feedback*-Hypothese, da der induzierte positive Affekt mit dem negativen Affekt-Signal konkurriert und so längere Reaktionszeiten erzeugt. Auffällig ist, dass der Effekt der Stabposition in der ersten Analyse

der Reaktionszeiten deutlich nicht signifikant, dann ohne Berücksichtigung von fehlerhaften Stimuluspräsentationen für den Kongruenzeffekt beinahe signifikant und nach weiterer Bereinigung der Daten signifikant ist. Somit könnte letztlich die Stabposition doch einen Einfluss auf die kognitive Verarbeitung gehabt haben, aber möglicherweise durch zahlreiche Effekte und Phänomene überlagert worden sein.

Hinweise auf einen Zusammenhang zeigen sich auch in dem Post-Hoc-Test des CSEs auf die Stabposition. Wie in den Abbildungen 19 A–C ersichtlich wird, ist in der SC_SC-Bedingung, in der als einzige weder im vorangegangenen noch im aktuellen Stimulus Konflikt induziert wurde, kein Unterschied zwischen den Stabpositionen festzustellen. Bei der vollständigen Abwesenheit von Konflikt hat die Position des Stabes also keinen Einfluss mehr auf die Reaktionszeit. Im Umkehrschluss besteht eine Interaktion bei Konflikt.

Die Ganzkopfanalyse wurde anschließend an die ROI-Analyse durchgeführt, um mögliche zusätzliche Aktivitätsunterschiede in anderen Arealen zu detektieren. Doch die Ergebnisse der ROI-Analyse decken sich mit denen der voxelbasierten Ganzkopfauswertung. In dieser wurden neben den erwarteten Effekten im präfrontalen Kortex zusätzlich Aktivitätsunterschiede im supramarginalen und im angularen Gyrus gezeigt. Diese Areale werden mit der Nutzung von Werkzeugen, Planung von Funktionsgriffen und auch mit Abläufen im Kurzzeitgedächtnis in Verbindung gebracht (Guidali et al., 2019; McDowell et al., 2018; Potok et al., 2019). Die motorische Antwort auf die Stimuli, die in diesem Experiment erbeten wurde, kann somit die Aktivität in dieser Region prinzipiell erklären. Warum diese Aktivierung in der RIC-Kondition am stärksten zu verzeichnen war, ergibt sich nicht.

Insgesamt konnte also in dieser Studie die Konfliktinduktion durch einen negativen Affekt entsprechend der *Conflict-Monitoring*-Hypothese in den mit ihr beschriebenen Bereichen nicht klar nachgewiesen werden.

5.2.2. Fehler als Folge erhöhten Konflikts

Die Verhaltensdaten veranschaulichen, dass Fehler deutlich geringere Reaktionszeiten aufweisen als korrekte Antworten. Dieser Effekt ist Konsequenz des *speed accuracy trade-off* Phänomens (Bogacz et al., 2010; Heitz & Schall, 2012; Standage et al., 2014). Demnach gehen Verbesserungen hinsichtlich der Schnelligkeit auf Kosten der Genauigkeit und anders herum. In den neuronalen Korrelaten der Performanz wird die erwartete Koaktivierung von ACC und anterioren Insel sowie präfrontalem Kortex ersichtlich (MacDonald et al., 2000; Ullsperger et al., 2010).

Botvinick et al. (2001) argumentierten, dass es sich bei Fehlern um eine spezielle Art von Konflikt handle. Daher sei die hohe ACC-Aktivierung nicht durch den Fehler per se, sondern durch seinen hohen Konfliktgehalt begründet. Dieser basiere auf der gegenseitigen Beeinträchtigung verschiedener Verarbeitungspfade, die entweder zu einer inkorrekten oder korrekten Antwort führen. Die inkorrekte Antwort wird direkt durch den ablenkenden Stimulus und somit schnell provoziert, wohingegen aktive Verarbeitungsprozesse die korrekte und damit langsamere Antwort generieren (Botvinick et al., 2001). Andere Forschungsgruppen haben Unterschiede in der Aktivierung des ACC zwischen Konflikt und Fehlern beobachtet (Koban & Pourtois, 2014). Unter anderem wurde in den Arbeiten der orbitofrontale Kortex bei Fehlern, aber nicht bei Konflikt allein, aktiviert (Buzzel et al., 2017).

Diese Unterscheidung kann hier nicht nachgewiesen werden. Demnach entsprechen die vorliegenden Ergebnisse eher der These, dass Fehler ein hohes Konfliktniveau innehaben. Dies würde erklären, warum die Daten ohne Betrachtung der Fehler keine eindeutige Aktivierung des ACC aufweisen, die Analyse inklusive Fehler aber die erwarteten Ergebnisse zeigt.

5.3. Einfluss von *facial feedback* auf *conflict monitoring*

Eine Interaktion der beiden Theorien würde bedeuten, dass der experimentell induzierte positive Affekt eine Reduktion der Kontroll-Anpassung nach sich zieht. Der Hypothese zufolge hätte der induzierte positive Affekt mit dem negativen Affekt-Signal des Konfliktdetektors konkurriert und eine geringere Adaptation der Kontrolle bedeutet (van Steenbergen et al., 2010). Als Nachweis könnte ein verminderter CSE oder eine entsprechende Abschwächung der neuronalen Aktivität in der Querkondition der Stabposition dienen. Beides konnte in dieser Studie nicht aufgezeigt werden. Eine mögliche Limitierung der Studie könnte sein, dass der Konflikt insgesamt zu gering ausgefallen ist. Es ist nicht auszuschließen, dass ein Unterschied existent war, nur die Unterschiede nicht ausreichend groß waren, um nachgewiesen zu werden. Auch können der positive Affekt durch die Stabmanipulation nicht hinreichend oder die Probandenanzahl in der Studien nicht groß genug gewesen sein. In der Arbeit von Wiswede et al. (2009) wurde zwar von einer mittleren bis großen Effektstärke der Stabposition berichtet, jedoch könnte dies ein Ausreißer gewesen sein und die wahre Effektstärke wie in dem Versuch von Strack et al. (1988) kleinere Werte annehmen. Somit wäre eine größere Probandenanzahl notwendig gewesen, um einen nachweisbaren Effekt zu erzielen.

Ferner gibt es Hinweise auf einen Einfluss negativer wie auch positiver Kompatibilität des Affektes (Wu et al., 2020). Diese Hypothese der Kompatibilität besagt, dass die Übereinstimmung von impliziter und expliziter Emotion selbige verstärkt. Explizite Emotionen sind Emotionen, denen sich das empfindende Individuum bewusst ist, während implizite Emotionen dem Individuum unbewusst sind. In einem Experiment konnte das Gefühl der Hilflosigkeit und Depression reduziert werden, wenn die explizite Empfindung (Erleben einer Niederlage) und implizite Empfindung (gekrümmte Sitzposition) kompatibel waren (Riskind, 1984). Auf diese Studie übertragen könnte das bedeuten, dass implizite negative Empfindungen, die durch Bewegungseinschränkung, Anspannung oder die Geräuschkulisse im fMRT entstanden, durch ihre Inkongruenz die Wirkung der Stabmanipulation beeinträchtigt haben. Diese Annahme deckt sich mit der Beobachtung, dass die Stabposition keinen signifikanten Einfluss zeigt, wenn Fehler in der Auswertung enthalten sind. Fehler sind mit deutlich negativem Affekt verbunden und könnten so die Induktion des positiven Affektes abgeschwächt haben.

Abgesehen von den Aspekten, die spezifisch dieses Experiment beeinflussen, gibt es generelle Faktoren, die sich auf die Ergebnisse auswirken können. Diese sind sowohl physischer Natur, als auch verhaltensbezogen, wodurch sich inter- und intraindividuelle Unterschiede in jedem Experiment ergeben. Interindividuelle Variabilität besteht zum Beispiel in der kognitiven Verarbeitung und auch in der Form der hämodynamischen Antwort. Dabei könnte das Geschlecht der Probandinnen einen Einflussfaktor darstellen. Es besteht Evidenz, dass der weibliche Menstruationszyklus zu Änderungen im humoralen Status führt und damit wiederum Einfluss auf die zerebrale Hämodynamik und somit das gemessene BOLD-Signal nimmt (Hausmann et al., 2002; Pletzer et al., 2011). Um vergleichbare Bedingungen zu sichern, hätte zum Zeitpunkt der Untersuchungen kontrolliert werden müssen, in welcher Phase sich die Frau befindet. Ebenso müssten Frauen, die durch hormonelle Kontrazeptiva verhüten, ausgeschlossen werden. Diese aufwendigen Prozeduren könnten phasische Veränderungen im Östrogen-Progesteron-Verhältnis kontrolliert halten und die hieron beeinflusste Gehirndurchblutung vergleichbar machen (Dietrich et al., 2001).

Zu den interindividuellen Unterschieden kommen die intraindividuellen Veränderungen jedes Probanden. Diese können im Laufe der Zeit Ermüdungs- und Gewöhnungseffekte aufweisen. Hinsichtlich des Verhaltens gilt generell, je länger und komplexer die Aufgabe, desto stärker variiert die Performanz mit der Zeit (Huettel et al., 2014). Außerdem ist es möglich, dass die Probanden bewusst ihre Strategie ändern oder besonders fähig in einer Aufgabe sind. Wäre

von rein unbewusster und unbeeinflusster Kontrollanpassung nach der *Conflict-Monitoring*-Theorie auszugehen, sollten die möglichen Strategien entweder langsam und korrekt oder schnell und fehlerreich darstellen. Bei eingehender Betrachtung der Verhaltensdaten wird aber deutlich, dass in dieser Studie die Probanden mit den meisten Fehlern nicht die schnellsten waren. Die Ergebnisse (Abbildung 14) machen damit einen wesentlichen Einfluss willentlicher Aufmerksamkeitsfokussierung und somit spezieller Lösungsstrategien wahrscheinlich.

Zusammenfassend können die Ergebnisse dieser Arbeit keinen manifesten Beweis für den Zusammenhang der *Facial-Feedback*- und der *Conflict-Monitoring*-Theorie über eine Affekt-Verknüpfung liefern, diesen aber auch nicht ausschließen. Dementsprechend muss die Definition der *Conflict-Monitoring*-Theorie in der aktuellen Form angezweifelt und weiter untersucht werden. In den vorliegenden Resultaten gibt es einige Ansatzpunkte, wie die Signifikanz der Stabposition nach intensiver Bereinigung von möglichen verzerrenden Einflüssen, denen nachgegangen werden sollte.

Auch zeigen die Verhaltensdaten der Verhaltensstudie einen subjektiven Effekt des Paradigmas auf die Stimmung der Probanden. Allerdings äußerte sich der Einfluss entgegengesetzt zu der in der ursprünglichen Hypothese angenommenen Richtung. Die Ergebnisse machen wahrscheinlich, dass der negative Affekt durch das Paradigma einen größeren Effekt auf den positiven Affekt durch die Stabmanipulation hat als umgekehrt.

Außerdem sollte die Korrelation zwischen Intensität des Lächelns beziehungsweise der Zygomaticus-Aktivität (Unterscheidung Duchenne- und Nicht-Duchenne-Lächeln) und dem Ausmaß des induzierten Affektes weitergehend untersucht werden. Erkenntnisse dieser Analysen könnten klären, ob der induzierte Affekt als Ansatz für Therapien von affektiven Erkrankungen nutzbar gemacht werden kann.

Diese Studie nutzt ein bewährtes Paradigma in konventionellem Aufbau, angepasst an die funktionale Bildgebung im fMRT. Es ist nicht auszuschließen, dass das fMRT selbst Einfluss auf den Affekt der Probandinnen und auch die Adaptation des Paradigmas Einbußen der Effekte auf Konflikt- und Affektinduktion bedeutet haben. So ist es möglich, dass Änderungen im Design der Studie eindeutigere Ergebnisse liefern. Weitere Arbeiten sollten ihren Fokus darauf setzen, Designs zu entwickeln, die sowohl ausreichenden Affekt und Konflikt generieren, während sie zeitgleich mögliche *biases* vermeiden.

Des Weiteren ist die Wahl des Paradigmas kritisch, um ausreichend Konflikt zu generieren. Im Bereich der Interferenz- und Konfliktlösung werden hauptsäch-

lich drei Paradigmen genutzt: Das Flanker-Paradigma, der Stroop-Test und die Simon-Aufgabe, auch *spatial resolution task* genannt (Simon & Rudell, 1967). Bei der Entscheidung für eine Art des Paradigmas müssen die Vor- und Nachteile gegeneinander abgewägt werden. Bei der Simon-Aufgabe sollte berücksichtigt werden, dass unwillkürliche Kopfbewegungen durch die variierende Präsentationsseite der Stimuli auftreten können. Dies könnte im fMRT zu Bewegungsartefakten führen. Der Stroop-Test induziert zwar einen hohen Grad an Konflikt, benötigt aber die Fähigkeit des Lesens. Auch beeinflusst die Schnelligkeit des Lesens die Reaktionszeit maßgeblich. Das Flanker-Paradigma erfordert nur das Erkennen einzelner Buchstaben und ist in ruhiger Haltung durchführbar, erzeugt aber möglicherweise weniger Konflikt als der Stroop-Test.

6. Zusammenfassung

Bewusstes Handeln bedarf einer Reihe kognitiver Prozesse, die flexible Kontrolle von Handlungsintentionen und somit zielgerichtetes Vorgehen ermöglichen. Das Feld der kognitiven Kontrolle beinhaltet eine Vielzahl von Funktionen, die in ihrer Ganzheit noch nicht verstanden sind. Die Konfliktüberwachungstheorie (*Conflict-Monitoring-Theorie*) ist einen Erklärungsansatz für die automatische Antwortinhibition und Interferenzkontrolle: Erst wird ein auftretender Konflikt detektiert und dann via negativem Affekt an nachgeschaltete Zentren gesendet, um die Aufmerksamkeit anzupassen. Diese Kontrolle dient damit der Verminderung von Konflikt und Fehlern. Ebenfalls mit induziertem Affekt beschäftigt sich die *Facial-Feedback-Hypothese*, die zur emotionalen Verkörperung (*emotion embodiment*) gehört. Sie beschreibt die Möglichkeit der Induktion und Modulation von Emotion und Affekt durch Gesichtsausdrücke, die mit einer bestimmten Emotion assoziiert sind. Das Ziel dieser Arbeit ist es, über den gemeinsamen Faktor des Affekts zu prüfen, ob es einen Einfluss von emotionaler Verkörperung auf die neuronale Verarbeitung von Konflikt und Fehlern gibt. Ferner sollte in dieser Arbeit die kognitive Verarbeitung von Konflikten und Fehlern dargestellt und auf ein in der Literatur beschriebenes Netzwerk geprüft werden.

Möglich ist in diesem Zusammenhang die Beeinflussung der kognitiven Kontrolle durch einen positiven Affekt, indem dieser mit dem als Signal fungierenden negativen Affekt konkurriert und diesen so abschwächt. Dies würde bedeuten, dass sich bei erfolgreicher Induktion eines positiven Affektes die Performanz der Probanden (gemessen an Fehlerrate und Reaktionszeit) verschlechtern und die neuronale Aktivität im beteiligten Gehirnareale abnehmen würde. Diese Induktion eines positiven Affektes sollte durch die Anspannung des als Lachmuskel bekannten *Musculus zygomaticus major* erreicht werden, indem ein Stab quer im Mund gehalten wird. Als Vergleich sollte in Längsposition des Stabes eine Anspannung eben diesen Muskels verhindert und somit kein Affekt induziert werden.

Um eine solche potentielle Einflussnahme aufzuzeigen, wurde eine fMRT-Studie mit 15 Probandinnen durchgeführt, in dem ein Flanker-Paradigma zur Induktion von Handlungskonflikten genutzt wurde. In diesem Paradigma wurden kongruenten, stimulus-inkongruenten und antwort-inkongruenten Stimuli verwendet. Die Probandinnen absolvierten insgesamt acht Untersuchungsblöcke, wobei sie zur Stimmungsinduktion in jeweils vier Untersuchungsblöcken einen Stab quer beziehungsweise längs im Mund hielten. Neben den Korrelaten der neuronalen Aktivität, gemessen durch die BOLD-Antwort der Probandinnen,

wurden Reaktionszeiten und Fehlerraten analysiert. Eine zweite Studie mit 20 Probanden (15 Frauen, fünf Männer) wurde ohne funktionelle Bildgebung durchgeführt. Stattdessen wurde das subjektive Empfinden der Probanden vor und nach dem Paradigma durch einen Emotionsfragebogen erhoben.

In den Ergebnissen konnte ein signifikanter Effekt der Performanz der Probanden und der Kongruenz der Stimuli auf das Verhalten gezeigt werden: Fehler zeigten eine kürzere Reaktionszeit als korrekte Reaktionen. Reaktionen auf antwort-inkongruente Stimuli führten zu den höchsten, Reaktionen auf kongruente Stimuli zu den niedrigsten Fehlerraten und Reaktionszeiten. Zudem zeigte sich bei Fehlern im Vergleich zu korrekten Antworten in der ROI-Analyse sowohl in der Maske der kognitiven Kontrolle als auch in der Maske der Interaktion von kognitiver und emotionaler Kontrolle nach Chen et al. (2020) signifikant größere Aktivität. Die Stabposition zeigte keinen signifikanten Effekt auf die neuronale Aktivität und kaum Veränderungen des Verhaltens. Unter Ausschluss fehlerhafter Antworten und identischer Wiederholungen zur Testung des sequentiellen Kongruenzeffekts konnten in der Querkondition signifikant längere Reaktionszeiten als in der Längskondition dargestellt werden. In der Auswertung des Emotionsfragebogens zeigten sich keine signifikanten Ergebnisse mit Ausnahme des Bereichs der Extraversion. Dort zeigte sich eine Abnahme der Punktzahl im Bereich der Extraversion im Vergleich des Ausgangszeitpunkts mit jeweils beiden Zeitpunkten nach vier Stimuluspräsentationen in der Längs- und Querkondition, während der Vergleich dieser beiden nicht signifikant war.

Eine Veränderung der Stabposition und der damit intendierten Veränderung des Affekts hat in deiner Untersuchung keinen Einfluss auf die durch kognitive Kontrollprozesse bedingten Aktivierungen, wenn es auch Hinweise auf Verbindungen gibt. Diese zeigt sich in den Reaktionszeitveränderungen des sequentiellen Kongruenzeffektes. Allerdings gibt es den Hinweis eines Einflusses der Stabposition nicht bei den neuronalen Korrelaten. Die Ergebnisse der Verhaltensstudie legen nahe, dass ein Grund dafür die Richtung des Effektes der divergenten Affekte sein könnte. Die Daten deuten auf einen Einfluss von negativem Affekt, induziert durch das Paradigma, auf das subjektive Empfinden der Probanden hin. Dieser Einfluss scheint stärker zu sein als der des durch den Stab induzierten positiven Affekts.

Die gesammelten Verhaltensdaten hinsichtlich der mit verschiedenen Stimuli assoziierten Kongruenzlevel stimmen mit ähnlichen Forschungsarbeiten überein, allerdings zeigen sich in der Bildgebung Abweichungen von den in der *Conflict-Monitoring*-Theorie beschriebenen Annahmen. Dabei wurden verschiedene Faktoren identifiziert, die Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben könnten,

wie die Art des Lächelns oder die Stärke des induzierten Konflikts. Des Weiteren deuten die Daten darauf hin, dass der Effekt der gegenseitigen Beeinflussung des Affektes umgekehrt der ursprünglichen Annahme sein könnte, was es in zukünftigen Arbeiten zu prüfen gilt. Bezüglich der Performanz und der Fehlerverarbeitung wurden in der Literatur beschriebene Verhaltensdaten und neuronale Aktivierungsmuster bestätigt. Insgesamt birgt die vorliegende Arbeit zahlreiche Ansätze, sodass zukünftige Forschung in diesem Bereich auch hinsichtlich klinischer Aspekte vielversprechend erscheint.

Literaturverzeichnis

- Abrahamse, E., Braem, S., Notebaert, W., Verguts, T. (2016). Grounding cognitive control in associative learning. *Psychological Bulletin*, 142(7), 693–728.
- Adelman, P. K., Zajonc, R. B. (1989). Facial efference and the experience of emotion. *Annual Review of Psychology*, 40, 249–280.
- Aggleton, J. P. (2012). Multiple anatomical systems embedded within the primate medial temporal lobe: implications for hippocampal function. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(7), 1579–1596.
- Aggleton, J. P., O'Mara, S. M., Vann, S. D., Wright, N. F., Tsanov, M., Erichsen, J. T. (2010). Hippocampal–anterior thalamic pathways for memory: uncovering a network of direct and indirect actions. *European Journal of Neuroscience*, 31(12), 2292–2307.
- Alexander, W. H., Brown, J. W. (2011). Medial prefrontal cortex as an action outcome predictor. *Nature Neuroscience*, 14(10), 1338–1344.
- Algom, D., Chajut, E. (2019). Reclaiming the Stroop Effect Back From Control to Input-Driven Attention and Perception. *Frontiers in Psychology*, 10(1683).
- Ashby, F. G., Isen, A. M., Turken, A. U. (1999). A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychology Review*, 106(3), 529–550.
- Ashby, F. G., Valentin, V. V., Turken, A. U. (2002). The effects of positive affect and arousal on working memory and executive attention. In S. Moore & M. Oaksford (Hrsg.), *Emotional cognition: from brain to behaviour*, 245–287, John Benjamins, Amsterdam.
- Badre, D. (2008). Cognitive control, hierarchy, and the rostro-caudal organization of the frontal lobes. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(5), 193–200.
- Badre, D., Wagner, A. D. (2002). Semantic retrieval, mnemonic control, and prefrontal cortex. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1(3), 206–218.
- Badre, D., Wagner, A. D. (2007). Left ventrolateral prefrontal cortex and the cognitive control of memory. *Neuropsychologia*, 45(13), 2883–2901.
- Banich, M. T., Mackiewicz, K. L., Depue, B. E., Whitmer, A. J., Miller, G. A., Heller, W. (2009). Cognitive control mechanisms, emotion and memory: A neural perspective with implications for psychopathology. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(5), 613–630.
- Ben-Shachar, M., Lüdtke, D., Makowski, D. (2020). effectsize: Estimation of Effect Size Indices and Standardized Parameters. *Journal of Open Source Software*, 5(56), 2815.
- Bench, C. T., Frith, C. D., Grasby, P. M., Friston, K. J., Paulson, E., Frackowiak, R. S. J., Dolan, R. J. (1993). Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*, 31 (9), 907–922.

- Bermeitinger, C., Koch, F., Wilborn, D. L. (2011). Embodied emotions: Emotions as language of the body? *L.O.G.O.S. Interdisziplinair*, 19(4), 244–259.
- Bertelson, P. (1963). S-R relationships and reaction times to new versus repeated signals in a serial task. *Journal of Experimental Psychology*, 65(5), 478–484.
- Blockley, N. P., Griffeth, V. E. M., Simon, A. B., Buxton, R.B. (2013). A review of calibrated blood oxygenation level-dependent (BOLD) methods for the measurement of task-induced changes of brain oxygen metabolism. *NMR in Biomedicine*, 26(8), 987–1003.
- Bogacz, R., Wagenmakers, E. J., Forstmann, B., Nieuwenhuis, S. (2009). The neural basis of the speed–accuracy tradeoff. *Trends in neurosciences*, 33(1), 10–16.
- Bogon, J., Thomaschke, R., Dreisbach, G. (2017). Binding time: Evidence for integration of temporal stimulus features. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79 (5), 1290–1296.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108(3), 624–652.
- Botvinick, M., Cohen, J. D., Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(12), 539–546.
- Botvinick, M., Nystrom, L., Fissell, K., Carter, C. S., Cohen, J. D. (1999). Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex. *Nature*, 402(6758), 179–181.
- Boucher, J. D. (1983). Antecedents to emotions across cultures. In S. H. Irvine & J. W. Berry (Hrsg.), *Human assessment and cultural factors*, 407–420, Plenum Press, New York.
- Braem, S., King, J. A., Korb, F. M., Krebs, R. M., Notebaert, W., Eger, T. (2017). The role of anterior cingulate cortex in the affective evaluation of conflict. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(1), 137–149.
- Brandt, M. E., Boucher, J. D. (1986). Judgments of emotions from antecedent situations in four cultures. In I. Reyes-Lagunes & Y. H. Poortinga (Hrsg.), *From a different perspective: Studies of behavior across cultures*, 321–346, Swets and Zeitlinger, Lisse.
- Brett, M., Anton, J. L., Valabregue, R., Poline, J. B. (2002). Region of interest analysis using an SPM toolbox. Presented at the 8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain. *NeuroImage*, 16(2), 497.
- Brown, J. W., Braver, T. S. (2005). Learned predictions of error likelihood in the anterior cingulate cortex. *Science*, 307 (5712), 1118–1121.
- Brouillet, T., Ferrier, L. P., Grosselin, A., Brouillet, D. (2011). Action compatibility effects are hedonically marked and have incidental consequences on affective judgment. *Emotion*, 11(5), 1202–1205.

- Buck, R. (1980). Nonverbal behavior and the theory of emotion: the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 38(5), 811–824.
- Bush, G., Vogt, B. A., Holmes, J., Dale, A. M., Greve, D., Jenike, M. A., Rosen, B. R. (2002). Dorsal anterior cingulate cortex: a role in reward-based decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(1), 523–528.
- Buzzell, G. A., Richards, J. E., White, L. K., Barker, T. V., Pine, D. S., Fox, N. A. (2017). Development of the error-monitoring system from ages 9–35: Unique insight provided by MRI-constrained source localization of EEG. *NeuroImage*, 157, 13–26.
- Caldwell, A., R., Lakens, D., Parlett-Pelleriti, C., M., Prochilo, G., Aust, F. (2022). *Power Analysis with Superpower*. <https://aaroncaldwell.us/SuperpowerBook/index.html> [abgerufen 28.1.2023]
- Carrera, E., Bogousslavsky, J. (2006). The thalamus and behavior: effects of anatomically distinct strokes. *Neurology*, 66(12), 1817–1823.
- Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., Botvinick, M. M., Noll, D., Cohen, J. D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280(5364), 747–749.
- Carter, C. S., Mintun, M., Cohen, J. D. (1995). Interference and facilitation effects during selective attention: An H₂¹⁵O PET study of Stroop task performance. *NeuroImage*, 2(4), 264–272.
- Chechko, N., Wehrle, R., Erhardt, A., Holsboer, F., Czisch, M., Sämann, P. G. (2009). Unstable prefrontal response to emotional conflict and activation of lower limbic structures and brainstem in remitted panic disorder. *PLoS One*, 4(5):e5537.
- Chechko, N., Kellermann, T., Zvyagintsev, M., Augustin, M., Schneider, F., Habel, U. (2012). Brain circuitries involved in semantic interference by demands of emotional and non-emotional distractors. *PLoS One*, 7(5):e38155.
- Chechko, N., Augustin, M., Zvyagintsev, M., Schneider, F., Habel, U., Kellermann, T. (2013). Brain circuitries involved in emotional interference task in major depression disorder. *Journal of Affective Disorders*, 149(1), 136–145.
- Chen, T., Becker, B., Camilleri, J., Wang, L., Yu, S., Eickhoff, S. B., Feng, C. (2018). A domain-general brain network underlying emotional and cognitive interference processing: evidence from coordinate-based and functional connectivity meta-analyses. *Brain Structure and Function*, 223(8), 3813–3840.
- Chiew, K. S., Braver, T. S. (2011). Neural circuitry of emotional and cognitive conflict revealed through facial expressions. *PLoS One*, 6(3):e 17635.
- Cieslik, E. C., Mueller, V. I., Eickhoff, C. R., Langner, R., Eickhoff, S. B. (2015). Three key regions for supervisory attentional control: evidence from neuroimaging meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 48, 22–34.

- Cole, M. W., Schneider, W. (2007). The cognitive control network: integrated cortical regions with dissociable functions. *NeuroImage*, 37(1), 343–360.
- Coles, N. A., Larsen, J. T., Kuribayashi, J., Kuelz, A. (2019). Does Blocking Facial Feedback Via Botulinum Toxin Injections Decrease Depression? A Critical Review and Meta-Analysis. *Emotion Review*, 11(4), 294–309.
- Colombetti, G., Thompson, E. (2008). The feeling body: Toward an enactive approach to emotion. In W. F. Overton, U. Müller, J. Newman (Hrsg.), *Body in mind, mind in body: Developmental perspectives on embodiment and consciousness*, 45–63, Lawrence Erlbaum, New York.
- Colzato, L. S., van Wouwe, N. C., Hommel, B., Zmigrod, S., Ridderinkhof, K. R., Wylie, S. A. (2012). Dopaminergic modulation of the updating of stimulus-response episodes in Parkinson's disease. *Behavioural Brain Research*, 228(1), 82–86.
- Colzato, L. S., Zmigrod, S., Hommel, B. (2013). Working memory updating predicts individual differences in updating stimulus–response episodes. *Visual Cognition*, 21(1), 13–22.
- Corsi, P. S., Christen, Y. (2012). Epigenetics, Brain and Behavior. In *Research and Perspectives in Neurosciences*, 88, Springer, Berlin.
- Dehaene, S., Posner, M. I., Tucker, D. M. (1994). Localization of a neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 5(5), 303–305.
- Damen, T. G., Strick, M., Taris, T. W., Aarts, H. (2018). When conflict influences liking: The case of the Stroop task. *PLoS One*, 13(7), e:0199700.
- Derrfuss, J., Brass, M., Neumann, J., von Cramon, D. Y. (2005). Involvement of the inferior frontal junction in cognitive control: meta-analyses of switching and Stroop studies. *Human Brain Mapping*, 25(1), 22–34.
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Alsop, D. C., Shin, R. K., Atlas, S., Grossman, M. (1995). The neural basis of the central executive of working memory. *Nature*, 378, 279–281.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
- Dietrich, T., Krings, T., Neulen, J., Willmes, K., Erberich, S., Thron, A., Sturm, W. (2001). Effects of blood estrogen level on cortical activation patterns during cognitive activation as measured by functional MRI. *NeuroImage*, 13(3), 425–432.
- Dignath, D., Eder, A. B., Steinhauser, M., Kiesel, A. (2020). Conflict monitoring and the affective-signaling hypothesis-An integrative review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(2), 193–216.
- Di Pellegrino, G., Ciaramelli, E., Ladavas, E. (2007). The regulation of cognitive control following rostral anterior cingulate cortex lesion in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(2), 275–286.
- Dreisbach, G., Goschke, T. (2004). How positive affect modulates cognitive control: reduced perseveration at the cost of increased distractibility. *Journal of experimental psychology. Learning, memory and cognition*, 30(2), 343–353.

- Dreisbach, G. (2006). How positive affect modulates cognitive control: the costs and benefits of reduced maintenance capability. *Brain and cognition*, 60(1), 11–19.
- Drevets, W. C. (2001). Integration of Structural and Functional Imaging: Examples in Depression Research. In D. D. Dougherty & S. L. Rauch (Hrsg.), *Psychiatric Neuroimaging Research: Contemporary Strategies*, 273, American Psychiatric Publishing, Washington.
- Duchenne, G. B. (1990). Duchenne and facial expression of emotion. In R. A. Cuthbertson (Hrsg.), *The mechanism of human facial expression or an electro-physiological analysis of the expression of emotions*, 270–284, Cambridge University Press, New York.
- Duthoo, W., Abrahamse, E. L., Braem, S., Boehler, C. N., Notebaert, W. (2014). The congruency sequence effect 3.0: A critical test of conflict adaptation. *PLoS One*, 9(10):e110462.
- Duthoo, W., Braem, S., Houtman, F., Schoupe, N., Santens, P., Notebaert, W. (2013). Dopaminergic medication counteracts conflict adaptation in patients with Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 27(5), 556–561.
- Egner, T. (2014). Creatures of habit (and control): A multi-level learning perspective on the modulation of congruency effects. *Frontiers in Psychology*, 5(1247).
- Ekman, P. (1973). Cross-cultural studies of facial expressions. In P. Ekman (Hrsg.), *Darwin and facial expression*, 169–222, Academic Press, New York.
- Ekman, P. (1989). The argument and evidence about universals in facial expressions of emotion. In H. Wagner & A. Manstead (Hrsg.), *Handbook of psychophysiology: The biological psychology of the emotions and social processes*, 143–164, Wiley, New York.
- Ekman, P., Davidson, R. J., Friesen, W. V. (1990). The Duchenne smile: Emotional expression and brain physiology II. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 342–353.
- Ekman, P., Friesen, W. V., O'Sullivan, M. (1988). Smiles when lying. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(3), 414–420.
- 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(1), 143–149.
- Eriksen, C. W. (1995). The flankers task and response competition: A useful tool for investigating a variety of cognitive problems. *Visual Cognition*, 2(2–3), 101–118.
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D. M., Kandel, E. R., Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: a role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron*, 51(6), 871–882.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.G., Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.
- Fazio, R. (2001). On the Automatic Activation of Associated Evaluations: An Overview. *Cognition and Emotion*, 15 (2), 115–141.

- Fazio, R. H., Sanbonmatsu, D. M., Powell, M. C., Kardes, F. R. (1986). On the automatic activation of attitudes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(2), 229–238.
- Finzi, E., Rosenthal, N. E. (2014). Treatment of depression with on a botulinumtoxin A: A randomized, double-blind, placebo controlled trial. *Journal of Psychiatric Research*, 52, 1–6.
- Fox, P. T., Raichle, M. E. (1986). Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 83(4), 1140–1144.
- Frank, M. G., Ekman, P., Friesen, W. V. (1993). Behavioral markers and recognizability of the smile of enjoyment. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64(1), 83–93.
- Friston, K. (2012). Ten ironic rules for non-statistical reviewers. *NeuroImage*, 61(4), 1300–1310.
- Fritz, J., Dreisbach, G. (2015). The time course of the aversive conflict signal. *Experimental Psychology*, 62(1), 30–39.
- Fritz, J., Fischer, R., Dreisbach, G. (2015). The influence of negative stimulus features on conflict adaption: evidence from fluency of processing. *Frontiers in Psychology*, 6(185).
- Frühholz, S., Fehr, T., Herrmann, M. (2009). Interference control during recognition of facial affect enhances the processing of expression specific properties – an event-related fMRI study. *Brain Research*, 1269, 143–157.
- Gehring, W. J., Fencsik, D. E. (2001). Functions of the medial frontal cortex in the processing of conflict and errors. *Journal of Neuroscience*, 21(23), 9430–9437.
- Gellhorn, E. (1964). Motion and emotion: The role of proprioception in the physiology and pathology of the emotions. *Psychological Review*, 71(6), 457–472.
- George, M. S., Ketter, T. A., Parekh, P. I., Rosinsky, N., Ring, H., Casey, B. J., Trimble, M. R., Horowitz, B., Herscovitch, P., Post, R. M. (1994). Regional brain activity when selecting a response despite interference: An H₂₁₅O PET study of the Stroop and emotional Stroop. *Human Brain Mapping*, 1(3), 194–209.
- Godinez, D. A., McRae, K., Andrews-Hanna, J. R., Smolker, H., Banich, M. T. (2016). Differences in frontal and limbic brain activation in a small sample of monozygotic twin pairs discordant for severe stressful life events. *Neurobiology of Stress*, 5, 26–36.
- Goller, F., Khalid, S., Ansorge, U. (2017). A double dissociation between conscious and non-conscious priming of responses and affect: Evidence for a contribution of misattributions to the priming of affect. *Frontiers in Psychology*, 8(453).
- Goschke, T., Bolte, A. (2014). Emotional modulation of control dilemmas: the role of positive affect, reward, and dopamine in cognitive stability and flexibility. *Neuropsychologia*, 62, 403–423.

- Grinband, J., Savitskaya, J., Wager, T. D., Teichert, T., Ferrera, V. P., Hirsch, J. (2011). The dorsal medial frontal cortex is sensitive to time on task, not response conflict or error likelihood. *NeuroImage*, 57(2), 303–311.
- Grinband, J., Wager, T. D., Lindquist, M., Ferrera, V. P., Hirsch, J. (2008). Detection of timevarying signals in event-related fMRI designs. *NeuroImage*, 43(3), 509–520.
- Guidali, G., Pisoni, A., Bolognini, N., Papagno, C. (2019). Keeping order in the brain: The supramarginal gyrus and serial order in short-term memory. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 119, 89–99.
- Hajcak, G., McDonald, N., Simons, R. F. (2004). Error-related psychophysiology and negative affect. *Brain and Cognition*, 56(2), 189–197.
- Hausmann, M., Becker, C., Gather, U., Güntürkün, O. (2002). Functional cerebral asymmetries during the menstrual cycle: a cross-sectional and longitudinal analysis. *Neuropsychologia*, 40(7), 808–816.
- Havas, D., Glenberg, A., Rinck, M. (2007). Emotion simulation during language comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 436–441.
- Hazeltine, E., Mordkoff, J. T. (2014). Resolved but not forgotten: Stroop conflict dredges up the past. *Frontiers in Psychology*, 5(1327).
- Heitz R. P., Schall, J. D. (2012). Neural mechanisms of speed-accuracy trade off. *Neuron*, 76(3), 616–628.
- Hennenlotter, A., Dresel, C., Castrop, F., Ceballos-Baumann, A. O., Wohlschläger, A. M., Haslinger, B. (2009). The link between facial feedback and neural activity within central circuitries of emotion - new insights from botulinum toxin-induced denervation of frown muscles. *Cerebral Cortex*, 19(3), 537–542.
- Hengstler, M., Holland, R. W., van Steenbergen, H., van Knippenberg, A. (2014). The influence of approach–avoidance motivational orientation on conflict adaptation. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 14(2), 548–560.
- Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Nystrom, L., Mars, R. B., Coles, M. G. H., Cohen, J. D. (2004). Dorsal anterior cingulate cortex shows fMRI response to internal and external error signals. *Nature Neuroscience*, 7(5), 497–498.
- Hommel, B. (2004). Event files: Feature binding in and across perception and action. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(11), 494–500.
- Hommel, B., Colzato, L. S. (2004). Visual attention and the temporal dynamics of feature integration. *Visual Cognition*, 11(4), 483–521.
- Huan, Q., Fangjie, S., Cameron, L., Anwen, S., Yingjun, L. (2020). Efficacy and Safety of Botulinum Toxin vs. Placebo in Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in Psychiatry*, 11(603087).
- Huettel, S. A., Song, A. W., McCarthy, G. (2014). *Functional Magnetic Resonance Imaging, Third edition*, 193–290, Sinauer Associates, Sunderland.

- Isen, A. M. (1987). Positive affect, cognitive processes, and social behavior. In L. Berkowitz (Hrsg.), *Advances in experimental social psychology*, 20, 203–253, Academic Press, New York.
- Isen, A. M. (2001). An Influence of Positive Affect on Decision Making in Complex Situations: Theoretical Issues With Practical Implications. *Journal of consumer psychology*, 11(2), 75–85.
- Iwase, M., Ouchi, Y., Okada, H., Yokoyama, C., Nobezawa, S., Yoshikawa, E., Tsukada, H., Takeda, M., Yamashita, K., Takeda, M., Yamaguti, K., Kuratsune, H., Shimizu, A., Watanabe, Y. (2002). Neural substrates of human facial expression of pleasant emotion induced by comic films: a PET Study. *NeuroImage*, 17(2), 758–768.
- Izard, C. E. (1971). *The face of emotion*, Appleton-Century-Crofts, New York.
- Jäncke, L. (2005). *Methoden der Bildgebung in der Psychologie und kognitiven Neurowissenschaften*, 99, Kohlhammer, Stuttgart.
- Janke, W., Debus, G. (1978). *Die Eigenschaftswörterliste EWL*, Hogrefe, Göttingen.
- Janke, W., Debus, G. (1996). EWL 60-S Eigenschaftswörterliste. In Collegium Internationale Psychiatriae Scalarum (Hrsg.): *Internationale Skalen für Psychiatrie*, 43–47, Beltz, Weinheim.
- James, W. (1884). What is an Emotion? *Mind*, 9(34), 188–205.
- Johnson, T. M., Otten, L. J., Boeck, K., Coles, M. G. H. (1997). Am I too late? The neural consequences of missing a deadline. *Psychophysiology*, 34, 48.
- Jones, A. D., Cho, R. Y., Nystrom, L. E., Cohen, J. D., Braver, T. S. (2002). A computational model of anterior cingulate function in speeded response tasks: Effects of frequency, sequence, and conflict. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2(4), 300–317.
- Karnath, H. O., Himmelbach, M., Rorden, C. (2002). The subcortical anatomy of human spatial neglect: putamen, caudate nucleus and pulvinar. *Brain*, 125(2), 350–360.
- Keil, J., Weisz, N., Paul-Jordanov, I., Wienbruch, C. (2010). Localization of the magnetic equivalent of the ERN and induced oscillatory brain activity. *NeuroImage*, 51(1), 404–411.
- Keltner, D. (1995). Signs of appeasement: Evidence for the distinct displays of embarrassment, amusement, and shame. *Journal of Personality and Social Psychology*, 68(3), 441–454.
- Kerns, J. G., Cohen, J. D., MacDonald, A. W., Cho, R. Y., Stenger, V. A., Carter, C. S. (2004). Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 303(5660), 1023–1026.
- Kim, S., Cho, Y. S. (2014). Congruency sequence effect without feature integration and contingency learning. *Acta Psychologica*, 149, 60–68.
- Koban, L., Pourtois, G. (2014). Brain systems underlying the affective and social monitoring of actions: an integrative review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 46(1), 71–84.

- Kool, W., McGuire, J. T., Rosen, Z. B., Botvinick, M. M. (2010). Decision making and the avoidance of cognitive demand. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(4), 665–682.
- Kouneiher, F., Charron, S., Koechlin, E. (2009). Motivation and cognitive control in the human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience*, 12(7), 939–947.
- Krug, M. K., Carter, C. (2010). Adding fear to conflict: a general purpose cognitive control network is modulated by trait anxiety. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 10(3), 357–371.
- Krug, M. K., Carter, C. S. (2012). Proactive and reactive control during emotional interference and its relationship to trait anxiety. *Brain Research*, 1481, 13–36.
- Kühn, S., Müller, B. C., van der Leij, A., Dijksterhuis, A., Brass, M., van Baaren, R. B. (2010). Neural correlates of emotional synchrony. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6(3), 368–374.
- LaBerge, D. (1990). Thalamic and cortical mechanisms of attention suggested by recent positron emission tomography experiments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2(4), 358–372.
- LaFrance, M., Hecht, M. A. (1999). Option or obligation to smile: The effects of power and gender on facial expression. In P. Philippot, R. S. Feldman, E. J. Coats (Hrsg.), *The social context of nonverbal behavior*, 45–70, Cambridge University Press, New York.
- Laird, A. R., McMillan, K. M., Lancaster, J. L., Kochunov, P., Turkeltaub, P. E., Pardo, J. V., Fox, P. T. (2005). A comparison of label-based review and ALE meta-analysis in the Stroop task. *Human Brain Mapping*, 25(1), 6–21.
- Lange, C. G. (1885). The emotions: A psychophysiological study. In K. Dunlap (Hrsg.), *The emotions*, 33–90, Williams & Wilkins, Baltimore.
- Larson, M. J., Clayson, P. E., Clawson, A. (2014). Making sense of all the conflict: a theoretical review and critique of conflict-related ERPs. *International Journal of Psychophysiology*, 93(3), 283–297.
- Leary, M. R., Tangney, J. P. (2012). *Handbook of Self and Identity*, 640, Guilford Publications, New York.
- Logan, G. D. (1985). Executive control of thought and action. *Acta Psychologica*, 60(2-3), 193–210.
- Lieberman, M. D. (2013). *Social: Why Our Brains are Wired to Connect*, 187, Oxford University Press, Oxford.
- Logothetis, N. K. (2002). The neural basis of the blood-oxygen-level-dependent functional magnetic resonance imaging signal. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 357(1424), 1003–1037.
- Logothetis, N. K., Guggenberger, H., Peled, S., Pauls, J. (1999). Functional imaging of the monkey brain. *Nature Neuroscience*, 2(6), 555–562.
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288(5472), 1835–1838.

- Magid, M., Reichenberg, J. S., Poth, P. E., Robertson, H. T., LaViolette, A. K., Kruger, T. H., Wollmer, M. A. (2014). Treatment of major depressive disorder using botulinum toxin A: A 24-week randomized, doubleblind, placebo-controlled study. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 75(8), 837–844.
- Maguire, E. A. (2001). Neuroimaging, memory and the human hippocampus. *Revue Neurologique (Paris)*, 157(8–9), 791–794.
- Mansouri, F. A., Buckley, M. J., Tanaka, K. (2007). Mnemonic function of the dorsolateral prefrontal cortex in conflict-induced behavioral adjustment. *Science*, 318(5852), 987–990.
- Mars, R. B., Sallet, J., Rushworth, M., Yeung, N. (2011). *Neural basis of motivational and cognitive control*, 5–21, The MIT Press, Cambridge.
- Martiny-Huenger, T., Gollwitzer, P. M., Oettingen, G. (2014). Selective attention to in- and out-group members systematically influences intergroup bias. *Social Psychological and Personality Science*, 5(8), 936–943.
- Mayr, U., Awh, E., Laurey, P. (2003). Conflict adaptation effects in the absence of executive control. *Nature Neuroscience*, 6(5), 450–452.
- McDowell, T., Holmes, N. P., Sunderland, A., Schürmann, M. (2018). TMS over the supramarginal gyrus delays selection of appropriate grasp orientation during reaching and grasping tools for use. *Cortex*, 103, 117–129.
- Mesulam, M. M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 10(4), 309–325.
- Milham, M. P., Banich, M. T. (2005). Anterior cingulate cortex: an fMRI analysis of conflict specificity and functional differentiation. *Human Brain Mapping*, 25(3), 328–335.
- Miller, E. K., Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202.
- Miltner, W. H. R., Lemke, U., Weiss, T., Holroyd, C., Scheffers, M. K., Coles, M. G. H. (2003). Implementation of error-processing in the human anterior cingulate cortex: A source analysis of the magnetic equivalent of the error-related negativity. *Biological Psychology*, 64(1–2), 157–166.
- Mordkoff, J. T. (2012). Observation: Three reasons to avoid having half of the trials be congruent in a four-alternative forced-choice experiment on sequential modulation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(4), 750–757.
- Mori, K., Mori, H. (2010). Examination of the passive facial feedback hypothesis using an implicit measure: With a furrowed brow, neutral objects with pleasant primes look less appealing. *Perceptual and Motor Skills*, 111(3), 785–789.
- Mori, H., Mori, K. (2013). An implicit assessment of the effect of artificial cheek raising: When your face smiles, the world looks nicer. *Perceptual and Motor Skills*, 116(2), 466–471.
- Müller, V. I., Habel, U., Derntl, B., Schneider, F., Zilles, K., Turetsky, B. I., Eickhoff, S. B. (2011). Incongruence effects in crossmodal emotional integration. *NeuroImage*, 54(3), 2257–2266.

- Nee, D. E., Wager, T. D., Jonides, J. (2007). Interference resolution: insights from a meta-analysis of neuroimaging tasks. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(1), 1–17.
- Niedenthal, P. M., Barsalou, L. W., Ric, F., Krauth-Gruber, S. (2005). Embodiment in the Acquisition and Use of Emotion Knowledge. In L. F. Barrett, P. M. Niedenthal, P. Winkielman (Hrsg.), *Emotion and consciousness*, 21–50, The Guilford Press, New York.
- Niedenthal, P. M., Winkielman, P., Mondillon, L., Vermeulen, N. (2009). Embodiment of emotion concepts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 96(6), 1120–1136.
- Notebaert, W., Verguts, T. (2006). Stimulus conflict predicts adaptation in a numerical flanker task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(6), 1078–1084.
- Ochsner, K. N., Hughes, B., Robertson, E. R., Cooper, J. C., Gabrieli, J. D. (2009). Neural systems supporting the control of affective and cognitive conflicts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(9), 1842–1855.
- Ogawa, S., Lee T. M., Kay, A. R., Tank, D. W. (1990). Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87(24), 9868–9872.
- Ostendorf, F., Liebermann, D., Ploner, C. J. (2010). Human thalamus contributes to perceptual stability across eye movements. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(3), 1229–1234.
- Pashler, H., Baylis, G. C. (1991). Procedural learning: II. Intertrial repetition effects in speeded-choice tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(1), 33–48.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(2), 148–158.
- Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control? *Trends in Cognitive Sciences*, 13(4), 160–166.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M., Raichle, M. E. (1988). Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, 331(6157), 585–589.
- Pfabigan, D. M., Pintzinger, N. M., Siedek, D. R., Lamm, C., Derntl, B., Sailer, U. (2013). Feelings of helplessness increase ERN amplitudes in healthy individuals. *Neuropsychologia*, 51(4), 613–621.
- Pletzer, B., Kronbichler, M., Ladurner, G., Nuerk, H., Kerschbaum, H. (2011). Menstrual cycle variations in the BOLD-response to a number bisection task: implications for research on sex differences. *Brain Research*, 1420, 37–47.
- Posner, M. I., Di Girolamo, G. J. (1998). Executive attention: Conflict, target detection and cognitive control. In R. Parasuraman (Hrsg.), *The attentive brain*, 401–423, The MIT Press, Cambridge.

- Potok, W., Maskiewicz, A., Króliczak, G., Marangon, M. (2019). The temporal involvement of the left supramarginal gyrus in planning functional grasps: A neuronavigated TMS study. *Cortex*, 111, 16–34.
- Potvin, P. J., Schutz, R. W. (2000). Statistical Power for the Two-Factor Repeated Measures ANOVA. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32 (2), 347–356.
- Price, C. J., Friston, K. J. (2005). Functional ontologies for cognition: The systematic definition of structure and function. *Cognitive Neuropsychology*, 22 (3/4), 262–275.
- Ray, R. D., Zald, D. H. (2012). Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(1), 479–501.
- Rey, G., Desseilles, M., Favre, S., Dayer, A., Piguet, C., Aubry, J. M., Vuilleumier, P. (2014). Modulation of brain response to emotional conflict as a function of current mood in bipolar disorder: preliminary findings from a follow-up state-based fMRI study. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 223(2), 84–93.
- Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, 306(5695), 443–447.
- Risikind, J. H. (1984). They stoop to conquer: Guiding and self-regulatory functions of physical posture after success and failure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47(3), 479–493.
- Roelofs, A., van Turenout, M., Coles, M. G. (2006). Anterior cingulate cortex activity can be independent of response conflict in Stroop-like tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(37), 13884–13889.
- Russell, J. A. (1991). Culture and the categorization of emotions. *Psychological Bulletin*, 110(3), 426–450.
- Schmidt, J. R. (2013a). The parallel episodic processing (PEP) model: Dissociating contingency and conflict adaptation in the item-specific proportion congruent paradigm. *Acta Psychologica*, 142(1), 119–126.
- Schmidt, J. R. (2013b). Questioning conflict adaptation: Proportion congruent and Gratton effects reconsidered. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(4), 615–630.
- Schmidt, J. R. (2019). Evidence against conflict monitoring and adaptation: An updated review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(3), 753–771.
- 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(1), 176–186.
- Schmidt, J. R., Weissman, D. H. (2014). Congruency sequence effects without feature integration or contingency learning confounds. *PLoS One*, 9.
- Schoupe, N., De Houwer, J., Ridderinkhof, K. R., Notebaert, W. (2012). Conflict: Run! Reduced Stroop interference with avoidance responses. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(6), 1052–1058.

- Schuch, S., Koch, I. (2015). Mood states influence cognitive control: The case of conflict adaptation. *Psychological Research*, 79(5), 759–772.
- Schultz, W. (2000). Multiple reward signals in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(3), 199–207.
- Schultz, W. (2002). Getting formal with dopamine and reward. *Neuron*, 36(2), 241–263.
- Schwartz, G. E., Brown, S. L., Ahern, G. L. (1980). Facial muscle patterning and subjective experience during affective imagery: sex differences. *Psychophysiology*, 17(1), 75–82.
- Shackman, A. J., Salomons, T. V., Slagter, H. A., Fox, A. S., Winter, J. J., Davidson, R. J. (2011). The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(3), 154–167.
- Simon, J. R., Rudell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51(3), 300–304.
- Soares, J. M., Magalhães, R., Moreira, P. S., Sousa, A., Ganz, E., Sampaio, A., Alves, V., Marques, P., Sousa, N. A. (2016). Hitchhiker's Guide to Functional Magnetic Resonance Imaging. *Frontiers in Neuroscience*, 10(515).
- Söderkvist, S., Ohlén, K., Dimberg, U. (2018). How the Experience of Emotion is Modulated by Facial Feedback. *Journal of Nonverbal Behaviour*, 42(5), 129–151.
- Solomon, M., Ozonoff, S. J., Ursu, S., Ravizza, S., Cummings, N., Ly, S., Carter, C. S. (2009). The neural substrates of cognitive control deficits in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 47(12), 2515–2526.
- Soussignan, R. (2002). Duchenne smile, emotional experience, and autonomic reactivity: A test of the facial feedback hypothesis. *Emotion*, 2(1), 52–74.
- Standage, D., Wang, D. H., Blohm, G. (2014). Neural dynamics implement a flexible decision bound with a fixed firing rate for choice: a model-based hypothesis. *Frontiers in Neuroscience*, 8(318).
- Stout, D. (2010). The evolution of cognitive control. *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 614–630.
- Strack, F. (2016). Reflection on the Smiling Registered Replication Report. *Perspectives on Psychological Science*, 11(6), 929–930.
- Strack, F., Martin, F. F., Stepper, S. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: A non-obtrusive test of the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(5), 768–777.
- Swick, D., Jovanovic, J. (2002). Anterior cingulate cortex and the Stroop task: neuropsychological evidence for topographic specificity. *Neuropsychologia*, 40(8), 1240–1253.
- Szucs, D., Ioannidis, J. P. (2020). Sample size evolution in neuroimaging research: An evaluation of highly-cited studies (1990–2012) and of latest

- practices (2017–2018) in high-impact journals. *NeuroImage*, 221, 117164.
- Tangney, J. P. (1992). Situational determinants of shame and guilt in young adulthood. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 18(2), 199–206.
- Thirion, B., Pinel, P., Mériaux, S., Roche, A., Dehaene, S., Poline, J. B. (2007). Analysis of a large fMRI cohort: Statistical and methodological issues for group analyses. *NeuroImage*, 35(1), 105–120.
- Tobler, P. N., Dickinson, A., Schultz, W. (2003). Coding of predicted reward omission by dopamine neurons in a conditioned inhibition paradigm. *Journal of Neuroscience*, 23(32), 10402–10410.
- Tomkins, S. S. (1962). *Affect, imagery, consciousness: Vol. 1. The positive affects*, Springer, New York.
- Tomkins, S. S. (1980). Affect as amplification: some modifications in theory. In R. Plutchik & H. Kellerman (Hrsg.), *Emotion: Theory, Research and Experience*, 141–164, Academic Press, New York.
- Torres-Quesada, M., Korb, F. M., Funes, M. J., Lupianez, J., Eger, T. (2014). Comparing neural substrates of emotional vs. non-emotional conflict modulation by global control context. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(66).
- Turken, A. U., Swick, D. (1999). Response selection in the human anterior cingulate cortex. *Nature Neuroscience*, 2(10), 920–924.
- Ullsperger, M., Harsay, H. A., Wessel, J. R., Ridderinkhof, K. R. (2010). Conscious perception of errors and its relation to the anterior insula. *Brain Structure and Function*, 214(5–6), 629–643.
- Van der Werf, Y. D., Scheltens, P., Lindeboom, J., Witter, M. P., Uylings, H. B., Jolles, J. (2003). Deficits of memory, executive functioning and attention following infarction in the thalamus: a study of 22 cases with localised lesions. *Neuropsychologia*, 41(10), 1330–1344.
- Van Steenbergen, H., Band, G. P., Hommel, B. (2010). In the mood for adaptation: How affect regulates conflict-driven control. *Psychological Science*, 21(11), 1629–1634.
- Van Steenbergen, H., Band, G. P., Hommel, B., Rombouts, S. A., Nieuwenhuis, S. (2015). Hedonic hotspots regulate cingulate driven adaptation to cognitive demands. *Cerebral Cortex*, 25(7), 1746–1756.
- Van Veen, V., Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology and Behavior*, 77 (4–5), 477–482.
- Van Veen, V., Cohen, J. D., Botvinick, M. M., Stenger V. A., Carter, C. S. (2001). Anterior cingulate cortex, conflict monitoring, and levels of processing. *NeuroImage*, 14(6), 1302–1308.
- Verbruggen, F., Notebaert, W., Liefoghe, B., Vandierendonck, A. (2006). Stimulus- and response-conflict-induced cognitive control in the flanker task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(2), 328–333.
- Wagenmakers, E. J., Beek, T., Dijkhoff, L., Gronau, Q. F., Acosta, A., Adams, R. B., Jr., Albohn, D. N., Allard, E. S., Benning, S. D., Blouin-Hudon, E. -M., Bulnes, L. C., Caldwell, T. L., Calin-Jageman, R. J., Capaldi, C. A.,

- Carfagno, N. S., Chasten, K. T., Cleeremans, A., Connell, L., DeCicco, J. M., Dijkstra, K., Fischer, A. H., Foroni, F., Hess, U., Holmes, K. J., Jones, J. L. H., Klein, O., Koch, C., Korb, S., Lewinski, P., Liao, J. D., Lund, S., Lupianez, J., Lynott, D., Nance, C. N., Oosterwijk, S., Ozdoğru, A. A., Pacheco-Unguetti, A. P., Pearson, B., Powis, C., Riding, S., Roberts, T. A., Rumiati, R. I., Senden, M., Shea-Shumsky, N. B., Sobocko, K., Soto, J. A., Steiner, T. G., Talarico, J. M., van Allen, Z. M., Vandekerckhove, M., Wainwright, B., Wayand, J. F., Zeelenberg, R., Zetzer, E. E., Zwaan, R. A. (2016). Registered replication report: Strack, Martin, & Stepper (1988). *Perspectives on Psychological Science*, 11(6), 917–928.
- Wager, T. D., Jonides, J., Reading, S. (2004). Neuroimaging studies of shifting attention: a meta-analysis. *NeuroImage*, 22(4), 1679–1693.
- Wager, T. D., Lindquist, M. A., Nichols, T. E., Kober, H., van Snellenberg, J. X. (2009). Evaluating the consistency and specificity of neuroimaging data using metaanalysis. *NeuroImage*, 45(1), 210–221.
- Wang, Y., Yang, L., Wang, Y. (2014). Suppression (but not reappraisal) impairs subsequent error detection: An ERP study of emotion regulation's resource-depleting effect. *PLoS One*, 9(4), e96339.
- Wang, Y., Zhang, D., Zou, F., Li, H., Luo, Y., Zhang, M., Liu, Y. (2016). Gender differences in emotion experience perception under different facial muscle manipulations. *Consciousness and Cognition*, 41, 24–30.
- Weissman, D. H., Carp, J. (2013). The congruency effect in the posterior medial frontal cortex is more consistent with time on task than with response conflict. *PLoS One*, 8(4): e62405.
- 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., Heldmann, M., Münte, T. F., Kluwe, R. H. (2007). Disentangling sequential effects of stimulus- and response-related conflict and stimulus-response repetition using brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(7), 1104–1112.
- Wirtz, M. A. (2021). *Dorsch - Lexikon der Psychologie*, 480–481, Hogrefe, Bern.
- Wiswede, D., Münte, T. F., Goschke, T., Rüsseler, J. (2009). Modulation of the error-related negativity by induction of short term negative affect. *Neuropsychologia*, 47(1), 83–90.
- Wiswede, D., Münte, T. F., Krämer, U. M., Rüsseler, J. (2009). Embodied emotion modulates neural signature of performance monitoring. *PLoS One*, 4(6):e5754.
- Wollmer, M. A., de Boer, C., Kalak, N., Beck, J., Götz, T., Schmidt, T., Hodzic, M., Bayer, U., Kollmann, T., Kollwe, K., Sönmez, D., Duntsch, K., Haug, M. D., Schedlowski, M., Hatzinger, M., Dressler, D., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Kruger, T. H. (2012). Facing depression with botulinum toxin: A randomized controlled trial. *Journal of Psychiatric Research*, 46(5), 574–581.

- Wollmer, M. A., Kalak, N., Jung, S., de Boer, C., Magid, M., Reichenberg, J. S., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Kruger, T. H. (2014). Agitation predicts response of depression to botulinum toxin treatment in a randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry*, 5(36).
- Wu, L., Huang, R., Wang, Z., Selvaraj, J. N., Wei, L., Yang, W., Chen, J. (2020). Embodied Emotion Regulation: The Influence of Implicit Emotional Compatibility on Creative Thinking. *Frontiers in Psychology*, 11(1822).
- Yang, Q., Pourtois, G. (2018). Conflict-driven adaptive control is enhanced by integral negative emotion on a short time scale. *Cognition and Emotion*, 32(8), 1637–1653.
- Yuan, J., Luo, Y., Yan, J. H., Meng, X., Yu, F., Li, H. (2009). Neural correlates of the females' susceptibility to negative emotions: An insight into gender-related prevalence of affective disturbances. *Human Brain Mapping*, 30 (11), 3676–3686.
- Zajonc, R. B. (1985). Emotion and facial efference: A theory reclaimed. *Science*, 228 (4695), 15–21.
- Zehetleitner, M., Rangelov, D., Müller, H. J. (2012). Partial repetition costs persist in nonsearch compound tasks: Evidence for multiple-weighting-systems hypothesis. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(5), 879–890.
- Zmigrod, S., Hommel, B. (2009). Auditory event files: Integrating auditory perception and action planning. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(2), 352–362.
- Zmigrod, S., Hommel, B. (2010). Temporal dynamics of unimodal and multimodal feature binding. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(1), 142–152.

Anhangsverzeichnis

Tabelle 1: fMRT-Studie: ANOVA der Reaktionszeiten.....	73
Tabelle 2: fMRT-Studie: Post-Hoc-Test der Reaktionszeiten.....	73
Tabelle 3: fMRT-Studie: ANOVA des Kongruenzeffekts.....	73
Tabelle 4: fMRT-Studie: Post-Hoc-Test des Kongruenzeffekts.....	73
Tabelle 5: fMRT-Studie: ANOVA des CSE.....	74
Tabelle 6: fMRT-Studie: ANOVA der Fehlerraten.....	74
Tabelle 7: fMRT-Studie: Post-Hoc-Test der Fehlerraten.....	74
Tabelle 8: ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle der Performanz.....	75
Tabelle 9: ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle der Kongruenz, inklusive Post-Hoc-Test, einseitige Testung.....	75
Tabelle 10: ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle der Performanz.....	75
Tabelle 11: ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle der Kongruenz, inklusive Post-Hoc-Test, einseitige Testung.....	75–76
Tabelle 12: Voxelbasierte Analyse innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle des Haupteffekts Performanz in der Performanzauswertung.....	76
Tabelle 13 : Voxelbasierte Analyse innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle des Haupteffekts Kongruenz in der Kongruenzauswertung.....	76
Tabelle 14: Voxelbasierte Analyse innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle des Faktors Performanz in der Performanzauswertung.....	76
Tabelle 15: Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition in der Kongruenzauswertung.....	77
Tabelle 16: Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz in der Kongruenzauswertung.....	77
Tabelle 17: Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition der q > I-Kondition in der Kongruenzauswertung.....	77
Tabelle 18: Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz der SIC > SC-Kondition in der Kongruenzauswertung.....	77
Tabelle 19: Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz der RIC > SC-Kondition in der Kongruenzauswertung.....	78
Tabelle 20: Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz der RIC > SIC-Kondition in der Kongruenzauswertung.....	78
Tabelle 21: Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition in der Performanzauswertung.....	78
Tabelle 22: Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Performanz in der Performanzauswertung.....	79
Tabelle 23: Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition der q > I-Kondition in der Performanzauswertung.....	79
Tabelle 24: Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Performanz der f > r-Kondition in der Performanzauswertung.....	80
Tabelle 25: Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Performanz der r > f-Kondition in der Performanzauswertung.....	80

Tabelle 26: ANOVA des Fragebogens, Bereich „Intra-/Extraversion“ der Verhaltensstudie.....	80
Tabelle 27: Post-Hoc-Test des Fragebogens, Bereich „Intra-/Extraversion“ der Verhaltensstudie.....	81
Tabelle 28: ANOVA des Fragebogens, Bereich „Generelles Wohlbehagen“ der Verhaltensstudie.....	81
Tabelle 29: ANOVA des Fragebogens, Bereich „Emotionale Gereiztheit“ der Verhaltensstudie.....	81
Tabelle 30: ANOVA des Fragebogens, Bereich „Angst/Deprimiertheit“ der Verhaltensstudie.....	81
Tabelle 31 : Verhaltensstudie: ANOVA der Reaktionszeiten der Verhaltensstudie.....	81
Tabelle 32: Verhaltensstudie: Post-Hoc-Test der Reaktionszeiten.....	82
Tabelle 33: Verhaltensstudie: ANOVA des Kongruenzeffekts.....	82
Tabelle 34: Verhaltensstudie: Post-Hoc-Test des Kongruenzeffekts.....	82
Tabelle 35: Verhaltensstudie: ANOVA des CSE.....	82
Tabelle 36: Verhaltensstudie: ANOVA der Fehlerraten.....	83
Tabelle 37: Verhaltensstudie: Post-Hoc-Test der Fehlerraten.....	83
Fragebogen Eigenschaftswörterliste (EWL 60-S) (gekürzt).....	83– 84

Verhaltensdaten

fMRT-Studie

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,14	.056	.816
Kongruenz	2,28	4.744	.017
Performanz	1,14	18.340	<.001
Stab*Kongruenz	1.27, 17.784 ^a	.773 ^a	.421 ^a
Stab*Performanz	1,14	2.236	.157
Kongruenz*Performanz	2,28	2.646	.089
Stab*Kongruenz*Performanz	1.297, 18.156 ^a	.818 ^a	.408 ^a

Tabelle 1 – fMRT-Studie: ANOVA der Reaktionszeiten

^a Mauchly's Test der Sphärizität zeigt eine Verletzung der Sphärizität ($p < .05$). Es erfolgte daher eine Korrektur nach der Greenhouse-Geisser Formel.

Bedingung	Ø Unterschied	SE	p-Wert
Ø RIC > Ø SIC	1.231	4.67	.794
Ø RIC > Ø SC	13.026	4.67	.028
Ø SIC > Ø SC	11.795	4.67	.035

Tabelle 2 – fMRT-Studie: Post-Hoc-Test der Reaktionszeiten

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,14	3.861	.07
Kongruenz	2,28	28.701	<.001
Stab*Kongruenz	2,28	.59	.561

Tabelle 3 – fMRT-Studie: ANOVA des Kongruenzeffekts

Bedingung	Ø Unterschied	SE	p-Wert
Ø RIC > Ø SIC	18.955	2.54	<.001
Ø RIC > Ø SC	12.364	2.54	<.001
Ø SIC > Ø SC	6.951	2.54	.015

Tabelle 4 – fMRT-Studie: Post-Hoc-Test des Kongruenzeffekts

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,14	4.692	.048
vorangegangener Stimulus	2,28	1.72	.197
aktueller Stimulus	2,28	17.314	<.001
Stab*vorangegangener Stimulus	2,28	2.064	.146
Stab*aktueller Stimulus	2,28	.19	.828
vorangegangener Stimulus*aktueller Stimulus	4,56	5.905	<.001
Stab*vorangegangener Stimulus*aktueller Stimulus	4,56	1.384	.251

Tabelle 5 – fMRT-Studie: ANOVA des CSE

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,14	.006	.938
Kongruenz	1.09, 15.3 ^a	20.247 ^a	<.001 ^a
Stab*Kongruenz	1.48, 20.4 ^a	2.505 ^a	.100 ^a

Tabelle 6 – fMRT-Studie: ANOVA der Fehlerraten

^a Mauchly's Test der Sphärizität zeigt eine Verletzung der Sphärizität ($p < .05$). Es erfolgte daher eine Anpassung durch die Greenhouse-Geisser Formel.

Bedingung	Ø Unterschied	SE	p-Wert
Ø RIC > Ø SIC	4.125	.746	<.001
Ø RIC > Ø SC	4.094	.746	<.001
Ø SIC > Ø SC	.32	.746	.966

Tabelle 7 – fMRT-Studie: Post-Hoc-Test der Fehlerraten

fMRT-Ergebnisse

ROI-Analysen

Faktor	F-Wert	p-Wert
Stabposition	2.07	.158
Performanz	24.88	<.001
Stab*Performanz	.36	.551

Tabelle 8 – ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle der Performanz

Faktor	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1.56	.725
Kongruenz	3.59	.062
Stab*Kongruenz	.13	.725
Bedingung	t-Wert	p-Wert
RIC > SIC	1.47	.074
RIC > SC	1.89	.031
SIC > SC	.78	.219

Tabelle 9 – ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle der Kongruenz, inklusive Post-Hoc-Test, einseitige Testung

Faktor	F-Wert	p-Wert
Stabposition	3.04	.088
Performanz	38.86	<.001
Stab*Performanz	1.07	.68

Tabelle 10 – ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitive und emotionaler Kontrolle der Performanz

Faktor	F-Wert	p-Wert
Stabposition	.62	.131
Kongruenz	.79	.879
Stab*Kongruenz	.07	.61
Bedingung	t-Wert	p-Wert

RIC > SIC	.23	.095
RIC > SC	.41	.044
SIC > SC	.18	.207

Tabelle 11 – ROI-Analyse nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle der Kongruenz, inklusive Post-Hoc-Test, einseitige Testung

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	F-Wert
Insula anterior	R	13	36	17	-2	70	74.25
Gyrus frontalis superior	L	6	-3	23	40	129	67.76
Insula anterior	L	13	-39	14	-2	54	56.66
Gyrus frontalis medius	L	10	-39	5	40	5	36.18

Tabelle 12 – Voxelbasierte Analyse innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle des Haupteffekts Performanz in der Performanzauswertung mit FWEc 3 und Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxel	F-Wert
Insula anterior	L	13	-33	14	10	12	18.6
Insula anterior	R	13	33	14	-2	5	13.44

Tabelle 13 – Voxelbasierte Analyse innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) der kognitiven Kontrolle des Haupteffekts Kongruenz in der Kongruenzauswertung. Da kein FWEc bestimmbar, unkorrigiert mit Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	F-Wert
Insula anterior	R	13	36	17	4	32	72.28
Gyrus frontalis superior	L	6	-6	14	52	44	64.97
Insula anterior	L	13	-33	17	-2	14	54.05

Tabelle 14 – Voxelbasierte Analyse innerhalb der ROI nach Chen et al. (2018) zur Untersuchung der Interaktion kognitiver und emotionaler Kontrolle des Faktors Performanz in der Performanzauswertung mit FWEc 3 und Signifikanzniveau $p=.001$.

Voxelbasierte Ganzkopfanalyse

Abkürzung: FWEc: *family-wise error cluster*

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxel	F-Wert
Supplementär motorischer Kortex	L	6	-9	-10	52	24	15.05
Operculum parietalis	L	40	-54	-40	28	10	13.50

Tabelle 15 – Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition in der Kongruenzauswertung. Da kein FWEc bestimmbar, unkorrigiert mit Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxel	F-Wert
Operculum frontalis	L	13	-33	11	10	52	25.37
Putamen	L	49	-24	8	-8		16.92
Gyrus frontalis medius	L	9	-39	29	34	143	24.79
Gyrus frontalis medius	L	9	-39	44	28		24.4
Gyrus frontalis inferior pars opercularis	L	44	-51	11	16		20.06
Gyrus supramarginalis	L	39	-51	-61	40	85	24.25
Gyrus supramarginalis	L	39	-54	-49	28		19.57

Tabelle 16 – Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz in der Kongruenzauswertung mit FWEc 52 und Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxel	t-Wert
Supplementär motorischer Kortex	L	6	-9	-10	52	54	3.88
Operculum parietalis	L	40	-54	-40	28	28	3.67

Tabelle 17 – Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition der $q > I$ -Kondition in der Kongruenzauswertung. Da kein FWEc bestimmbar, unkorrigiert mit Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	t-Wert
Gyrus cingularis anterior	L	24	-6	38	10	39	4.21
Gyrus frontalis superior pars medialis	R	10	3	47	10		3.56

Tabelle 18 – Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz der SIC > SC-Kondition in der Kongruenzauswertung. Da kein FWEc bestimmbar, unkorrigiert mit Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	t-Wert
Operculum frontalis	L	13	-33	11	10	81	5.04
Putamen	L	49	-24	8	-8		4.11
Putamen	L	49	-33	-1	10		3.48
Gyrus frontalis medius	L	9	-39	29	34	202	4.98
Gyrus frontalis medius	L	9	-39	44	28		4.94
Gyrus frontalis inferior pars opercularis	L	44	-51	11	16		4.48
Gyrus angularis	L	39	-51	-61	40	105	4.92
Gyrus supramarginalis	L	39	-54	-49	28		4.42

Tabelle 19 – Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz der RIC > SC-Kondition in der Kongruenzbewertung mit dem FWEc 81 und dem Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	F-Wert
Gyrus frontalis inferior pars opercularis	L	44	-51	11	16	83	5.24

Tabelle 20 – Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Kongruenz der RIC > SIC-Kondition in der Kongruenzbewertung mit dem FWEc 83 und dem Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	F-Wert
Ventrales Diencephalon	R		6	-1	-8	47	27.28
Ventrales Diencephalon	R		-6	-4	-8		19.07
Weißer Substanz	R		18	2	-8		18.10
Weißer Substanz	L		-24	2	22	14	19.9
Weißer Substanz	L		-15	5	28		15.84
Precuneus	L	31	-9	-43	40	10	17.46

Tabelle 21 – Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition in der Performanzauswertung. Da kein FWEc bestimmbar, unkorrigiert mit Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	F-Wert
Gyrus frontalis superior pars medialis	L	32	-6	26	34	833	89.8
Gyrus frontalis superior	L	6	-15	5	58		75.24
Gyrus frontalis superior	L	6	-24	5	58		67.59
Insula anterior	R	13	36	17	-2	359	74.25
Operculum frontalis	L	44	-45	11	4	467	59.8
Insula anterior	L	13	-39	14	-2		56.66
Insula anterior	L	13	-30	17	-2		54.16
Gyrus supramarginalis	L	39	-57	-49	40	190	40.9
Gyrus angularis	L	39	-48	-61	46		38.01
Thalamus	R		6	-22	4	411	39.8
Thalamus	L		-6	-19	4		38.22
Ventrales Diencephalon	L		-9	-19	-8		32.99
Gyrus supramarginalis	R	39	60	-46	34	78	37.87
Gyrus frontalis medius	R	10	33	41	22	72	37.16
Gyrus postcentralis	L	1	-42	-31	58	89	31.54
Medialer frontaler Kortex	L	10	-3	53	-8	70	23.68
Gyrus präcentralis pars medialis	L	1	-6	-31	58	118	23.57
Gyrus präcentralis pars medialis	L	4	-6	-22	64		20.21
Gyrus präcentralis pars medialis	L	4	6	-28	64		17.93

Tabelle 22 – Voxelbasierte Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Performanz in der Performanzauswertung mit FWEc 81 und Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	t-Wert
Ventrales Diencephalon	R		6	-1	-8	83	5.22
Ventrales Diencephalon	R		-6	-4	-8		4.37
Weißer Substanz	R		18	2	-8		4.25

Tabelle 23 – Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Stabposition in der $q > I$ -Kondition in der Performanzauswertung mit dem FWEc 83 und dem Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	t-Wert
Gyrus frontalis superior pars medialis	L	32	-6	26	34	1486	9.48
Supplementär motorischer Kortex	L	6	-15	5	58		8.67
Gyrus frontalis superior	L	6	-24	5	58		8.22
Insula anterior	R	13	36	17	-2	411	8.62
Gyrus supramarginalis	L	39	-57	-49	40	227	6.4
Gyrus angularis	L	39	-48	-61	46		6.17
Thalamus	R	50	6	-22	4	493	6.31
Thalamus	L	50	-6	-19	4		6.18
Ventrales Diencephalon	L		-9	-19	-8		5.74
Gyrus supramarginalis	R	39	60	-46	34	108	6.15
Gyrus frontalis medius	R	9	33	41	22	92	6.1
Precuneus	L	7	-3	-70	40	64	4.61

Tabelle 24 – Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Performanz der $f > r$ -Kondition in der Performanzauswertung mit dem FWEc 64 und dem Signifikanzniveau $p=.001$.

Region	R/L	BA	X	Y	Z	Voxels	t-Wert
Gyrus postcentralis	L	1	-42	-31	58	287	5.62
Gyrus präcentralis pars medialis	L	1	-6	-31	58		4.86
Gyrus präcentralis pars medialis	L	4	-6	-22	64		4.5
Medialer frontaler Kortex	L	10	-3	53	-8	88	4.87

Tabelle 25 – Post-Hoc-Test in der voxelbasierten Ganzkopfanalyse des Haupteffekts Performanz der $r > f$ -Kondition in der Performanzauswertung mit FWEc 88 und Signifikanzniveau $p=.001$.

Verhaltensstudie

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Zeitpunkt	2,38	10.5	<.001

Tabelle 26 – ANOVA des Fragebogens, Bereich „Intra-/Extraversion“ der Verhaltensstudie

Bedingung	Ø Unterschied	SE	p-Wert
t0 > tq	1.851	.456	<.001
t0 > tl	1.766	.456	<.001
tq > tl	-.084	.456	.855

Tabelle 27 – Post-Hoc-Test des Fragebogens, Bereich „Intra-/Extraversion“ der Verhaltensstudie

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Zeitpunkt	2,38	2.96	.064

Tabelle 28 – ANOVA des Fragebogens, Bereich „Generelles Wohlbefinden“ der Verhaltensstudie

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Zeitpunkt	2,38	2.58	.089

Tabelle 29 – ANOVA des Fragebogens, Bereich „Emotionale Gereiztheit“ der Verhaltensstudie

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Zeitpunkt	2,38	.865	.429

Tabelle 30 – ANOVA des Fragebogens, Bereich „Angst/Deprimiertheit“ der Verhaltensstudie

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,19	.01	.934
Kongruenz	2,38	3.375	.045
Performanz	1,19	263.50	<.001
Stab*Kongruenz	2,38	.852	.435
Stab*Performanz	1,19	1.099	.308
Kongruenz*Performanz	2,38	6.11	.05
Stab*Kongruenz*Performanz	2,38	.878	.424

Tabelle 31 – Verhaltensstudie: ANOVA der Reaktionszeiten der Verhaltensstudie

Bedingung	Ø Unterschied	SE	p-Wert
Ø RIC > Ø SIC	.903	3.97	.821
Ø RIC > Ø SC	9.342	3.97	.071
Ø SIC > Ø SC	8.439	3.97	.080

Tabelle 32 – Verhaltensstudie: Post-Hoc-Test der Reaktionszeiten

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,19	.159	.695
Kongruenz	2,38	23.727	<.001
Stab*Kongruenz	2,38	.764	.473

Tabelle 33 – Verhaltensstudie: ANOVA des Kongruenzeffekts

Bedingung	Ø Unterschied	SE	p-Wert
Ø RIC > Ø SIC	20.697	3.15	<.001
Ø RIC > Ø SC	15.887	3.15	<.001
Ø SIC > Ø SC	4.811	3.15	.134

Tabelle 34 – Verhaltensstudie: Post-Hoc-Test des Kongruenzeffekts

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,19	.089	.768
vorangegangener Stimulus	1.44, 27.46 ^a	.64 ^a	.531 ^a
aktueller Stimulus	2,38	29.57	<.001
Stab*vorangegangener Stimulus	2.90,55.17 ^a	.92 ^a	.409 ^a
Stab*aktueller Stimulus	2,38	.70	.501
vorangegangener Stimulus*aktueller Stimulus	1.89, 35.84 ^a	8.064 ^a	<.001 ^a
Stab*vorangegangener Stimulus*aktueller Stimulus	1.89, 35.95 ^a	.62 ^a	.62 ^a

Tabelle 35 – Verhaltensstudie: ANOVA des CSE

^a Mauchly's Test der Sphärizität zeigt eine Verletzung der Sphärizität ($p < .05$). Es erfolgte daher eine Anpassung durch die Greenhouse-Geisser Formel.

Faktor	Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Stabposition	1,19	1.32	.265
Kongruenz	2,38	32.402	<.001
Stab*Kongruenz	2,38	.59	.558

Tabelle 36 – Verhaltensstudie: ANOVA der Fehlerraten

Bedingung	Ø Unterschied	SE	p-Wert
Ø RIC > Ø SIC	3.376	.424	<.001
Ø RIC > Ø SC	2.146	.424	<.001
Ø SIC > Ø SC	1.23	.424	.006

Tabelle 37 – Verhaltensstudie: Post-Hoc-Test der Fehlerraten

Fragebogen: Eigenschaftswörterliste (EWL 60-S) (gekürzt)

ängstlich	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
lustig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
menschenscheu	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
selbstsicher	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
betrübt	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
zutraulich	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
gereizt	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
erregt	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
empfindlich	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
wortkarg	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
selbstzufrieden	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
träumerisch	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
ärgerlich	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
elend	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
erregbar	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
bekommen	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
heiter	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
verärgert	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
versonnen	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
unbekümmert	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>

zappelig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
gesprächig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
traurig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
freudig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
verträumt	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
angsterfüllt	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
abgesondert	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
gedankenverloren	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
nervös	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
kontaktfreudig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
furchtsam	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
einsilbig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
sorgenvoll	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
verwundbar	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
froh	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
wütend	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
selbstbewußt	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
gesellig	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
aufgeregt	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>
verletzbar	gar nicht <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	ziemlich <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den vielen hilfsbereiten, kompetenten und herzlichen Personen bedanken, die mich auf unterschiedlichste Weise begleitet und unterstützt haben.

Zunächst danke ich meinem Doktorvater Prof. Dr. Thomas Münte für die herzliche Aufnahme in die Arbeitsgruppe und die Vergabe des Dissertationsthemas.

Mein größter Dank gilt meinem Betreuer PD Dr. rer. nat. Marcus Heldmann, der mich von Beginn an hervorragend betreut und unterstützt hat.

Außerdem möchte ich mich bei Marcel Martsch für die Datenerhebung der fMRT-Studie und Claus Tempelmann für die Betreuung der Datenerhebung ausdrücklich bedanken.

Weiterhin bedanke ich mich herzlich bei allen Probanden für ihre bereitwillige Teilnahme, ihre Geduld und ihr Engagement.

Schlussendlich danke ich noch meinem Partner, meiner Familie und Kerstin – ohne euch alle hätte ich diese Arbeit nicht schreiben können.

Mieke Wöhlk

geboren am 27.02.1997

Zeitraum der Dissertation:

4.12.2018 – 23.06.2023



Ausbildung

OKTOBER 2016 – DEZEMBER 2022

Studium der Humanmedizin an der
Universität zu Lübeck

Erstes Staatsexamen mit der Note sehr gut
im September 2018

Zweites Staatsexamen mit der Note befrie-
digend im Oktober 2021

Drittes Staatsexamen mit der Note sehr gut
im Dezember 2022

AUGUST 2007 – JULI 2016

Abitur am Gymnasium Elmschenhagen
Abitur 1,0

AUGUST 2004 – JULI 2007

Hermann-Löns-Schule