



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

„Das In-Group/Out-Group Phänomen und die Verarbeitung
emotionaler Belohnungsstimuli“

Verfasserin

Katharina Olejak

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im August 2012

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuerin: Mag. Dr. Daniela Pfabigan

Danksagung

Da es diese Arbeit ohne die Unterstützung einiger Menschen nicht geben würde, möchte ich die Gelegenheit nutzen und mich an dieser Stelle herzlichst bei diesen Personen bedanken.

Zu Beginn bedanke ich mich bei meiner Betreuerin Frau Dr. Daniela Pfabigan, die es mir mit ihrer kompetenten und unkomplizierten Art ermöglicht hat diese Arbeit fertigzustellen. Ohne ihre fachliche Unterstützung wäre dies nicht möglich gewesen.

Ein weiteres Dankeschön gilt meinen Eltern, die mich während meines bisherigen Lebensweges immer uneingeschränkt sowohl finanziell als auch mit all ihrer Liebe unterstützt haben. Bei meiner Tante Frau Mag. Barbara Fasching bedanke ich mich fürs Korrekturlesen dieser Arbeit und ihrer liebevolle Unterstützungen während meines bisherigen Weges.

Außerdem möchte ich mich bei all meinen lieben Freunden bedanken, die mir immer tatkräftig und mit all ihrer Freundschaft zur Seite standen und mit denen ich schon so viele tolle, lustige, ernsthafte, großartige Zeiten verbringen durfte. Danke, dass es euch gibt!

Auf jeden Fall erwähnen möchte ich auch Frau Mag. Kathrin Winkler, mit der ich so manche Stunden im EEG-Labor verbracht habe und mit der die Zeit wie im Flug vergangen ist.

Ein weiteres Dankeschön an Frau Isabella Peternell, ohne deren Zusammenarbeit und lustige Gesellschaft die Auswertung so mancher Daten nicht so erfolgreich verlaufen wäre.

Zu guter Letzt noch herzlichen Dank an alle Probanden, die sich für meine Arbeit zur Verfügung gestellt haben.

Katharina Olejak

Wien, im August 2012

Inhaltsverzeichnis

1. Theoretischer Hintergrund	6
1.1. Einleitung	6
1.2. Fehler-und Feedbackverarbeitung und andere (neuro-) physiologische Korrelate	7
1.2.1. Error-related negativity (ERN)	7
1.2.2. Feedback-related negativity (FRN)	8
1.2.3. Pe und P300	11
1.2.4. Anterior medialer cingulärer Cortex (aMCC)	14
1.2.5. Korrelate des Verhaltens	16
1.3. Theoretische Erklärungsmodelle	17
1.3.1. Error Monitoring System	18
1.3.2. Conflict Monitoring Theory	18
1.3.3. Reinforcement Learning Theory	19
1.4. Gruppenzugehörigkeit	21
1.4.1. Sozialpsychologische Theorien	21
1.4.2. Neurowissenschaftliche Erkenntnisse	22
1.5. Forschungsfrage	23
 2. Hypothesen	 24
2.1. Verhaltensdaten	24
2.2. Fehlerverarbeitung	25
2.3. Feedbackverarbeitung	26
 3. Methoden	 26
3.1. Stichprobenbeschreibung	26
3.2. Psychometrische Instrumente	28
3.2.1. Psychopathic Personality Inventory Revised (PPI-R).....	28

3.2.2. Screening Strukturiertes Klinische Interview für DSM-IV (SKID)	29
3.2.3. NEO-Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae (NEO-FFI)	30
3.2.4. Fragebogen zum Gruppenzugehörigkeitsgefühl	30
3.3. Aufgaben und Durchführung	32
3.4. EEG- Analyse	38
3.5. Analyse der Daten	38
3.5.1. Verhaltensdaten	38
3.5.2. EEG- Daten	39
3.5.3. ERP- Daten	41
3.5.4. Statistische Analyse	43
4. Ergebnisse	45
4.1. Fragebogendaten	45
4.2. Verhaltensdaten	46
4.2.1. Fehlerrate	46
4.2.2. Reaktionszeit	46
4.2.3. Post-error slowing	48
4.3. ERP-Daten	48
4.3.1. ERN & Pe	48
4.3.2. FRN & P3	50
5. Diskussion	53
5.1. Verhaltensdaten	54
5.2. Fehlerverarbeitung	56
5.3. Feedbackverarbeitung	58
5.4. Versuchsdesign	62

6. Zusammenfassung und Ausblick	65
7. Anhang	66
8. Literaturverzeichnis	71
9. Abstract und Zusammenfassung	84
10. Lebenslauf	87

1. Theoretischer Hintergrund

1.1. Einleitung

Im heutigen Zeitalter werden uns Menschen viele unserer Aufgaben abgenommen und von Computern, Maschinen oder anderen technischen Geräten übernommen. Trotzdem oder vielleicht auch genau deswegen ist es notwendig, dass wir in dieser schnelllebigen Welt unser Verhalten an die gegebene Umwelt anpassen können. Es ist daher wichtig, dass wir fähig sind unsere Handlungen zu überwachen, aus gemachten Fehlern zu lernen und uns deren Konsequenzen bewusst sind. Vor allem in den letzten Jahren hat sich die Forschung darauf spezialisiert, diese Prozesse mittels neurowissenschaftlicher Methoden zu untersuchen. Es wird von einem neuronalen System der Fehlerverarbeitung ausgegangen (Gehring, Goss, Coles, Meyer, & Donchin, 1993; Holroyd & Coles, 2002; Miltner, Braun, & Coles, 1997), dessen Prozesse oft durch ereigniskorrelierte Potentiale (EKP's) mittels elektroenzephalographischen Ableitungen (EEG) untersucht werden (Luck, 2005). Als relevant für die Fehlerverarbeitung, die durch interne Prozesse erfolgt und keine Reaktion von außen bedarf, werden vor allem zwei EKP's angesehen. Zum einen handelt es sich dabei um die „error-related-negativity“ (ERN; Gehring, Gross, Coles, Meyer & Donchin, 1993) und zum anderen um die „error positivity“ (Pe; Falkenstein, Hohnsbein, Hoorman & Blanke, 1990). Für die externe Fehlerverarbeitung, also zum Beispiel mittels Feedback, werden die „feedback-related-negativity“ (FRN; Miltner, Braun & Coles 1997) und die P300 (P3; Duncan-Johnson & Donchin, 1977) untersucht.

Vor allem zwei Theorien werden zur Erklärung von Entstehung und Funktion dieser Korrelate herangezogen. Bei der Conflict-Monitoring-Theory von Yeung, Botvinick & Cohen (2004) handelt es sich eher um ein kognitives Erklärungsmodell bei der Reinforcement-Learning-Theory von Holroyd & Coles (2002) um einen biopsychologischen Ansatz.

In dieser Arbeit soll nun durch die Vorgabe eines Flanker-Paradigmas (Erikson & Erikson, 1974) der Einfluss von kongruenten und inkongruenten Reizen auf die interne Fehlerverarbeitung und mittels kongruentem und inkongruent Feedback auf die externe Fehlerbverarbeitung untersucht werden.

Weiters wurde der Aspekt des Einflusses von Gruppenzugehörigkeit auf die Korrelate in Betracht gezogen, dann aber aus Gründen, die später noch erläutert werden, nicht weiter verfolgt.

1.2. Fehler- und Feedbackverarbeitung und deren (neuro-) physiologische Korrelate

1.2.1. Error- Related- Negativity (ERN)

In Studien zum „event-related potential“ („ereigniskorrelierte Potentiale“, EKP) konnte festgestellt werden, dass vor allem zwei EKPs mit der internen Fehlerverarbeitung im Zusammenhang stehen. Zum einen handelt es sich dabei um die „error-related negativity“ (ERN; Gehring et al., 1993) zum anderen um die „error positivity“ (Pe; Falkenstein et al., 1990). Die ERN entsteht als neuronale Antwort auf gemachte Fehler, bei zum Beispiel Reaktionszeittests und wird als negative Auslenkung im EKP angezeigt (Ne, Falkenstein, Hohnsbein, Hoormann, & Blanke, 1991; Holroyd & Coles, 2002; Yeung, Botvinick & Cohen, 2004). Gehring et al. (1993) untersuchte seine Versuchsteilnehmer mit einem Flanker-Paradigma, welches später noch genau erklärt wird. (Erikson & Erikson, 1974). Die auftretende ERN startet um den Zeitpunkt der falschen Antwort, oft auch kurz davor, und gipfelt etwa 50ms bis 100ms danach. Die Amplituden der ERN lassen sich vor allem an zentral-frontalen Elektroden (FCz, Cz) finden (Dikmann & Allen, 2000; Falkenstein, Hoorman, Christ & Hohenbein, 2000; Gehring et al., 1993; Nieuwenhuis,

Ridderinkhof, Blom, Band & Kok, 2001; Scheffers & Coles, 2000). Es gibt viele Merkmale, die darauf hindeuten, dass die ERN eine Manifestation von Fehlerverarbeitungsprozessen sein könnte: die Größe der Amplitude korreliert mit der subjektiven Einschätzung der Richtigkeit (Scheffers & Coles, 2000), sie erhöht sich, wenn die Reaktionsrichtigkeit durch Schnelligkeit betont wird (Falkenstein et al., 1991; Gehring et al., 1993) und reduziert sich nach falscher Reaktion bei seltenen Stimuli (Holroyd & Coles, 2002). EEG-Studien weisen darauf hin, dass Fehler bei Schnelligkeitsaufgaben mit Antwortkonflikten in Verbindung stehen. Botvinick, Cohen & Carter (2004) postulieren, dass es bei einer schon durchgeführten falschen Antwort zu weiterführenden kognitiven Prozessen bezüglich des Stimulus kommt, die oft zu einer nachträglichen richtigen Beantwortung der Aufgabe führen. Dies ist in einen Zeitraum möglich, in dem sowohl die richtige, als auch die falsche Antwort aktiv ist.

Außerdem konnten Studien zeigen, dass auch nach korrekten Antworten ein negativer Amplitudenausschlag im Latenzbereich der ERN vorhanden sein kann, wenngleich dieser nicht die Negativität einer ERN aufweist. Diese „correct-related negativity“ (CRN) wurde vor allem bei Reiz-Reaktionszeitaufgaben gefunden, die auch eine ERN hervorrufen (Vidal, Hasbroucq, Grapperon & Bonnet, 2000).

1.2.2. Feedback- Related- Negativity (FRN)

Miltner, Braun & Coles (1997) konnte zeigen, dass nach einem negativen externen Feedback eine ähnliche Komponente wie die ERN auftritt. Mittels einer Zeitschätzaufgabe untersuchten sie das Auftreten dieser Komponente. Ihre Versuchspersonen bekamen die Aufgabe durch Tastendruck eine Sekunde zu schätzen. In weiterer Folge bekamen die Versuchspersonen Feedback über die Richtigkeit ihrer Antwort. Nach inkorrekt Antwort konnte ein negativer Ausschlag im EKP, „Feedback-related negativity“ (FRN),

gefunden werden. Die FRN gipfelt mit einer Latenz von 200ms bis 300ms nach einer negativen Rückmeldung. Die Amplituden der FRN zeigen sich wie die ERN an zentral-frontalen Elektroden (Hajcak, Moser, Holroyd & Simons, 2006; Hajcak, Moser, Holroyd & Simons, 2007; Miltner et al., 1997). Miltner et al. (1997) gehen davon aus, dass es sich bei der FRN um ein Korrelat eines Fehlererkennungssystems handelt, welches unabhängig von der Art des Fehlers und der dargebotenen Modalität (auditorisch, somatosensorisch, visuell) ist. Außerdem konnte festgestellt werden, dass die Amplitude der FRN nach negativem Feedback immer größer ist als nach positivem Feedback. Es wird daher von Miltner und seinen Kollegen (1997) postuliert, dass ein Vergleichsprozess zwischen gegebener und richtiger Antwort stattfindet.

Hajcak et al. (2006) fanden nicht nur nach negativem Feedback, also inkorrektur Antwort, sondern auch nach positivem Feedback, also korrekte Antwort, eine negative Amplitude im ähnlichen Latenzbereich und an ähnlichen Elektroden wie bei einer FRN. Die Amplituden unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der Größe ihrer Negativität, da festgestellt werden konnte, dass der Amplitudenausschlag nach positivem Feedback wesentlich geringer ist als bei einer FRN üblich. Auch Oliveira, McDonald & Goodman (2007) konnten diese Ergebnisse finden.

Wu & Zhou (2009) postulieren, dass die FRN möglicherweise als ein allgemeiner Mechanismus fungiert, der die Übereinstimmung des erwarteten und tatsächlichen Ergebnisses überprüft.

Die FRN ist weiters vergleichbar mit der „Medial Frontal Negativity (MFN; Gehring & Willoughby, 2002). Gehring & Willoughby (2002) ließen ihre Versuchspersonen an einem Glücksspiel teilnehmen, in dem die Teilnehmer zwei alternative Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung hatten. Nach der getroffenen Entscheidung bekamen die Teilnehmer Feedback über ihren Gewinn oder Verlust und den der möglichen Alternative. Dabei zeigte sich die MFN 250ms bis 300ms nach monetärem Verlust an zentral-frontalen

Elektroden (Nieuwenhuis, Yeung, Holroyd, Schurger & Cohen, 2004). Es konnte gezeigt werden, dass die FRN und MFN demselben Prozess zugrunde liegen, die Aufmerksamkeitsfokussierung jedoch unterschiedlich ist, da die FRN die Aufdeckung eines Fehlers widerspiegelt und bei der MFN der subjektive Wert des Ergebnisses, also Gewinn oder Verlust, im Vordergrund steht. (Nieuwenhuis et al., 2004).

Sowohl für die ERN als auch für die FRN finden sich in der Literatur unterschiedliche Bezeichnungen. So wird die ERN als auch „error negativity“ (Ne; Falkenstein et al., 1990) bezeichnet. Wie schon erwähnt wird bei Gehring et al. (2002) von „Medial Frontal Negativity (MFN)“ gesprochen und Hajcak, Holroyd, Moser & Simons (2005) bezeichnen die FRN als „Feedback-ERN“ (fERN). Nieuwenhuis et al. (2004) gehen jedoch davon aus, dass es sich bei all diesen Komponenten um vergleichbare Komponenten hält, da sowohl Latenz als auch Lokalisierung sehr ähnlich sind.

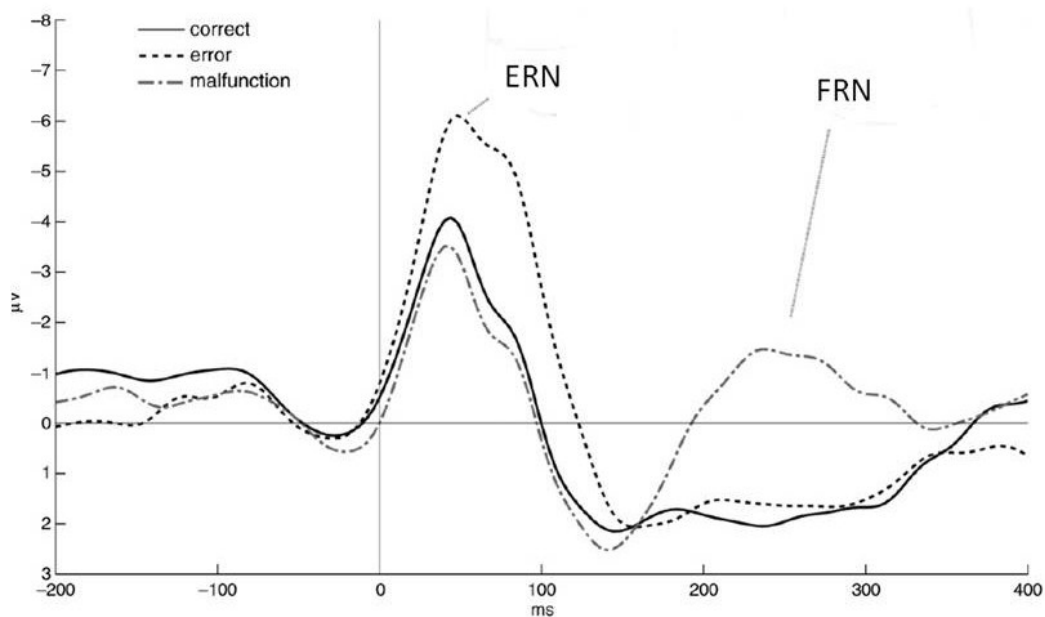


Abb 2: Hier werden Beispielamplituden von ERN und FRN bei richtigen Antworten (correct), bei Fehlern (error) und bei „gestörten Durchgängen“ (malfunction) bei einer Flanker-Aufgabe gezeigt. Tastendruck zur Bestimmung des Buchstabens erfolgte bei 0 ms. Korrekte Durchgänge wurden angezeigt, fehlerhafte Durchgänge nicht kommentiert. Bei „gestörten Durchgängen“ wurde bei richtiger Antwort kein Feedback gegeben und den Probanden

gesagt, die Taste funktioniert nicht immer (übernommen aus: Gentsch, Ullsperger, & Ullsperger, 2009, S. 2026).

1.2.3. Error positivity (Pe) und P300 (P3)

Falkenstein, Hoormann, Christ & Hohnsbein (2000) untersuchten einige mögliche Ansätze um die Bedeutung und Funktion der Pe zu erklären. So zogen sie es in Erwägung, dass die Pe in Verbindung mit Fehlerkorrektur steht oder eine verspätete parietale P300 darstellt. Weiters wurde die Möglichkeit untersucht, ob die Pe das Ergebnis einer Deaktivierung der ERN darstellt oder als zusätzliche Fehlerverarbeitung, die sich von der Fehlererkennung und Antwortüberprüfung unterscheidet, angesehen werden kann. Aufgrund der Ergebnisse kamen sie jedoch zu dem Entschluss, dass keine dieser Annahme eine zufriedenstellende alleinige Erklärung für das Auftreten und die Funktion der Pe darstellt. Sind fanden lediglich Hinweise dafür, dass die Pe möglicherweise die bewusste Fehlererkennung, die Anpassung neuer Strategien oder die subjektive Einschätzung eines Fehlers reflektiert. Dies entspricht den Ergebnissen von Leuthold & Sommer (1999), die auch festgestellt haben, dass die Pe ein weiteres Korrelat der Fehlerverarbeitung darstellt. Laut Nieuwenhuis et al. (2001) handelt es sich bei der Pe um ein langsames positives ereigniskorreliertes Potential, welches oft nach der ERN auftritt. Sie gipfelt ungefähr 200-400ms nach der inkorrekten Reaktion (Falkenstein et al., 2000; Hohnsbein, Falkenstein & Hoorman, 1989; Nieuwenhuis et al., 2001). Die Pe-Amplitude ist jedoch wesentlich deutlicher ausgeprägt bei bemerkten als bei unbemerkten Fehlern, wohingegen die ERN immer auftritt, egal ob sich die Probanden der Fehlern bewusst sind oder nicht (Nieuwenhuis et al., 2001; O'Connell et al., 2007). Die Pe wird demnach mit bewusster Fehlerverarbeitung sowie Fehlerkorrektur in Verbindung gebracht. Auch Endrass, Franke & Kathmann (2005) berichten über geringe Pe-Amplituden bei unbewussten Fehlern im Gegensatz zu bemerkten Fehlern. Hajcak et al. (2003) gehen davon aus, dass die Pe in Verbindung mit

autonomen Antwortreaktionen und post-error slowing steht und behaupten, dass sie möglicherweise der Auslöser für Fehlerbewusstsein als auch die darauf folgende Kompensation ist. Auch Endrass, Reuter & Kathmann (2007) gelangen in ihrer Studie zu dieser Erkenntnis und stützen weiters durch ihre Ergebnisse die Aussagen von Nieuwenhuis und Kollegen (2001).

Die P300 kann als ein ereigniskorreliertes Potential angesehen werden, welches bei Feedbackverarbeitung auftritt und vergleichbar zur Pe nach der ERN nach der FRN ihr Amplitudenmaximum aufweist.

Die P300 lässt sich laut Literatur in zwei Komponenten aufteilen. Zum einen in P3a, die durch frontale Stimulus-orientierte Aufmerksamkeitsmechanismen während Aufgabenverarbeitungen entsteht. Bei der zweiten Komponente handelt es sich um P3b (meist in der Literatur und auch in dieser Arbeit mit P300 gemeint), die mit der Aufmerksamkeit auf aufgabenrelevante Stimuli verbunden ist und eher parietal entsteht (Polich, 2003).

Im Allgemeinen wird sie als ein Potential angesehen, welches bei der Informationsverarbeitung auftritt. Die P300 gipfelt zwischen 300ms und 600ms nach dem dargebotenen Reiz und lässt sich an den posterioren Elektroden lokalisieren (Duncan-Johnson & Donchin, 1977).

Donchin (1981) untersuchte diese Komponente mittels eines Oddball-Paradigmas. Dabei werden den Versuchspersonen mit unterschiedlicher Häufigkeit zwei Stimuli präsentiert. Polich (2007) erklärt das Auftreten der P300 damit, dass es zu einem Vergleich zwischen dem dargebotenen Reiz und der vorhandenen Reizrepräsentation im Gedächtnis kommt und neue Reize zu erhöhten Aufmerksamkeitsprozessen und Neuinterpretation führen. Sie tritt also bei Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsprozessen auf. Aufgrund der Ergebnisse vieler Studien kann davon ausgegangen werden, dass die P300 Amplitude umso höher ist, je geringer die Auftrittswahrscheinlichkeit ist (Johnson & Donchin, 1980; Kutas, McCarthy & Donchin, 1977; Polich, 2007).

Die Amplitude der P300 hängt außerdem von weiteren Faktoren ab, wie Aufmerksamkeit (Polich & Kok, 1995), Reizqualität oder subjektive Relevanz des Reizes (Coles, Smid, Scheffers & Otten, 1995). Auch die Aufgabenkomplexität scheint in die Amplitudenhöhe der P300 einzufließen (Israel, Chesney, Wickens & Donchin, 1980). Weiters scheint die motivationale Signifikanz (Nieuwenhuis, Slagter, Alting von Geusau, Heslenfeld & Holroyd, 2005b; Yeung & Sanfey, 2004) sowie die Relevanz des Reizes für die Aufgabe (Nieuwenhuis, Aston-Jones, & Cohen, 2005a) einen Einfluss auf die Amplitudenhöhe der P300 zu haben. Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm (2003; 2004) konnten in ihren Studien herausfinden, dass emotional erregende Stimuli die Amplitude der P300 erhöhen.

Inwiefern Feedback, vor allem die Valenz der Rückmeldung, einen Einfluss auf die P300 Amplitude hat, wird kontrovers diskutiert. Sato, Yasuda, Ohira, Miyawaki, Nishikawa & Kumano (2005) konnten keinen Einfluss der Valenz des Feedbacks auf die Amplitude der P300 feststellen. Auch Sanfey & Yeung (2004) gehen davon aus, dass die FRN eher die Feedbackvalenz repräsentiert, während die P300 eher die motivationale Signifikanz der Rückmeldung widerspiegelt. Es konnten jedoch im Gegensatz dazu auch einige Ergebnisse gefunden werden, die darauf hindeuten, dass die P300 mit der Valenz des Feedbacks in Verbindung steht. So konnten Holroyd, Hajcak & Larsen (2006) sowie Yeung et al. (2005) höhere P300-Amplituden nach positivem Feedback feststellen. Diese Erkenntnisse werden von Bellebaum & Daum (2008) sowie Hajcak, Holroyd, Moser & Simons (2005, 2007) und auch Wu & Zhou (2009) gestützt, die zum selben Ergebnis kommen. Im Gegensatz dazu wurden von Frank, Woroch & Curren (2005) sowie Ito, Larsen, Smith, & Cacioppo (1998) nach negativen Bildern eine höhere P300-Amplitude gefunden als nach positiven. Auch Cohen, Elger & Ranganath (2007) sowie Mathewson, Dywan, Snyder, Tays & Segalowitz (2008) fanden nach negativen Reizen eine größere P300.

Neben der Valenz des Feedbacks hat auch die Erwartung einen Einfluss auf die Amplitudenmodulation der P300. Schon Courchesne, Hillyard & Courchesne (1977), Duncan-Johnson & Donchin (1977) sowie Johnson & Donchin (1980) postulieren, dass es sich bei der P300 um eine Komponente handelt, die sensitiv gegenüber Erwartungen ist und nach unerwartetem Feedback größer ist als nach erwartetem Feedback. Bellebaum & Daum (2008) sowie Hajcak et al. (2005, 2007) konnten mit ihren Studien diese Aussagen stützen, da sie auch eine größere P300 nach unerwartetem Feedback fanden.

1.2.4. Der anteriore mediale cinguläre Cortex (aMCC) als neuronale Quelle von ERN und FRN

Frühere Studien bezeichnen den anterior cingulären Cortex (ACC) als neuronalen Ursprung der ERN und FRN (Gehring & Willoughby, 2002; Miltner et al., 1997). Mittels funktioneller Magnetresonanztomographien (fMRI) konnten sowohl Carter et al. (1998) als auch Holroyd et al. (2004) eine Aktivierung des dorsalen ACC beim Auftreten einer ERN sowie FRN feststellen. Nach neuesten Erkenntnissen handelt es sich bei diesem anatomischen Substrat um den anterior medialen cingulären Cortex (aMCC).

Zusätzlich zur Emotion (Kober, Barrett, Joseph, Bliss-Moreau, Lindquist & Wager, 2008) spielt der cinguläre Cortex eine tragende Rolle für Schmerzmodelle (Tracey, Mantyh, 2007; Vogt & Sikes, 2009) und kognitive Kontrolle (Cole, Yeung, Freiwald & Botvinick, 2009; Ridderinkhof, Ullsperger, Crone & Nieuwenhuis, 2004). Es stellt sich jedoch die Frage, ob diese Funktionen in unterschiedliche Regionen des cingulären Cortex unterteilt sind oder stattdessen in einer allgemeinen Region integriert werden. Devinsky, Morell & Vogt (1995) sowie Bush, Luu & Posner (2000) untersuchten elektrophysiologische sowie anatomischen Daten um die funktionelle Abtrennung zu bestimmen und argumentieren, dass der rostrale ACC für die affektive Verarbeitung zuständig ist, wohingegen der dorsale ACC, auf die

kognitive Verarbeitung spezialisiert ist. Vogt (2005) geht von einer neuen Unterteilung aus, in der auch der mediale cinguläre Cortex (MCC) involviert ist. Der rostrale ACC entspricht dabei dem anterior cingulären Cortex, der dorsale ACC dem medialen cingulären Cortex (MCC).

Laut Shackman, Salomons, Slagter, Fox, Winter & Davidson (2011) zeigen neuere Studien (Botvinick, 2007; Pereira, et al., 2010; Pessoa, 2008; Seeley et al., 2007; Vogt & Sikes, 2009;), dass der anterior mediale cinguläre Cortex (aMCC) als eine übergreifende Region anzusehen ist, da sie bei jeder den schon genannten Funktionen aktiv ist. Die darauf aufbauende Studie von Shackman et al. (2011) zeigt, dass die strenge Aufteilung des cingulären Cortex in affektive und kognitive Teile nicht länger haltbar ist. Vielmehr deutet alles darauf hin, dass sämtliche genannten Funktionen anatomisch und funktionell im aMCC integriert sind.¹

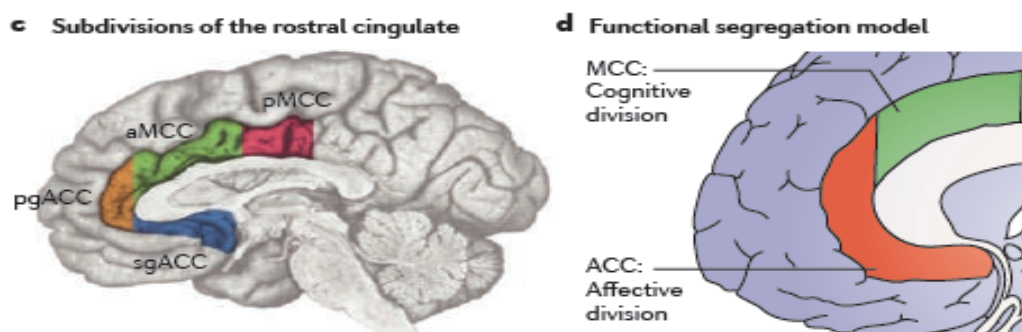


Abb 2: Auf der Abbildung c sieht man die vier Hauptaufteilungen des cingulären Cortex nach Vogt (2009). Der mediale cinguläre Cortex wird in die posteriore (rosa) und die anteriore Region (grün) aufgeteilt. Der anteriore Cortex wird in die pregenuale (orange) und subgeniale (blau) Region unterteilt. Die Abbildung d zeigt die Aufteilung nach Bush et al. (2000), die davon ausgehen, dass sich der rostrale cinguläre Cortex in eine affektive (rot) und kognitive (grün) Region aufteilen lässt (übernommen aus: Shackman et al., 2011, S.155).

¹ Aufgrund der neuesten wissenschaftliche Erkenntnis und auch der Einfachheit halber wird ab sofort beim zitieren älterer Literatur und Artikel die verwendete Bezeichnung ACC automatisch durch aMCC ersetzt. (Anmerkung der Autorin)

1.2.5. Verhaltenskorrelate der Fehlerüberwachung

Neben den bereits erwähnten neurophysiologischen Korrelaten wie ERN und Pe für die Fehlerverarbeitung und FRN und P300 bei der Feedbackverarbeitung sagen auch Verhaltensdaten etwas über die Verarbeitung der dargebotenen Reize aus. Die zwei wichtigsten Korrelate dafür sind die Reaktionszeit und die Fehlerrate. Wie schon der Name sagt, gibt die Fehlerrate an, wie viele Fehler bei der Bearbeitung einer Aufgabe gemacht wurden. Mittels Fehlerrate kann also die Qualität der Aufgabenbearbeitung beurteilt werden. Eriksen & Eriksen (1974) postulieren höhere Fehlerraten nach inkongruenten Reizen als nach kongruenten Reizen. Außerdem gehen sie von längeren Reaktionszeiten nach korrekten Antworten aus, da das willkürliche Antworten schneller erfolgt als überlegtes.

Bei den Reaktionszeiten muss man drei Arten unterscheiden, da diese durch unterschiedliche Anforderungen an die Versuchsperson entstehen. In der wissenschaftlichen Forschung kommt vor allem die „choice reaction time“ (CRT) zur Anwendung. Dabei handelt es sich um eine Reaktionszeit, die in Verbindung mit einer anderen Reaktion, zum Beispiel einem Tastendruck steht (Luce, 1986). Zur Untersuchung der Fehlerverarbeitung gibt es einige Aufgaben, bei denen durch Tastendruck die Reaktionsgeschwindigkeit gemessen wird. Ein Beispiel dafür wäre das Flanker-Paradigma (Eriksen & Eriksen, 1974), auf das in weiterer Folge noch genauer eingegangen wird. Auch in dieser Arbeit wird die CRT gemessen und ist mit dem Begriff Reaktionszeit gleichzusetzen. Eriksen & Eriksen (1974) nehmen an, dass es nach inkongruenten Aufgaben zu einer langsameren Reaktion kommt als nach kongruenten Aufgaben. Sanders & Lamers (2002) gehen davon aus, dass die gleichzeitige Präsentation zweier unterschiedlicher Buchstaben zu einem Konflikt zwischen den konkurrierenden Antworten führt und dadurch eine längere Reaktionszeit resultiert.

Ein weiteres Verhaltenskorrelat der Fehlerverarbeitung ist das so genannte „post-error slowing“ (PES). PES beschreibt das Phänomen, der Verlangsamung der Reaktionszeit nach gemachten Fehlern. Rabitt (1967, 1977) beschreibt als Erster das Auftreten von PES als eine Art der Fehlerkorrektur nach gemachten Fehlern. Dabei handelt es sich um einen bewussten Prozess, dem die bewusste Fehlererkennung vorangeht. Er berichtet von längeren Reaktionszeiten bei Aufgaben, die nach einem gemachten Fehler bearbeitet werden, als nach richtigen Antworten. Laut Hajcak et al. (2003b) ist das post-error slowing eine kompensatorische Maßnahme, die die Wahrscheinlichkeit für eine richtige Antwort nach gemachten Fehlern erhöhen soll. Notebaert, Houtman, Van Opstal, Gevers, Fias & Verguts (2009) unterstützen durch ihre Ergebnisse die Aussage, dass es nach gemachten Fehlern zu einer Verlangsamung der Reaktionszeit kommt, schränken sie aber ein. Sie konnten nur dann PES finden, wenn die Fehler selten waren, jedoch nicht, wenn häufig Fehler begangen wurden. Dann kommt es nach Notebaert et al. (2009) nämlich zu einer Verlangsamung der Reaktionszeit nach korrekten Antworten. Aufgrund früherer Studien zur Fehlerverarbeitung (Olvet & Hajcak, 2011; Wiswede, Münte, Goschke & Rüsseler, 2009a; Wiswede et al., 2009b) kann angenommen werden, dass es sich bei PES um ein Verhaltensmaß der Antwortüberwachung handelt.

1.3. Theoretische Erklärungsmodelle

Im Folgenden werden die unterschiedlichen theoretischen Modelle vorgestellt, die versuchen die Funktionen der ERN und FRN Komponenten zu erklären. Dabei wird auch darüber diskutiert inwiefern der aMCC für die Entstehung dieser Komponenten relevant ist.

1.3.1. Error Monitoring System

Wie schon erwähnt stellten Miltner et al. (1997) die These auf, dass es sich bei der FRN um ein Korrelat eines allgemeinen Fehlererkennungssystem handelt. Auch Gehring et al. (1993) gehen davon aus, dass sowohl die ERN als auch die FRN von Prozessen erzeugt werden, die als ein Teil der Fehlerüberwachung angesehen werden können. Nach Miltner et al. (1997) ist diese Fehlererkennung unabhängig von der Feedbackmodalität und entsteht sowohl bei visuellem, somatosensorischem als auch auditiven Feedback.

1.3.2. Conflict Monitoring Theory

Yeung et al. (2004) gehen zur Erklärung des Auftretens von ERN als auch FRN von einer „conflict monitoring“ Theorie aus. Sie fanden bei Antwortkonflikten, also wenn mehrere konkurrierende Antworten vorhanden sind, Aktivität im aMCC. Ein typisches Beispiel dafür ist das Flanker-Paradigma (Eriksen & Eriksen, 1974). Dabei müssen Probanden einen Zielbuchstaben oder ein Zielsymbol in der Mitte einer Reihe identifizieren, jedoch Distraktoren dabei ignorieren. Es gibt kongruente Situationen (HHHHH, >>>>) und inkongruente Situationen (SSHSS, >><>>). Die Reaktionszeiten und Fehlerquoten in inkongruenten Situationen, also wenn sich der Zielreiz von den Distraktoren unterscheidet, sind höher als bei kongruenten Situationen. Botvinick, Braver, Barch, Carter & Cohen (2001) gehen davon aus, dass der aMCC Entscheidungsprozesse überwacht. So sind laut ihren Annahmen die im aMCC erzeugten ERN und FRN das Ergebnis kognitiver Kontrollmechanismen. Laut ihren Annahmen reflektiert die Größe der Amplituden die wahrgenommenen Antwortkonflikte, je größer der Antwortkonflikt umso größer die Amplituden der Korrelate.

Weiters konnten Yeung et al. (2004) die Beobachtung machen, dass der aMCC auch dann aktiv ist, wenn keine falschen Antworten gegeben werden, sondern die Stimuli mehrere Antwortmöglichkeiten nahe legen und dadurch

einen Antwortkonflikt erzeugen. Der aMCC ist dabei für die Entdeckung des Konflikts und die Übertragung der Information in den lateralen präfrontalen Cortex zuständig. Ihm wird also eine direkte Rolle in der Fehlererkennung zugesprochen (Botvinick et al., 2001; Carter et al., 1998). Weiters erklärt ihre Theorie auch das Auftreten der FRN als eine Reaktion auf ein Feedback anschließend an einen gemachten Fehler. Dies führt zu der Annahme, dass die FRN eventuell mit dem Konflikt bezüglich des tatsächlichen und erwarteten Ergebnisses in Verbindung steht (Gehring & Fencsik, 2001).

1.4.1. Reinforcement Learning Theory

Diese Theorie wurde von Holroyd & Coles (2002) entwickelt. Sie postulieren einen Zusammenhang zwischen dem aMCC und dem mesencephalen dopaminergen System und gehen von einem „reinforcement learning“ (RL-Theorie) aus. Die Theorie besagt, dass Ereignisse von einem Überwachungssystem in den Basalganglien bewertet werden, die Voraussagen darüber machen, ob Ereignisse eintreten oder nicht. Denn laut Nieuwenhuis et al. (2002) ist es dem aMCC möglich aus vorherigen Ereignissen zu lernen und durch Feedback zukünftige Ereignisse vorherzusagen. Die Konsequenzen gewisser Handlungen können somit schon mit erlebten Handlungen verglichen werden und Erwartung bezüglich der Konsequenzen zukünftiger Handlungen erzeugen. Jedoch ist nicht der aMCC selbst für die Überwachung zuständig, sondern erhält ein neuronales Signal, auf das er reagiert und verfügt dabei nur über eine evaluative Rolle. Fallen die Konsequenzen schlechter als erwartet aus, so leitet das dopaminerge System ein negatives Verstärkungslernsignal über den aMCC zum frontalen Cortex, wobei die phasische Abnahme der Aktivität des Dopaminsystems die Apikaldendriten der Motorneuronen des aMCC hemmt. Dadurch werden im aMCC die Amplituden der ERN und FRN erhöht. Dieses Signal wird dazu verwendet, um den Erwerb neuer Verhaltensweisen zu optimieren. Die FRN

kann somit im Sinne eines Verstärkungslernsignales interpretiert werden, welches eine Diskrepanz zwischen internen und externen Darstellungen aufzeigt und unabhängig von Reizwertigkeit und Wahrscheinlichkeit des Vorkommens ist (Holroyd & Coles, 2002).

Es konnte festgestellt werden, dass die FRN-Amplitude am deutlichsten auf unerwartetes negatives Feedback reagiert (Holroyd & Coles, 2002; Nieuwenhuis et al., 2004) und außerdem auch sensitiv für unerwartetes positives Feedback ist (Hajcak et al., 2006; Vidal et al., 2000). Von den Autoren konnten negative Amplitudenausschläge nach positivem Feedback gefunden werden, die jedoch nicht der Amplitudenhöhe einer FRN entsprechen. Das Auftreten einer negativen Amplitude nach positivem Feedback wird jedoch kontrovers diskutiert. In einigen Studien konnten auch positive Amplituden im Latenzbereich der FRN gefunden werden (Holroyd et al., 2003; Potts, Martin, Burton & Montague, 2006).

Neueste Erkenntnisse kommen zu dem Schluss, dass nicht nur die Fehlerverarbeitung und die damit verbundenen Konsequenzen zu einer ERN oder FRN führen können, sondern auch die motivationale und affektive Bewertung der Wichtigkeit eines Reizes einen Einfluss auf die Amplitudenhöhe der Komponenten hat. So gehen Gehring & Willoughby (2002) davon aus, dass die FRN-Amplitude entweder emotionale Bedeutung oder auch affektive Signifikanz widerspiegelt. Auch Luu, Tucker, Terryberry, Reed & Poulsen (2003) bestätigen mit den Ergebnissen ihrer Studie diese Annahme, da sie sowohl einen Einfluss durch die Valenz des Feedbacks als auch durch die affektiven Bewertung eines Reizes gefunden haben

Yeung, Holroyd & Cohen (2005) als auch von Donkers, Nieuwenhuis und van Boxtel (2005) konnten zeigen, dass eine direkte Handlungsausführung nicht zwingend notwendig ist, um eine FRN zu erzeugen. Allein das passive Beobachten von Gewinn- und Verlustpräsentationen auf dem Bildschirm führt zu einer niedrigen FRN-Amplitude. Die FRN scheint also mehr zu sein, als nur

ein Anzeichen für Handlungs- und Fehlerkontrolle. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass die FRN das Resultat eines Vergleichsprozesses zwischen Handlung und dessen Konsequenz darstellt.

1.4. Gruppenzugehörigkeit

1.4.1. Sozialpsychologische Theorien

Ausgehend von diesem theoretischen Hintergrund wird davon angenommen, dass die Fehler- sowie Feedbackverarbeitung von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden können, die sich als Amplitudenmodulation unterschiedlicher EKPs in den elektroenzephalographischen Ableitungen zeigen. Interessant wäre in diesem Zusammenhang herauszufinden, inwiefern das Gefühl der Gruppenzugehörigkeit zum einen für die Fehlerverarbeitung und in weiterer Folge auch für die Feedbackverarbeitung von Bedeutung ist. So unterscheidet man zwischen In- Group- Setting und Out- Group- Setting. Ingroup bedeutet, dass die Versuchsperson einer Gruppe zugeteilt wird und die vorgegebenen Aufgaben dann mit dem Wissen, zu einer Gruppe zu gehören, bearbeitet. Wird ein Proband dem Out- Group- Setting zugeteilt, heißt das, dass er keiner Gruppe angehört und die Aufgaben nur für sich oder auch für eine gegnerische Gruppe bearbeitet. Jetzt stellt sich daher die Frage, ob sich zwischen In- Group und Out- Group- Setting bei der Fehler- und Feedbackverarbeitung Unterschiede zeigen. Die Zuweisung zu einer willkürlichen Gruppe (ein sogenanntes „minimal-group“ Paradigma) führt zu einer starken Präferenz für die In- Group- Mitglieder, wenn typische Faktoren für eine Gruppenentscheidung, wie früherer Kontakt oder Konkurrenz, ausgeschlossen werden (Tafel, 1970).

Menschen, die Mitglieder einer Gruppe sind und sich mit dieser Gruppe identifizieren können, verhalten sich anderes als Personen, die sich als

isoliertes Individuum wahrnehmen. Gruppenmitgliedschaft beeinflusst beispielsweise die Präferenz von Ergebnissen hin zu jenen Ergebnissen, die als für die Gruppe wichtig angenommen werden. Das Wissen einer Gruppe zugehörig zu sein kann somit die persönliche Wichtigkeit von Ergebnissen verändern. Weiters kann Gruppenmitgliedschaft auch die Vorstellung der Umwelt beeinflussen, so werden beispielsweise soziale Beziehungen plötzlich als wichtiger angesehen (Charness, Rigotti & Rustichini, 2007).

Es gibt Ergebnisse, die darauf hindeuten, dass die Selbstkategorisierung zu einer Gruppe zur intensiveren Betrachtung und Bearbeitung der Aufgaben der Gruppenmitglieder führt (Sporer, 2001).

1.4.2. Neurowissenschaftliche Erkenntnisse

Eine funktionelle Magnetresonanztomographie-Studie (fMRT) hat bei Betrachtung von Ingroup- Gesichtern im Vergleich zu Outgroup- Gesichtern verstärkt neuronale Aktivität in der Amygdala, dem orbitofrontalen Cortex und dem dorsalem Striatum gefunden (Van Bavel, Packer & Cunningham, 2008). Weiters wurde beobachtet, dass der gefundene Ingroup- Bias der neuronalen Aktivität nicht durch Herkunft der Personen oder dadurch, dass die Aufmerksamkeit bewusst auf Gruppenzugehörigkeit gelegt wird, entstanden ist. Daraus schließen Van Bavel, Packer & Cunningham (2008), dass dieser Bias automatisch erzeugt worden sein könnte. In einer weiteren fMRT-Studie fanden Newman-Norlund, Ganesh, van Schie, de Bruijn & Bekkering (2009) eine erhöhte hämodynamische Reaktion bei der Beobachtung von Personen, mit denen man sich identifiziert, im Gegensatz zu Personen, mit denen man sich nicht identifizieren kann.

Viele Studien zeigen, dass die neuronalen Mechanismen bei der Überwachung von Handlungen anderer Personen ähnliche sind wie bei der Überwachung des eigenen Handelns (Miltner et al., 2004; Shane, Stevens, Harenski & Kiehl, 2008; Van Schie, Mars, Coles & Bekkering, 2004). Die Forschung hat auch

begonnen die sozialen Einflüsse auf dieses sogenannte „Spiegelungs-Überwachungssystem“ zu untersuchen. So konnte festgestellt werden, dass die neuronale Spiegelung bei Beobachtung der Personen am stärksten ist, zu denen wir uns am zugehörigsten fühlen (Singer et al., 2004).

Weiters konnten de Bruijn & Miedl (2011) feststellen, dass die Bearbeitung von Go/No-Go- Aufgaben² zusammen mit anderer Personen auch die Aufgaben der anderen Person in die eigenen Fehlerüberwachungsprozesse mit einbezogen werden. Auch Boksem, Kostermans & de Cremer (2011) postulieren, dass die Art und Weise wie unser Gehirn den eigenen Erfolg bewertet vom Erfolg und Misserfolg anderer abhängt.

1.5. Forschungsfrage

Basierend auf all diesen Studien und ihren Ergebnissen sollte eigentlich die Frage geklärt werden, ob das Gefühl der Gruppenzugehörigkeit einen Einfluss auf die interne Fehlerverarbeitung bei einfachen Reiz-Reaktionsaufgaben (Flanker-Paradigma) sowie auf die Verarbeitung externer Feedbackreize haben könnte und wie sich dieser Einfluss sowohl im Verhalten als auch in neuronalen Korrelaten manifestiert. Aufgrund von technischen Schwierigkeiten konnten die daraus resultierenden Hypothesen jedoch nicht überprüft werden, da der Vergleich zwischen In- und Out- Group-Setting nicht möglich war und daher die Gruppenzugehörigkeit nicht untersucht werden konnte. Aufgrund eines Programmierfehlers im adaptiven Algorithmus wurden im Out- Group-Setting wesentlich weniger Fehler gemacht als im In-Group- Setting. Das hat zur Folge, dass der Vergleich zwischen den beiden Bedingungen nicht aussagekräftig wäre. Weiters gab es das Problem, dass bei manchen Versuchspersonen nach der Aufteilung in kongruente und inkongruente Bedingungen keine Fehler mehr in einer der Bedingungen

² Dabei handelt es sich um Aufgaben, in denen die Versuchspersonen auf bestimmte Reize entweder reagieren (go-Aufgaben) oder nicht reagieren (no-go-Aufgabe) sollen. Es handelt sich dabei um eine Art Reaktionshemmungsaufgabe (Scheffers et al., 1996).

vorhanden waren. Es wurde daher lediglich das In-Group Setting zur Analyse herangezogen.

In Folge dessen soll nun genauer untersucht werden, inwieweit die Kongruenz beziehungsweise Inkongruenz der Flanker-Aufgaben als auch des Feedbacks einen Einfluss auf die Verarbeitung der Aufgaben und des gegebenen Feedbacks hat. Die Beeinflussung der Kongruenz der Flanker-Aufgaben wird dabei über die Verhaltensdaten überprüft, während der Einfluss von kongruentem oder inkongruentem Feedback über die Komponenten der FRN und P300 untersucht wird. Auf Basis der vorangestellten Literatur sollte noch erwähnt werden, dass inkongruentes Feedback als unerwarteter für die Versuchspersonen angesehen wird als kongruentes Feedback.

2. Hypothesen

Der Vollständigkeit halber und da sie auf vorangestellten Literatur basieren, werden Hypothesen der Gruppenzugehörigkeit trotzdem angeführt, jedoch als nicht überprüft gekennzeichnet.

2.1. Verhaltensdaten

Als Verhaltensdaten zählen die Fehlerrate, Reaktionszeit, sowie das Post-Error Slowing bei der Reaktion auf das Flanker-Paradigma.

Als Grundhypothese wird angenommen, dass die Versuchsteilnehmer in inkongruenten Bedingungen eine längere Reaktionszeit aufweisen und mehr Fehler machen, als in kongruenten Bedingungen (Eriksen & Eriksen, 1974).

Außerdem werden aufgrund der Annahme von Eriksen & Eriksen (1974) längere Reaktionszeiten nach korrekten Antworten erwartet.

Weiters sollen die Annahme von Rabbitt & Phillips (1967) repliziert werden, die ein post-error slowing nach gemachten Fehlern postulieren.

In weiterer Folge soll untersucht werden, ob es aufgrund der Gruppenmanipulation, die mittels Gruppenzugehörigkeitsfragebogen erfasst wird, zu unterschiedlichen Reaktionszeiten und Fehlerraten kommt.

Basierend auf der Annahme, dass in der eigenen Gruppe eine höhere subjektive Bedeutung der Tasks erzeugt wird, wird gruppenspezifisch erwartet, dass im In- Group- Setting versucht wird, weniger Fehler zu machen und daher die Fehlerrate niedriger ist (Tafjel, 1970). (Diese Hypothese konnte jedoch nicht überprüft werden.)

2.2. Fehlerverarbeitung

Allgemein wird postuliert, dass es nach einem gemachten Fehler sowohl im In- Group- als auch im Out- Group- Setting zu einem Auftreten einer ERN und einer Pe kommt (Falkenstein et al., 1991).

Aufgrund der erhöhten subjektiven Bedeutung der Tasks im Ingroup- Setting wird davon ausgegangen, dass gemachte Fehler eine höhere subjektive Salienz aufweisen und daher zu einer erhöhten ERN führen. Im Out- Group- Setting wird demnach eine niedrigere ERN Amplitude erwartet als im Ingroup- Setting, da gemachte Fehler nicht so unangenehm sind (Gehring & Willoughby, 2002; Yeung, Holroyd & Cohen, 2005). (Aufgrund des nötigen Vergleichs zwischen In- und Out- Group-Setting wurde diese Hypothese nicht überprüft.)

2.3. Feedbackverarbeitung

Aufgrund der Forschungsergebnisse von Miltner et al. (1997) wird postuliert, dass die FRN bei negativem Feedback eine höhere Amplitude aufweist als bei positivem Feedback.

In Anlehnung an die Ergebnisse von Frank et al. (2005), Ito et al. (1998), Cohen et al. (2007) sowie Mathewson et al. (2008) wird postuliert, dass es nach negativem Feedback zu einer größeren P300 kommt.

Aufgrund der Ergebnisse von Holroyd & Coles (2002) sowie Niewenhuis et al. (2004) wird angenommen, dass es nach inkongruentem (wenn die Emotion des Gesichts und die Valenz der Rückmeldung nicht übereinstimmen) Feedback zu einer größeren FRN kommt.

Nach unerwartetem, in diesem Fall inkongruentem, Feedback wird in Anlehnung an die Ergebnisse von Bellebaum & Daum (2008) sowie Hajcak et al., (2005, 2007) eine größere P300 erwartet.

Aufgrund der erhöhten Salienz im In- Group- Setting wird hier eine höhere FRN als im Out- Group- Setting erwartet (Holroyd & Coles, 2002). (Diese Hypothese wurde nicht überprüft.)

3. Materialien und Methoden

3.1. Stichprobenbeschreibung

Die Stichprobe dieser Studie bestand ursprünglich aus 32 körperlich und geistig gesunden Teilnehmern, die Studenten der Universität Wien sind oder im Bekanntenkreis der Versuchsleitung akquiriert wurden. Acht Versuchspersonen wurden jedoch aufgrund von technischen Problemen bei der elektroenzephalographischen Ableitung sowie zu vieler Artefakte nicht für die weitere Analyse der Daten verwendet. Die Teilnahme an der Studie

erfolgte auf freiwilliger Basis. Die Stichprobe bestand daher aus 27 weiblichen Studentinnen im Alter von 18 bis 49 Jahren ($MW=23,31$; $SD=5,31$). Es wurden ausschließlich weibliche Versuchspersonen untersucht, da sich in der bisherigen Literatur Geschlechtseinflüsse bei der Gesichterverarbeitung finden lassen konnten. Proverbio, Brignine, Matarazzo, Del Zotto & Zani (2006) konnten feststellen, dass es bei Frauen zu einer bilateralen Verarbeitung von Gesichtern kommt, während die Verarbeitung bei Männern asymmetrisch erfolgt. Besonders bei der Vorgabe von Paradigmen, in denen Empathie eine Rolle spielte, wurde insofern unterschiedliche neuronale Aktivität bei den Geschlechtern gefunden, als es bei Frauen zu einer stärkeren neuronalen Aktivierung kommt (Fukushima & Hiraki, 2006). Mittels eines SCID-I-Screenings (*Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV-Screening*; Wittchen, Wunderlich, Gruschwitz, & Zaudig, 1996) wurde die psychische Gesundheit der Probanden überprüft, um eventuell auffällige Personen von der Studie auszuschließen. Dies lässt sich aufgrund diverser Studien rechtfertigen, die herausfinden konnten, dass beispielsweise bei Personen mit einer depressiven Störung eine Hypoaktivität des aMCC nachgewiesen werden konnte (Beauregard et al. 1998; Bench et al. 1992; Drevets et al. 1997; Olvet, Klein & Hajcak, 2010). Dies könnte die Amplituden der ERN und FRN beeinflussen. Außerdem sind Personen mit einer depressiven Störung oftmals in ihrer Reaktionsschnelligkeit beeinträchtigt (Azorin, Benhaim, Hasbroucq & Possamai, 1995). Alle Probanden hatten keine neurologische Vorgeschichte und einen normalen oder korrigierten Visus. Die Voraussetzung der Rechtshändigkeit wurde mittels „*Edinburgh Handedness Inventory*“ (Oldfield, 1971) überprüft.

Die Testung wurde an der Fakultät für Psychologie an der Universität Wien im Brain-Research-Lab der SCAN-Unit durchgeführt.

Eine schriftliche Einverständniserklärung sowie ein Informationsblatt über die Durchführung der Untersuchung wurden allen Versuchspersonen vorgelegt und von allen Teilnehmern unterschrieben. Die gesamte Studie wurde nach

der Deklaration von Helsinki (1983) und Richtlinien der Universität Wien durchgeführt.

3.2. Psychometrische Instrumente

Die Versuchspersonen füllten vor der Untersuchung mittels Online- Zugang (https://www.soscisurvey.de/vorscreening_ppi-r/) den Fragebogen PPI-R ((*Psychopathic Personality Inventory-Revised*; Alpers & Eisenbarth, 2008) aus. Die weiteren Fragebögen wie das SKID-I-Screening (*Screening Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV*; Wittchen, Wunderlich, Gruschwitz, & Zaudig, 1996), der NEO-FFI (*NEO-Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae*; Borkenau & Ostendorf, 1993) sowie ein Fragebogen zur Gruppenzugehörigkeit wurden direkt vor Ort vor der Testung beantwortet. Der Fragebogen zur Gruppenzugehörigkeit wurde außerdem noch direkt nach der Testung und EEG-Aufzeichnung ausgefüllt, um einen möglichen Unterschied und daraus zuschließende Beeinflussung der Aufgabenbearbeitung festzustellen.

Die Fragebögen wurden zur Stichprobenbeschreibung vorgegeben und sollten eine Einschätzung der Versuchspersonen ermöglichen.

3.2.1. PPI-R – *Psychopathic Personality Inventory-Revised*

Beim Fragebogen *Psychopathic Personality Inventory-Revised* (PPI-R) von Alpers & Eisenbarth (2008) handelt es sich um die deutsche Übersetzung der Originalversion von Lilienfeld & Widows (2005). Mittels dieses Selbstbeschreibungsfragebogens werden acht Skalen erfasst, die für die Beschreibung des Konstrukts der Psychopathie nach Cleckley (1964) relevant sind. Der Fragebogen umfasst insgesamt 154 Items wobei die Dimension Schuldexternalisierung mit 15 Items, Rebellenische Risikofreude mit 28 Items, Stressimmunität mit 16 Items, Sozialer Einfluss mit 17 Items, Kältherzigkeit mit

15 Items, Machiavellistischer Egoismus mit 17 Items, Sorglose Planlosigkeit mit 16 Items und Furchtlosigkeit mit 7 Items. Außerdem gibt es eine Skala unaufrichtige Beantwortung, die mit 23 Items erfasst wird. Beantwortet werden die Items mittels 4-stufigem Antwortformats mit den Antwortmöglichkeiten „falsch“, „eher falsch“, „eher richtig“ und „richtig“.

Mittels der Skalen Sozialer Einfluss, Furchtlosigkeit und Stressimmunität wird das Konstrukt Fearless Dominance (FD) gebildet. Das Konstrukt Self-Centered Impulsivity (SCI) setzt sich aus den Skalen Machiavellistischer Egozentrismus, Sorglose Planlosigkeit, Rebellische Risikofreude und Schuldexternalisierung zusammen.

Die internen Konsistenzen der Skalen liegen mit einem Cronbach Alpha bei $\alpha = .85$ im durchschnittlichen Bereich. Die Reliabilitäten der einzelnen Skalen liegen zwischen $\alpha = .72$ und $\alpha = .88$ und sind zufriedenstellend.

Für die aktuelle Fragestellung waren die Ergebnisse des PPI-R nicht relevant und wurden lediglich nur zur Stichprobenbeschreibung herangezogen.

3.2.2. Screening Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV (SKID-I-Screening)

Beim strukturierten Klinischen Interview für DSM-IV handelt es sich um ein Interviewverfahren zur Diagnostik psychischer Störungen nach DSM-IV. Es liegt in zwei Fassung auf wodurch sowohl psychische Störungen der Achse-I als auch Persönlichkeitsstörungen der Achse-II nach DSM-IV erfasst werden können.

Um die psychische Gesundheit der Versuchspersonen festzustellen, wurde den Probanden dieser Studie das SKID-I-Screening vorgelegt, in dem die psychiatrische Vergangenheit der Versuchspersonen erfragt und somit schon aufgetretene psychische Auffälligkeiten erkannt werden.

3.2.3. NEO-FFI (NEO-Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae)

Das NEO-Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae (NEO-FFI; Borkenau & Ostendorf, 1993) ist ein multidimensionales Inventar zur Erfassung fünf wichtiger Persönlichkeitsbereiche. Diesem Fragebogen liegen Persönlichkeitsdimensionen zugrunde, die mittels der fünf Skalen Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrung, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit erfasst werden. Der faktorenanalytisch konstruierte Fragebogen umfasst 60 Items, je 12 Items pro Dimension. Die Beantwortung erfolgt mittels einer 5-stufigen Ratingskala mit den Antwortmöglichkeiten „starke Ablehnung“, „Ablehnung“, „Neutral“, „Zustimmung“ und „starke Zustimmung“, wobei die Items sowohl positiv als auch negativ gepolt sind. Ermittelt werden die Werte pro Skala sowie ein Gesamtwert.

Die internen Konsistenzen der Skalen liegen mit den Cronbach Alphas zwischen $\alpha = .72$ (Ähnlichkeit) und $\alpha = .87$ (Neurotizismus) im zufriedenstellenden Bereich und belaufen sich auf durchschnittlich $\alpha = .80$. Auch die Retest Reliabilitäten (Intervall: 5 Jahre) liegen zufriedenstellend zwischen $r_{tt} = .71$ (Verträglichkeit) und $r_{tt} = .82$ (Extraversion).

Dieser Fragebogen diene der Stichprobenbeschreibung und dazu, eventuelle Zusammenhänge zwischen den Persönlichkeitsskalen und dem Fragebogen der Gruppenzugehörigkeit zu untersuchen.

3.2.4. Fragebogen zum Gruppenzugehörigkeitsgefühl

Bei diesem Fragebogen handelt es sich um einen selbstentwickelten Fragebogen, der das Gruppenzugehörigkeitsgefühl der Personen im Ingroup-Setting erfassen soll. Damit soll festgestellt werden, inwiefern sich Versuchsteilnehmer mit einer hohen Selbstidentifizierung mit der Gruppe von Teilnehmern unterscheiden, die sich nicht so sehr mit der Gruppe identifizieren.

Der Fragebogen wird aufgrund der Ergebnisse von Tajfel (1970) und Charness et al. (2007) vorgegeben, die darauf hindeuten, dass sich die experimentspezifische Aufgabenbearbeitung bei Gruppenmitgliedern, sowohl im Verhalten als auch in neuronalen Korrelaten, von eben jener Aufgabenbearbeitung von Nicht-Gruppenmitgliedern unterscheidet. So gehen Charness et al. (2007) davon aus, dass das Wissen um Gruppenzugehörigkeit die Wichtigkeit von Ergebnisse beeinflussen kann. Auch Singer et al. (2004) postulierte einen Einfluss von Zugehörigkeit auf die neuronale Aktivität. Demzufolge wurde die Skala „Gefühl der Zugehörigkeit zur zugeteilten Gruppe“ erstellt. Ein Zugehörigkeitsgefühl zu einer Gruppe sagt aber noch nichts darüber aus, ob einer Person die zugeteilte Gruppe wichtig ist. Kang, Hirsh & Chasteen (2010) konnten feststellen, dass es zu unterschiedlicher neuronaler Aktivität kommt wenn eine Gruppe mit unbekannten Personen beobachtet wird, im Gegensatz zu einer Gruppe mit Freunden. Es macht also einen Unterschied, welche Personen sich in einer Gruppe befinden und ob dieses wichtig für einen sind. Daher wurde die Skala „Wichtigkeit der Gruppe“ erstellt. Diese Studien zeigen, dass die Zugehörigkeit zu einer Gruppe das Verhalten einer Person verändern kann. Eine daraus resultierende Überlegung war, herauszufinden inwiefern die Versuchspersonen den Einfluss der Gruppenzugehörigkeit subjektiv wahrnehmen. Die Skala „subjektive Einschätzung des Einflusses der Gruppe“ sollte dies erfassen. Nachdem die drei wesentlichen Themenbereiche gefunden waren wurden die Fragen entwickelt, die diese Bereiche abdecken sollen. Dies erfolgte durch Sammeln relevanter Aspekte aus der vorangestellten Literatur.

Er wird sowohl vor der Testung, als auch nach der Testung vorgegeben und hat dadurch zwei Testzeitpunkte die durch T1 (prä) und T2 (post) gekennzeichnet sind.

Die Beantwortung der Fragen erfolgt durch Ankreuzen der siebenstufigen Antwortskala mit den Endpunkten „völlige Zustimmung“ zu „überhaupt keine Zustimmung“. Die Items sind sowohl positiv als auch negativ gepolt.

Ursprünglich bestand der Fragebogen aus 15 Items, pro Skala 5 Items. Es wurde jedoch aus der Skala zur subjektiven Einschätzung des Einflusses der Gruppe ein Item („Können sie sich voll und ganz auf eine Aufgabe konzentrieren?“) entfernt, wodurch sich die interne Konsistenz von den Cronbach Alpha $\alpha = .78$ auf $\alpha = .79$ für T1 und von $\alpha = .80$ auf $\alpha = .82$ für T2 verbessert hat. Es zeigte sich, dass dieses Item die subjektive Einschätzung des Einflusses der Gruppe nicht ausreichend erfasst hatte. Ein Beispielitem für die Skala **Gefühl der Zugehörigkeit zur zugeteilten Gruppe** ist:

„Sehen sie sich als ein Mitglied der Gruppe an?“

So lautet ein Item aus der Skala **subjektive Einschätzung des Einflusses der Gruppe**:

„Hatten sie ihre Gruppe bei der Bearbeitung der Aufgaben im Hinterkopf?“

Beispielitem aus der Skala **Wichtigkeit der Gruppe**:

„Ist ihnen ein Fehler vor ihrer Gruppe unangenehm?“

3.3. Aufgaben und Durchführung

Da in dieser Studie ein Vergleich zwischen In- und Outgroup-Setting stattfinden sollte, mussten die Versuchspersonen vor der eigentlichen Testung einer Gruppe zugeteilt werden. Diese Zuteilung geschah mittels einer Schätzaufgabe, in der die Probanden eine Anzahl an Symbolen schätzen sollten. Dafür begaben sich die Versuchspersonen noch vor der Vorbereitung für die elektroenzephalographische Ableitung ins Versuchslabor. Die Schätzaufgabe wurde auf einem 19-Zoll-Bildschirmmonitor präsentiert, vor dem die Probanden mit ungefähr 70 cm Abstand bequem sitzen konnten. Die benötigte Tastatur lag vor ihnen auf dem Tisch. Die Aufgabenpräsentation erfolgte mit dem Programms E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh, PA).

Für die Schätzaufgabe bekamen die Versuchspersonen zu Beginn die Instruktion (im Anhang), in der ihnen erklärt wurde, dass sie so schnell und korrekt wie möglichen schätzen sollten, ob auf dem präsentierten Bild mehr oder weniger Symbole als eine vorgegebene Anzahl zu sehen war. Waren weniger Symbole zu sehen, so sollten sie die Taste 1 auf der Tastatur drücken, waren mehr Symbole als angegeben zu sehen wurden sie angehalten die Taste 3 zu drücken. Es wurden zehn Schätzaufgaben vorgegeben und jedes Bild wurde 1000ms präsentiert.

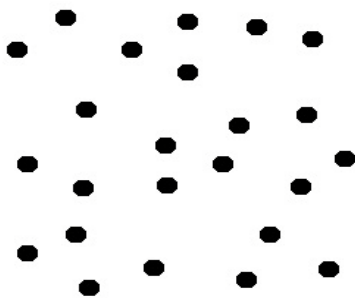


Abb 3: Das Bild zeigt ein Beispielitem aus der Schätzaufgabe. Die Versuchspersonen mussten mittels Tastendruck angeben, ob hier mehr oder weniger als 20 Punkte zu sehen sind.

Den Versuchspersonen wurde nach der Schätzaufgabe mitgeteilt, dass sie aufgrund ihrer Ergebnisse entweder der Gruppe GELB oder der Gruppe BLAU zugeteilt werden. Die eigentliche Zuweisung erfolgte jedoch randomisiert. Den Probanden wurde gesagt, dass die anderen Mitglieder ihrer Gruppe die Aufgaben ähnlich bearbeitet haben wie sie und daher ähnlich gut und schnell waren. Dies geschah um ein Gefühl der Gruppenzugehörigkeit zu erzeugen.

Nachdem die Einschlusskriterien überprüft und die Gruppenzuweisung erfolgt und der Fragebogen ausgefüllt worden waren, wurden die Probanden im Labor für die EEG-Aufzeichnung vorbereitet. Außerdem erhielten sie eine genaue Erklärung zu der folgenden Computertestung. Die Probanden begaben sich in den schallisolierten Versuchsraum, in dem dann mit der Testung begonnen wurde. Den Versuchspersonen wurde bei Bedarf nochmal der folgende Ablauf erklärt und die Probanden darum angehalten, vor allem während der Darbietung der Stimuli so ruhig wie möglich zu sitzen, auf die Mitte des Bildschirms zu sehen und jegliche Bewegung zu vermeiden.

Die Versuchspersonen erhielten am Bildschirm eine genaue Instruktion (siehe Anhang) und bevor die eigentliche Testung begann, wurde pro Proband ein Übungsblock à zwölf Durchgängen durchgeführt, in denen der Versuchsteilnehmer die Aufgaben kennen lernen und sich damit vertraut machen konnte. Die Probanden erhielten nach jeder Aufgabe ein Feedback in Form eines eingefärbten Gesichtes über die Richtigkeit ihrer Antwort. Zu diesem eigentlichen Feedback wurde jeweils passend „RICHTIG“, „FALSCH“ oder „Kein Tastendruck erfolgt“ eingeblendet. „Kein Tastendruck erfolgt“ wurde immer dann eingeblendet, wenn die Antwort außerhalb des vorgegebenen Zeitfensters erfolgte, ungeachtet dessen, ob sie korrekt oder falsch gewesen wäre. Den Versuchspersonen wurde nochmals explizit erklärt, dass sie dann zu langsam geantwortet haben und dass bei den normalen Durchgängen nicht angezeigt wird, wenn kein Tastendruck erfolgt ist, sondern als Fehler gewertet wird.

Den Versuchspersonen wurden Aufgaben nach dem Flanker- Paradigma von Erikson & Erikson (1974) vorgegeben, bei denen es sich um einfache Reiz-Reaktionsaufgaben handelt. Die Aufgabe bestand dabei aus fünf aufeinander folgenden Buchstaben, wobei für die Probanden nur der mittlere, der sogenannte Zielbuchstabe von Bedeutung war. Es wurde zwischen kongruenten und inkongruenten Aufgaben unterschieden. In Anlehnung an die Studie von Erikson & Erikson wurden als Stimuli die Buchstaben H und S verwendet. Die Aufgabe der Probanden war es bei den Zielbuchstaben S mit dem Zeigefinger der linken Hand und der Taste 1 auf der Tastatur zu antworten und bei den Zielbuchstaben H mit dem rechten Zeigefinger die Taste 3 zu drücken. Kongruente Aufgaben waren daher „HHHHH“ und „SSSSS“ und inkongruente Aufgaben „SSHSS“ und „HSHHH“.

Mittels Tastendruck auf der Tastatur wurde mit der Testung begonnen. Für 1000ms erschien ein Fixationspunkt (+) in der Mitte des Bildschirms auf den sich die Probanden konzentrieren sollten. Darauf folgend wurde eine der schon beschriebenen Buchstabenreihen für 100ms jeweils die beiden äußeren

Buchstaben eingeblendet und danach für weitere 30ms die ganze Buchstabenreihe mit dem Zielbuchstaben in der Mitte, auf die die Testpersonen reagieren sollten. Dafür haben die Versuchspersonen ein festgelegtes Zeitfenster, in dem sie antworten sollten. Dieses Zeitfenster begann mit 600ms, wurde jedoch alle zehn Aufgaben überprüft und verändert. Wurden mehr als die Hälfte der vorangegangenen zehn Aufgaben korrekt beantwortet, so verringerte sich das Antwortfenster für die nächsten zehn Aufgaben um 100ms. Wurden die Aufgaben größtenteils falsch beantwortet, vergrößerte sich das Antwortfenster um 100ms. Dies funktionierte aufgrund technischer Probleme aber nur im Ingroup-Setting, im Outgroup-Setting (dies wird anschließend noch genauer erklärt) gab es kein adaptives Antwortzeitfenster, welches alle zehn Aufgaben überprüft wurde. Hier betrug das Zeitfenster für die Antwort zu Beginn 600ms und wurde nur alle 50 Aufgaben überprüft und angepasst.

Im Anschluss an den Tastendruck bekamen die Versuchspersonen ein Feedback bezüglich der Richtigkeit ihrer Antwort. Beim Feedback handelte es sich um eingefärbte emotionale weibliche Gesichter. Relevant für das Feedback war dabei lediglich die Farbe der Gesichter (GELB oder BLAU) und nicht der emotionale Ausdruck. Die Einfärbung der Gesichter erfolgte in Anlehnung an die Studie von Warren & Holroyd (2012), die als Feedback in ihrer Studie gelb und blau eingefärbte Gesichter verwendeten. Je nachdem, zu welcher Gruppe die Versuchspersonen nach der Schätzaufgabe zugeteilt wurden, bedeutete die jeweilige Gruppenfarbe korrektes Feedback. Hat zum Beispiel eine Versuchsperson aus der Gruppe GELB eine Aufgabe richtig beantwortet, so erhielt sie ein GELB eingefärbtes Gesicht als Rückmeldung. Hat diese Versuchsperson aus der Gruppe GELB die Aufgabe aber falsch beantwortet, so erhielt sie ein BLAU eingefärbtes Gesicht als Feedback. Die Gesichter konnten entweder freudig oder verärgert aussehen, was jedoch für das Feedback nicht von Bedeutung war. Durch die unterschiedlichen Farben

und Gesichtsausdrücke konnte auch beim Feedback zwischen kongruent und inkongruent unterschieden werden.



Abb 4: Feedback für eine Versuchsperson der Gruppe GELB im Ingroup-Setting. Links sieht man kongruentes Feedback, rechts inkongruentes Feedback.

Die Präsentation des Feedbacks fand 500-800ms nach gegebener Antwort statt und wurde immer für 1000ms präsentiert (Miltner et al., 1997). Nach dem Feedback startete eine neue Aufgabe wieder mit dem Fixationspunkt. Das darauf folgende variable Inter-Stimulus-Intervall variierte zwischen 450ms und 650ms.

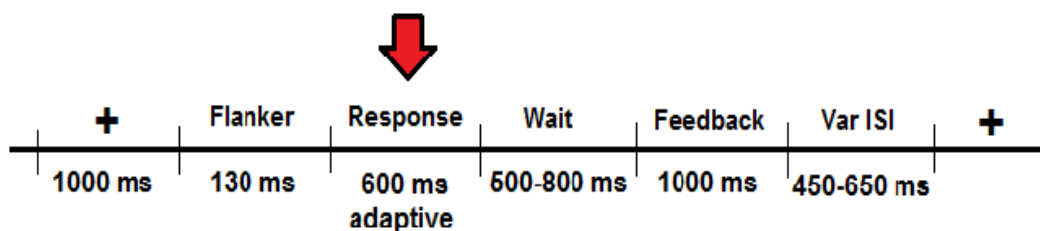


Abb 5: Schematischer Ablauf des Experiments mit Dauer der einzelnen Durchgänge.

Da zwischen In- und Outgroup-Setting unterschieden werden sollte, bearbeitete jede Versuchsperson die Aufgaben einmal für die eigene Gruppe (Ingroup-Setting) und einmal für die gegnerische Gruppe (Outgroup-Setting). Jeder Block (In- und Outgroup) bestand aus je 200, insgesamt also 400

Durchgängen. Zwischen den Blöcken und jeweils nach 50 Durchgängen gab es eine Pause, dessen Dauer selbst bestimmt werden konnte. Bevor die Versuchspersonen die Aufgaben für die gegnerische Gruppe bearbeiteten, gab es wieder einen Übungsdurchgang à zwölf Aufgaben. Dies war nötig, da die Farbe des Feedbacks nun umgedreht wurde. Eine Versuchsperson, die der Gruppe GELB zugeteilt wurde und die Aufgaben für die gegnerische Gruppe bearbeitete, erhielt nach richtiger Antwort ein BLAU eingefärbtes Gesicht und nach falscher Antwort ein GELB eingefärbtes Feedback. Außerdem wurde ein anderes weibliches Gesicht präsentiert um einen Einfluss des Gesichts auszuschließen und zwischen einer blonden und einer braunhaarigen Frau variiert. Per randomisierten Blockdesign wurde entschieden mit welchem Gesicht im Ingroup-Setting begonnen wird.



Abb 6: Feedback für eine Versuchsperson der Gruppe GELB im Outgroup-Setting. Links sieht man kongruentes Feedback, rechts inkongruentes Feedback.

3.4. EEG-Ableitung

Für die EEG-Aufzeichnung erfolgte mittels eines 64-EEG-Kanal-Verstärkers (neuroConn GmbH; Ilmenau, Deutschland) über Silber/Silberchlorid (Ag/AgCl) Elektroden die äquidistant als Erweiterung des 10/10 Systems auf einer elastischen Haube (EASYCAP GmbH; Model M10, Herrsching, Deutschland) befestigt wurden. Zusätzlich zu 61 Kopfelektroden wurde eine Erdungselektrode an der Stirn sowie Elektroden für das Elektrookulogramm (EOG) um die Augen angebracht. Die Elektroden für das EOG wurden am linken und rechten Augenrand sowie jeweils mit einem Abstand von ungefähr 1cm eine Elektrode unter und über dem linken Auge positioniert. Für die Online- Aufzeichnung wurde die rechte mastoide Elektrode verwendet und für die Offline- Aufzeichnung der Mittelwert der beiden mastoiden Elektroden berechnet.

Um eine gute Aufzeichnungsqualität und Impedanzen unter $2k\Omega$ zu sichern, wurde die Kopfhaut der Versuchsteilnehmer bei der Haubenapplikation zuerst mit Alkohol desinfiziert und dann mit einer sterilen Einwegnadel angekratzt (Picton & Hillyard, 1972). Im Anschluss wurde evakuiertes Elektrodengel (Electro-Gel, Electrode-Cap International, Inc., Eaton, OH) in die einzelnen Elektroden gefüllt und die Impedanzen mit einem Impedanzmessgerät gemessen. Die EEG-Signale wurden mit einer Frequenz von DC – 250 Hz mit einer Digitalisierungsrate von 500 Hz aufgenommen.

3.5. Analyse der Daten

3.5.1. Verhaltensdaten

Als Reaktionszeiten der Versuchspersonen wurden ausschließlich choice reaction times (CRT) erfasst. Dabei wurden zur Analyse sämtliche vorhandenen CRT, also alle CRT für fehlerhafte Antworten, für korrekte

Antworten, CRT für kongruente und inkongruente Aufgaben sowie die CRT für post-error-Aufgaben und post-correct matched-Aufgaben. Post-correct matched-Aufgaben wurden herangezogen, um die Möglichkeit auszuschließen, dass die Verlangsamung nach fehlerhaften Antworten aufgrund einer einfachen Regression zur Mitte entstand, da fehlerhafte Antworten in der Regel schneller sind als korrekte. Dies wurde in Anlehnung an die Studien von Wiswede et al. (2009) und Hajcak, McDonald and Simons (2003b) getan, die mit ähnlichen Verfahren das PES untersuchten.

Diese Verlangsamung der Reaktionszeit nach fehlerhaften Antworten wurde mit den verlangsamten Reaktionszeiten nach korrekt bearbeiteten Aufgaben verglichen, wobei die Anzahl der post-correct matched-Aufgaben an die der post-error-Aufgaben angepasst wurde, indem nur die schnellsten post-correct matched-Aufgaben ausgewählt wurden.

Wie schon von Wiswede et al. (2009) in seiner Studie durchgeführt, wurden auch in dieser Studie nur CRT in die Analyse mit einbezogen, die über 200 ms lagen.

Außerdem wurden die Fehlerraten, also die Anzahl der aufgetretenen Fehler, bei kongruenten sowie inkongruenten Bedingungen zu weiteren Analysen herangezogen.

3.5.2. EEG-Datenanalyse

Zur weiteren Analyse der Daten wurden Matlab 7.5.0. (The MathWorks, Inc., Natick, MA) und das Programm EEGLAB 6.0.3b (Delorme & Makeig, 2004) verwendet. Um hochfrequentes Rauschen aus den Daten zu filtern, wurde ein 30 Hz Tief-Pass-Filter verwendet. Die Daten wurden trendbereinigt, d.h. lineare Trends wurden mit der Matlab-basierten „detrend“-Funktion in den EEG-Signalen entfernt. Im Anschluss wurde jede Aufgabe zwei Sekunden vor und eine Sekunde nach der Feedbackpräsentation epochiert. Eine grobe Artefaktkodierung mittels visueller Überprüfung der Daten erfolgte. Bei zwei

Datensätzen wurde aufgrund geringer Qualität eines Kanals dieser interpoliert. In weitere Folge wurde eine „Independent-Component-Analysis“ (ICA) zum Entfernen der Augenbewegungen und weiterer Artefakte durchgeführt (Bell & Sejnowski, 1995; Delmore & Makeig, 2004; Lee, Girolami & Sejnowski, 1999).

Die nun vorhandenen ICA-Komponenten wurden visuell auf Augenbewegungen oder störende Artefakte kontrolliert und bei Bedarf wurden in Anlehnung an Delorme, Sejnowski & Makeig (2007) ein bis drei ICA-Komponenten entfernt. Mittels einer semi-automatischen Artefaktkorrektur wurden anschließend alle Durchgänge mit einer Amplitudenspannung $\pm 75\mu\text{V}$, oder lineare Drifts mit einer maximalen Steigung über $50\mu\text{V}$ automatisch vom Programm markiert und nach visueller Kontrolle bei Bedarf entfernt.

Des Weiteren wurden die Daten zur Bestimmung der ERN und Pe bearbeitet. Die Epochierung der Daten erfolgte 100ms vor bis 600ms nach Tastendruck. Als Baseline dienten die 100ms vor dem Tastendruck. Danach konnten die Daten pro Bedingung aufgeteilt werden, wobei sich vier Bedingungen ergaben:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. Ingroup: richtige Antwort | 3. Outgroup: richtige Antwort |
| 2. Ingroup: falsche Antwort | 4. Outgroup: falsche Antwort |

Im Anschluss wurden die Grand-Averages pro Bedingung gebildet.

Bezugspunkt bei der Epochierung der FRN und P300 war der Beginn der Feedback Präsentation, es wurde ein Zeitbereich von 200ms vor dem Feedback bis 800ms nach dem Feedback extrahiert. Als Baseline für die Daten zur Bestimmung der FRN und P300 dienten die 200ms vor Präsentation des Feedbacks. Hier ergaben sich acht Bedingungen:

1. Ingroup: freundliches Gesicht – positives Feedback (happy-pos) → kongruent
2. Ingroup: freundliches Gesicht – negatives Feedback (happy-neg) → inkongruent
3. Ingroup: verärgertes Gesicht – negatives Feedback (angry-neg) → kongruent
4. Ingroup: verärgertes Gesicht – positives Feedback (angry-pos) → inkongruent
5. Outgroup: freundliches Gesicht – positives Feedback (happy-pos) → kongruent
6. Outgroup: freundliches Gesicht – negatives Feedback (happy-neg) → inkongruent
7. Outgroup: verärgertes Gesicht – negatives Feedback (angry-neg) → kongruent
8. Outgroup: verärgertes Gesicht – positives Feedback (angry-pos) → inkongruent

Auch hier wurden im Anschluss die Grand-Averages pro Bedingung gebildet.

3.5.3. ERP-Datenanalyse

Durch die gemittelten Bedingungen konnten die Amplitudenmaxima mit dem Programm BRL peak finder 0.1b in EEGLAB markiert werden. Es wurden hier nur die Daten der In-Group-Bedingung für die weitere Analyse verwendet.

Zuerst wurden die Amplitudenmaxima der ERN und Pe an den Elektroden FCz und Cz markiert. Die ERN wurde als negativster Amplitudenausschlag im Zeitbereich 10ms bis 120ms nach Tastendruck definiert. Die Pe wurde definiert als der positivste Amplitudenausschlag zwischen 200ms und 400ms nach Tastendruck. Nach visueller Prüfung der Grand-Averages zeigten sich für die

ERN und Pe an der Elektrode Cz die größten Amplituden, weshalb diese für die weitere Analyse verwendet wurden.

Die Maxima der Amplituden der P200, FRN und P300 wurden an den Elektroden FCz und Cz markiert, wobei die P300 zusätzlich an der Elektrode Pz markiert wurde. Sowohl bei der FRN als auch der P300 konnten bei zwei Versuchspersonen keine eindeutigen Amplitudenausschläge gefunden werden, weshalb die beiden Versuchspersonen von der weiteren Analyse ausgeschlossen wurden. Für die Analyse der FRN und P300 wurden schlussendlich 25 Datensätze verwendet. Zuerst wurden die Amplituden der Feedbackverarbeitung nach der base-to-peak-Methode von Picton et al. (2000) extrahiert.

Die P200 wurde definiert als der positivste Amplitudenausschlag 150ms bis 300ms nach der Feedbackpräsentation. Die FRN wurde als negativster Amplitudenausschlag zwischen 190ms und 400ms nach Feedback-Onset definiert und die P300 als positivster Peak im Zeitfenster von 250ms bis 650ms nach Feedbackpräsentation.

In weiterer Folge wurde die FRN-Amplitude mit der peak-to-peak-to-peak-Methode von Yeung & Sanfey (2004) berechnet. Dabei werden von den Durchschnittsamplituden der P200 und P300 die base-to-peak-Amplitudenwerte der FRN abgezogen.

$$FRN_{(peak-to-peak-to-peak)} = \left(\frac{P2-P3}{2} \right) \cdot FRN_{(base-to-peak)}$$

Picton und seine Kollegen (2000) argumentieren, dass die P300-Amplituden die Amplituden der FRN überlagern könnten und durch diese Methode eine exaktere Darstellung der FRN möglich ist. Nach Betrachtung der Grand-Averages konnten sich die größten Amplituden für die P200 und FRN an der Elektrode FCz und für P300 an der Elektrode Pz. Dabei kam aber der Verdacht auf, dass durch das, auf Basis der Literatur definierte Zeitfenster, die Möglichkeit bestand, anstatt der eigentlichen FRN die ähnliche Komponente N2 markiert zu haben. Aufgrund dessen wurde nach nochmaliger Betrachtung der Grand-Averages beschlossen die Mittelwertamplituden der FRN für den

Zeitbereich von 270ms bis 310ms zu berechnen und für die weitere Analyse zu verwenden.

Viele Studien (Baker and Holroyd, 2011; Warren & Holroyd, 2012; Warren, Tanaka & Holroyd, 2011) beschäftigen sich mit dem Zusammenhang der N2 und der FRN. Die beiden Komponenten haben vergleichbare Latenzzeitpunkte, Amplitudenverläufe und Topographien (Holroyd, Pakzad-Vaezi & Krigolson, 2008; Warren & Holroyd, 2012). In Anlehnung an die aktuelle Studie von Warren & Holroyd (2012), die mittels Berechnung von Differenzwellen die Unterschiede zwischen den Komponenten FRN und N2 untersuchten, wurden auch in dieser Studie zusätzlich Differenzwellen berechnet, um den Einfluss der Kongruenz beziehungsweise Inkongruenz der Feedbackstimuli zu untersuchen. Es wurden sowohl für die Emotion des Gesichts als auch die Valenz des Feedbacks je zwei Differenzwellen berechnet, wobei immer die Mittelwertsamplituden der FRN für den Zeitbereich 270ms – 310ms der kongruenten Bedingung von den Mittelwertsamplituden der FRN für den selben Zeitbereich der inkongruenten Bedingung abgezogen wurde. Es wurden also zum Beispiel für die Berechnung der Differenzwelle „Emotion Freude“ die Mittelwertsamplituden der FRN-Bedingung „happy-pos“ (kongruent) von den Mittelwertsamplituden der Bedingung „happy-neg“ (inkongruent) subtrahiert. Nach diesem Prinzip wurden die folgenden vier Differenzwellen berechnet:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Emotion Ärger | 3. Valenz negativ |
| 2. Emotion Freude | 4. Valenz positiv |

3.5.4. Statistische Analyse

Für die statistische Auswertung der Daten wurde das Programm SPSS 20 (SPSS, Inc.) verwendet. Bei sämtlichen Berechnungen wurde immer ein Signifikanzniveau von $p < .05$ angenommen. Bei den Verhaltensdaten wurden

die Fehlerraten (kongruent vs. inkongruent) sowie das post-error slowing (post-correct vs. post-error) mit einem t-Test für abhängige Stichproben berechnet. Für die Reaktionszeiten wurde eine 2 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Innersubjekt-Faktoren Kongruenz (kongruent vs. inkongruent) und Valenz (positiv vs. negativ) berechnet. Zu beachten ist dabei, dass nicht alle Versuchspersonen in die Analyse mit eingeschlossen wurden, da nicht jede Versuchsperson in der kongruenten Bedingung Fehler gemacht hat.

Die Amplituden der ERN und Pe (richtig vs. falsch) wurden mittels t-Tests für abhängige Stichproben untersucht.

Die FRN- sowie die P3-Amplituden wurden mit einer 2 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Innersubjekt-Faktoren Emotion (freundliches Gesicht vs. verärgertes Gesicht) und Valenz (positives Feedback vs. negatives Feedback) gerechnet.

Für die Differenzwellen wurden zwei t-Tests für abhängige Stichproben gerechnet, um den Einfluss der Kongruenz auf die Faktoren Emotion (freundliches Gesicht vs. verärgertes Gesicht) und Valenz (positives Feedback vs. negatives Feedback) separat zu untersuchen.

Alle Varianzanalysen wurden zusätzlich mit dem Zwischensubjekt-Faktor Gruppenzugehörigkeit (starke Gefühle vs. schwache Gefühle), der mittels Mediansplit ermittelt wurde, berechnet. 13 Versuchspersonen wurden dabei der Gruppe mit einem schwachen Gruppenzugehörigkeitsgefühl zugeteilt, 14 Versuchspersonen der Gruppe mit starkem Gefühl der Gruppenzugehörigkeit. Dabei ergaben sich aber keinerlei signifikante Ergebnisse (alle p-Werte > 0,096).

Außerdem wurden Spearman-Korrelationen zwischen den Skalen des Gruppenzugehörigkeitsfragebogens und den Skalen des NEO-FFI und des PPI-R berechnet.

Um die Richtung signifikanter Ergebnisse zu untersuchen, wurden Post-Hoc Tests berechnet. Mittels Turkey's HSD wurden signifikante Interaktionen

überprüft. Die Effektgröße wird mit dem partiellen Eta- Quadrat (η_p^2) angegeben. Laut Cohen (1973) stellt 0.05 einen kleinen, 0.1 einen mittleren und 0.2 einen großen Effekt dar.

4. Ergebnisse

4.1. Fragebogendaten

Für die Analyse der Fragebogendaten wurden der Persönlichkeitsfragebogen NEO-FFI und der Gruppenzugehörigkeitsfragebogen herangezogen. Mittels Spearman-Korrelation wurden die einzelnen Subskalen der beiden Fragebögen miteinander verglichen. In Tabelle 1 sieht man die verwendeten Skalen samt den Mittelwerten (MW) und Standardabweichungen (SD).

	MW	SD
Zugehörigkeit (<i>Gruppen-FB</i>)	22,44	5,52
Einfluss (<i>Gruppen-FB</i>)	19,00	4,57
Wichtigkeit (<i>Gruppen-FB</i>)	25,04	4,99
Neurotizismus (<i>NEO-FFI</i>)	17,96	8,54
Extraversion (<i>NEO-FFI</i>)	32,26	5,31
Offenheit (<i>NEO-FFI</i>)	34,15	5,63
Verträglichkeit (<i>NEO-FFI</i>)	34,96	6,38
Gewissenhaftigkeit (<i>NEO-FFI</i>)	35,63	6,70
Fearless Dominance (<i>PPI-R</i>)	96,67	7,32
Self-Centered Impulsivity (<i>PPI-R</i>)	166,59	18,40

Tabelle 1: In der Tabelle sind die Mittelwerte sowie Standardabweichungen der Skalen aus dem NEO-FFI und dem Gruppenzugehörigkeitsfragebogen sowie den beiden Hauptfaktoren des PPI-R angegeben. Es werden die Rohwerte dargestellt.

Die Skala Zugehörigkeit des Gruppenzugehörigkeitsfragebogens korreliert negativ mit der Skala Offenheit ($p=0,003$, $r=-0,554$) sowie positiv mit der Skala Verträglichkeit ($p=0,008$, $r=0,502$) des NEO-FFI. Die restlichen Skalen korrelieren nicht signifikant miteinander (alle p -Werte $> 0,127$).

4.2. Verhaltensdaten

Für die Berechnung der Verhaltensdaten wurden die Fehlerraten, Reaktionszeiten sowie das post-error slowing des In- Group-Settings herangezogen.

4.2.1. Fehlerraten

Bei der Analyse der Fehlerraten (kongruent vs. inkongruent) mittels t-Test für abhängige Stichproben zeigte sich ein signifikanter Effekt ($t(26)=-8,73$, $p<0,001$) und höhere Fehlerraten nach inkongruenten Aufgaben (siehe Tabelle 2).

	MW	SD	N
kongruent	1,41	1,80	27
inkongruent	10,33	5,90	27

Tabelle 2: Die Tabelle zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichung der Fehlerrate nach kongruenten und inkongruenten Durchgängen sowie die Anzahl der Versuchspersonen.

4.2.2. Reaktionszeiten

Bei der Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Faktoren Richtigkeit (richtig vs. falsch) und Kongruenz (kongruent vs. inkongruent) ergab sich ein

signifikanter Haupteffekt für den Faktor Richtigkeit ($F(1,14)=59,915$, $p<0,001$, $\eta^2=0,811$) mit höheren Werten für richtige Antworten. Der Hauptfaktor Kongruenz zeigte keinen signifikanten Effekt ($F(1,14)=2,768$, $p=0,118$, $\eta^2=0,165$). Die Wechselwirkungen von Richtigkeit x Kongruenz zeigten einen signifikanten Effekt ($F(1,14)=27,580$, $p<0,001$, $\eta^2=0,663$). Post hoc konnten signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen *inkongruente Aufgabe – richtige Antwort* und *inkongruente Aufgabe – falsche Antwort* ($p<0,001$) gefunden werden. Bei inkongruenten Aufgaben nach korrekten Antworten waren längere Reaktionszeiten als nach falschen Antworten zu beobachten. Auch zwischen *kongruente Aufgabe – richtige Antwort* und *inkongruente Aufgabe – richtige Antwort* ($p=0,002$) konnten signifikante Unterschiede gezeigt werden. Bei korrekten Antworten traten längere Reaktionszeiten nach inkongruenten Aufgaben als nach kongruenten Aufgaben auf (siehe Tabelle 3). Außerdem wurden post hoc signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen *kongruente Aufgabe – falsche Antwort* und *inkongruente Aufgabe – richtige Antwort* ($p=0,0003$) sowie *inkongruente Aufgabe – falsche Antwort* und *kongruente Aufgabe – richtige Antwort* ($p=0,006$) gefunden, wobei diese Ergebnisse nicht sinnvoll zu interpretieren sind.

	MW	SD
Kongruente Aufgabe – richtige Antwort	308,63	26,23
Kongruente Aufgabe – falsche Antwort	296,94	42,69
Inkongruente Aufgabe – richtige Antwort	358,41	22,78
Inkongruente Aufgabe – falsche Antwort	270,41	17,92

Tabelle 3: Die Tabelle zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeiten in den unterschiedlichen Bedingungen. Die Reaktionszeiten sind in ms angegeben.

4.2.3. Post-error slowing (PES)

Der t-Test für abhängige Stichproben (post-error vs. post-correct) ergab ein signifikantes Ergebnis ($t(26)=16,159$, $p<0,001$), wobei es zu längeren Reaktionszeiten bei post-error-Aufgaben kam als nach post-correct-Aufgaben.

	MW	SD
Post-error	252,52	65,94
Post-correct	230,75	15,80

Tabelle 4: Die Tabelle beinhaltet die Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeiten in den beiden Bedingungen post-error und post-correct. Die Reaktionszeiten sind in ms dargestellt.

4.3. ERP-Daten

Für die Analyse der ERP-Daten werden die Amplitudenwerte der ERN und Pe sowie der FRN und P3 im In- Group- Setting verwendet.

4.3.1. ERN und Pe

Bei der Analyse der ERN ergab der t-Test für abhängige Stichproben (richtig vs. falsch) einen signifikanten Effekt ($t(26)=-4,403$, $p<0,001$). Eine größere ERN war nach richtigen als nach falschen Antworten zu beobachten. Auch bei der Berechnung der Pe konnte ein signifikantes Ergebnis ($t(26)=-8,077$, $p<0,001$) gefunden werden, wobei fehlerhafte Antworten zu einer größeren Pe Amplitudenmodulation führen.

	MW	SD
ERN – richtig	-3,06	4,29
ERN – falsch	-0,25	4,07
Pe – richtig	-3,03	5,71
Pe – falsch	3,04	5,51

Tabelle 5: Zu sehen sind die Amplitudenmittelwerte und Standardabweichungen der ERN sowie der Pe- Amplituden in den beiden Bedingungen (richtig vs. falsch) an der Elektrode Cz.

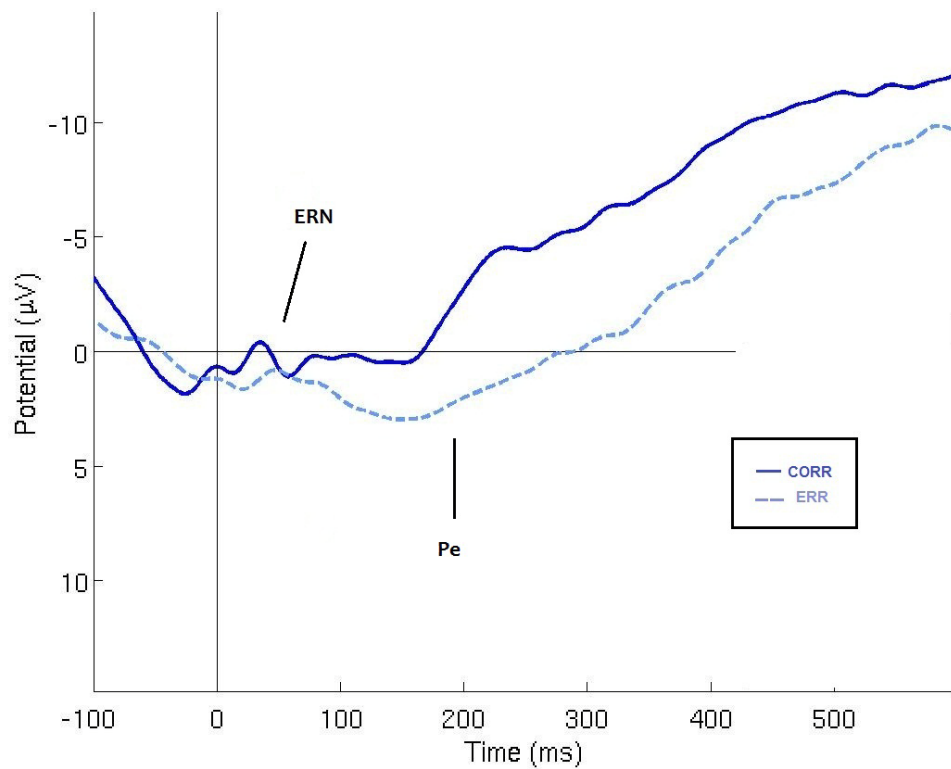


Abbildung 7: Hier sind die Amplituden der ERN und Pe bei falscher und richtiger Antwort im In- Group- Setting an der Elektroden Cz zu sehen. Tastendruck erfolgte bei oms.

4.3.2. FRN und P3

Die 2 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Amplituden der FRN ergaben keine signifikanten Effekte für den Faktor Valenz ($F(1,24)=0,001$, $p=0,978$, $\eta^2<0,001$) sowie den Faktor Emotion ($F(1,24)=3,450$, $p=0,076$, $\eta^2=0,126$), wobei man beim Faktor Emotion von einem Trend in Richtung größere FRN nach freudigen Gesichtern sprechen kann. Ein signifikantes Ergebnis zeigte sich jedoch bei den Wechselwirkungen Emotion x Valenz ($F(1,24)=15,017$, $p=0,001$, $\eta^2=0,385$), wobei post hoc lediglich zwischen den Bedingungen *freundliches Gesicht – negatives Feedback* und *verärgertes Gesicht – negatives Feedback* ein signifikanter Unterschied ($p=0,004$) festgestellt werden konnte. Die Amplitude der FRN war bei negativem Feedback größer, wenn es sich um ein freundliches Gesicht, also inkongruentes Feedback handelte (siehe Tabelle 6).

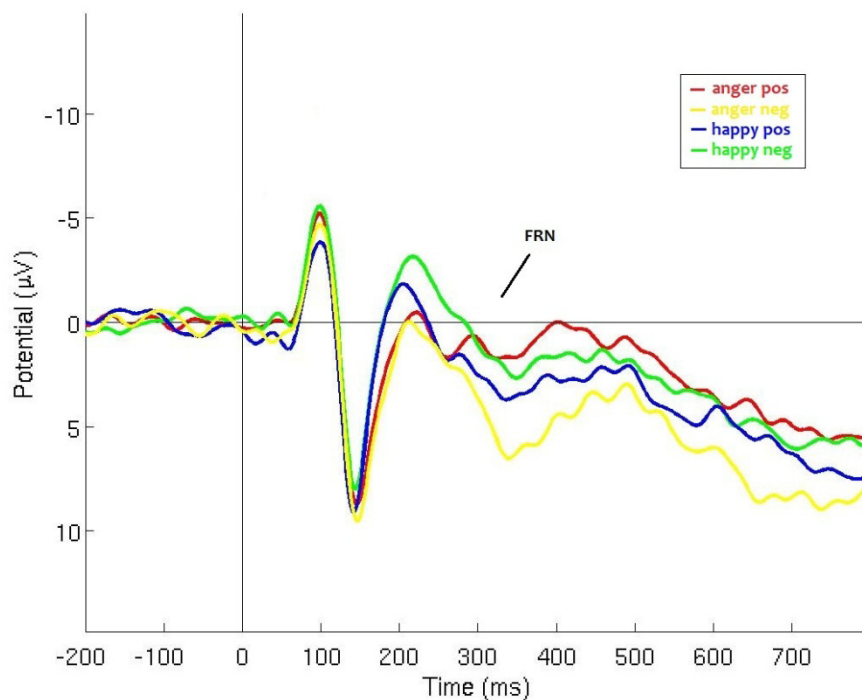


Abbildung 8: Diese Abbildung zeigt die Amplitudenverläufe der FRN für die unterschiedlichen Bedingungen im In- Group- Setting an der Elektrode FCz. Präsentation des Feedbacks erfolgte bei oms.

	FRN		P ₃	
	MW	SD	MW	SD
Freundliches Gesicht – positives FB	2,57	5,81	9,49	4,67
Freundliches Gesicht – negatives FB	0,77	5,65	8,46	6,01
Verärgertes Gesicht – positives FB	1,54	5,56	7,60	4,37
Verärgertes Gesicht – negatives FB	3,32	6,75	10,86	6,80

Tabelle 6: Hier werden die Mittelwerte sowie Standardabweichungen der FRN-Mittelwertsamplituden für den Zeitbereich 270-310ms nach Präsentation des Feedbacks an der Elektrode FCz angegeben. Außerdem sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Amplituden der P₃ an der Elektrode Pz angegeben.

Der t-Test für abhängige Stichproben zu Berechnung der Differenzwellen ergab für den Faktor Emotion (freundliches Gesicht vs. verärgertes Gesicht) ein signifikantes Ergebnis ($t(24)=5,234$, $p<0,001$) und eine größere FRN nach freundlichen Gesichtern. Auch für den Faktor Valenz (positives Feedback vs. negatives Feedback) zeigte sich ein signifikanter Effekt ($t(24)=2,112$, $p=0,045$), wobei nach positivem Feedback eine größere FRN entstand.

	MW	SD
Freundliches Gesicht	1,52	5,65
Verärgertes Gesicht	4,11	5,56
Positives Feedback	2,29	5,56
Negatives Feedback	3,34	5,65

Tabelle 7: Die Tabelle zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der FRN-Differenzwellen für den Zeitbereich 270-310ms nach Präsentation des Feedbacks an der Elektrode FCz.

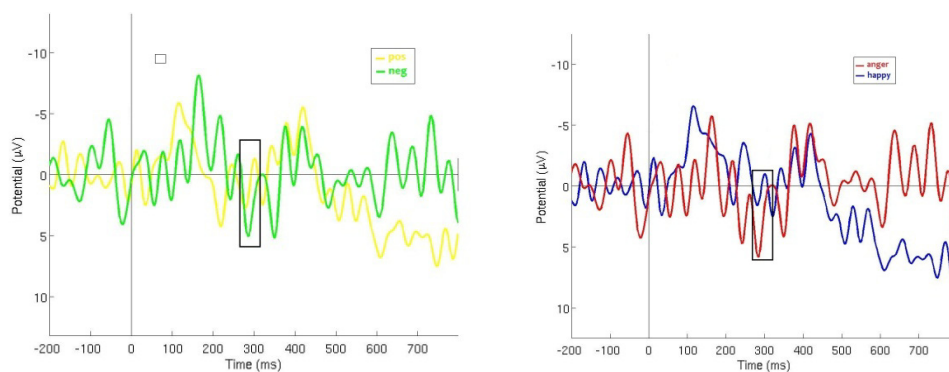


Abbildung 9: In der linken Abbildung sieht man die Differenzwellen der FRN für die beiden Valenzbedingungen (positives Feedback vs. negatives Feedback). In der rechten Abbildung werden die Differenzwellen der FRN für die Emotionsbedingungen (freundliches Gesicht vs. verärgertes Gesicht) abgebildet. Bei beiden Abbildungen handelt es sich um die Elektrode FCz. Markiert wurde der Zeitbereich von 270-310ms.

Die 2 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung für die P3-Amplituden zeigte keine signifikanten Effekte für die Faktoren Emotion ($F(1,24)=1,163$, $p=0,690$, $\eta_p^2=0,007$) sowie Valenz ($F(1,24)=3,227$, $p=0,085$, $\eta_p^2=0,119$). Beim Faktor Valenz kann man jedoch von einem Trend in Richtung größerer P3 nach positivem Feedback sprechen. Die Wechselwirkungen Emotion x Valenz zeigen ein signifikantes Ergebnis ($F(1,24)=16,132$, $p=0,001$, $\eta_p^2=0,402$). Bei den

weiteren Analysen post hoc konnten signifikante Effekte für die Bedingungen *verärgertes Gesicht – negatives Feedback* und *verärgertes Gesicht – positives Feedback* ($p=0,001$) gefunden werden, wobei es bei verärgerten Gesichtern nach kongruentem Feedback zu größeren P3-Amplituden kommt. Außerdem konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen *verärgertes Gesicht – negatives Feedback* und *freundliches Gesicht – negatives Feedback* ($p=0,020$) gefunden werden. Nach negativem Feedback zeigte sich eine größere P3 für verärgerte Gesichter (siehe Tabelle 6).

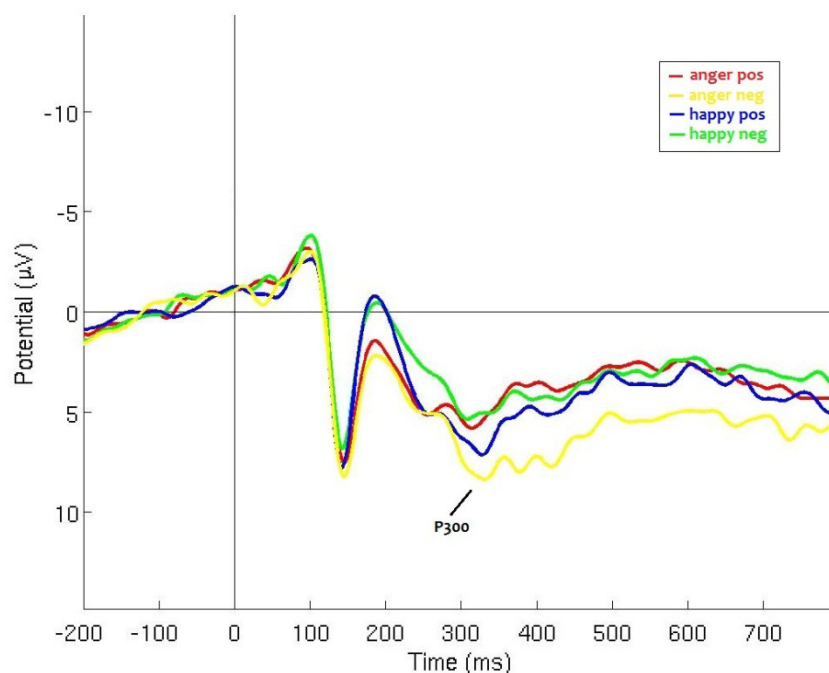


Abbildung 10: Hier sieht man die Amplitudenverläufe der P300 in allen vier Bedingungen des In- Group- Settings an der Elektrode Pz. Feedbackpräsentation erfolgt bei 0 ms.

5. Diskussion

In dieser Arbeit sollte untersucht werden, inwiefern die Kongruenz oder Inkongruenz eines Reizes Einfluss auf die interne Fehlerverarbeitung sowie auf die externe Fehlerverarbeitung mittels Feedback hat. Dazu wurde eine Flanker-Aufgabe mit kongruenten und inkongruenten Buchstabenreihen

vorgegeben und mit der Analyse der Verhaltensdaten sowie den EKP-Komponenten ERN und Pe die interne Fehlerverarbeitung untersucht. Um den Einfluss der Kongruenz auf die externe Fehlerverarbeitung zu ermitteln, wurde nach der Bearbeitung der Aufgaben ein emotionales (freundlich vs. verärgert) eingefärbtes (blau vs. gelb) weibliches Gesicht präsentiert. Dieses konnte kongruent (Emotion im Gesicht und Feedback mittels Farbe ist passend) oder inkongruent (Emotion im Gesicht entspricht nicht dem Feedback) sein. Analysiert wurden die Komponenten der FRN, P300 sowie der Differenzwellen der FRN für jede Bedingung.

Der Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Verhaltensdaten sowie die Fehler- und Feedbackverarbeitung konnte in dieser Arbeit nicht überprüft werden.

5.1. Verhaltensdaten

Die Annahme, dass es nach inkongruenten Buchstabenreihen bei der Flanker-Aufgabe zu einer höheren Fehlerrate kommt, konnte bestätigt werden. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Reizen. Der Mittelwert der gemachten Fehler nach kongruenten Reizen liegt bei $MW=1,41$ mit einer Standardabweichung von $SD=1,80$, nach inkongruenten Reizen bei $MW=10,33$ mit einer Standardabweichung von $SD=5,90$. Zu beachten ist hier, dass aufgrund des Algorithmus auch jene Antworten als Fehler gewertet wurden, die außerhalb des Antwortfensters lagen, aber eigentlich richtig beantwortet wurden. Es könnte also sein, dass der doch relativ große Unterschied zwischen den Mittelwerten der Fehlerraten auch aufgrund des Algorithmus entstanden ist und einige Fehler nicht auf die Inkongruenz der Buchstabenreihe sondern zum Teil auch auf das zu geringe Zeitfenster für eine mögliche Antwort zurückzuführen sind. Demnach könnte es sein, dass sich das Zeitfenster aufgrund der raschen Beantwortung bei kongruenten Aufgaben verringert,

für die Beantwortung der inkongruenten Aufgaben aber dann zu klein ist und dadurch mehr Fehler entstehen als es ohne Algorithmus der Fall wäre.

In Anlehnung an die Ergebnisse von Eriksen & Eriksen (1974) kann aber davon ausgegangen werden, dass es nach inkongruenten Reizen zu einer höheren Fehlerrate kommt als nach kongruenten Reizen, wenngleich dieser Unterschied ohne Algorithmus eventuell nicht so ausgeprägt gewesen wäre.

Bei den Reaktionszeiten konnte ein signifikanter Effekt der Wechselwirkungen zwischen Richtigkeit und Kongruenz gefunden werden. Die kürzesten Reaktionszeiten gab es nach inkongruent-falschen Antworten, die längsten nach inkongruent-richtigen Antworten. Die Reaktionszeiten nach kongruenten Aufgaben lagen zwischen diesen. Die hohe Standardabweichung nach kongruent-falschen Aufgaben könnte dadurch erklärt werden, dass die Versuchspersonen hier wenig Fehler gemacht haben und dadurch weniger Aufgaben in die Analyse mit eingegangen sind. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass neben der Richtigkeit der Antwort auch die Kongruenz des Reizes einen Einfluss auf die Reaktionszeiten hat und es nach falschen inkongruenten Aufgaben zu längeren Reaktionszeiten kommt. Diese Hypothese wird von den Ergebnissen von Sanders & Lamers (2002) unterstützt, die auch aufgrund ihrer signifikanten Wechselwirkungen in verschiedenen Experimenten davon ausgehen, dass die Präsentation der zwei unterschiedlichen Buchstaben zu einem Antwortkonflikt führen, wodurch sich die Reaktionszeit verlängert.

Die Hypothese, dass es nach gemachten Fehlern zu einer Verlangsamung der Reaktionszeit bei der Bearbeitung der nächsten Aufgabe kommt, konnte bestätigt werden. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen post-error- Aufgaben und post-correct- Aufgaben. Zu beachten ist hier jedoch die hohe Streuung der Werte um den Mittelwert bei post-error- Aufgaben (MW=252,52, SD=65,94) im Vergleich zu den post-correct- Aufgaben (MW=230,75, SD=15,80). Dieses Ergebnis steht eventuell mit dem Algorithmus in Zusammenhang, der das Zeitfenster für eine Antwort variiert. Hat die Versuchsperson zu langsam geantwortet, wurde dies als Fehler gewertet. Die Versuchsperson selbst wusste aber in manchen Fällen jedoch, dass sie richtig

geantwortet hat, aber in anderen jedoch nicht. Durch diese Tatsache könnte sich die Reaktionszeit in manchen Fällen verändert haben und die Streuung erklären.

5.2. Fehlerverarbeitung

In Bezug auf die interne Fehlerverarbeitung wurden aufgrund der Ergebnisse von Falkenstein et al. (1991) angenommen, dass es nach einem gemachten Fehler zum Auftreten einer ERN sowie Pe kommt. Es zeigte sich bei der ERN zwar ein signifikanter Effekt, es wurde jedoch eine größere ERN nach korrekten Antworten gefunden. Aufgrund des Algorithmus im In- Group- Setting wurden hier viele Fehler gemacht. Dabei sollte jedoch bedacht werden, dass diese Fehler subjektiv nicht als Fehler wahrgenommen wurden und eher als „Fehler aufgrund zu langsamer Reaktion“ angesehen werden sollten. Sie stellen daher vermutlich keine Verhaltensreaktionen dar. Es stellt sich weiters die Frage, ob möglicherweise zu viele Fehler dieser Art gemacht wurden, um eine ERN zu erzeugen. Im Vergleich dazu kam es nämlich im Out- Group- Setting nach gemachten Fehlern, deren Zahl geringer war, zu einem Auftreten einer ERN. Für den dargestellten Amplitudenverlauf in Abbildung 11 sind im In- Group- Setting 1737 Fehlertrials eingegangen, wohingegen im Out- Group- Setting nur 483 Fehlertrials in die graphische Darstellung eingegangen sind. Dieses Ergebnis lässt darauf hindeuten, dass im In- Group- Setting zu viele Fehler gemacht wurden und die Salienz der Fehler aufgrund dessen nicht mehr vorhanden war. Es könnte also sein, dass den Versuchspersonen aufgrund der vielen Fehler diese nicht mehr wichtig waren. Studien von Falkenstein et al. (1991) sowie Gehring et al. (1993) legen nämlich nahe, dass es sich in der ERN unter anderem die Salienz oder das Bewusstsein eines Fehlers widerspiegelt. Im Out- Group- Setting wurden hingegen nur wenige Fehler gemacht und diese daher als salienter wahrgenommen. Weiters sollte die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass den Versuchspersonen ihre

gewerteten Fehler nicht als Fehler bewusst waren, da sie der Meinung waren eine richtige Antwort abgegeben zu haben. Schon Vidal et al. (2000) konnte nach korrekten Antworten eine negative Amplitude im Zeitbereich der ERN feststellen. Es könnte daher auch sein, dass es sich hier um eine „correct-related negativity“ (CRN) handelte. Dafür sprechen würde auch, dass im In-Group-Setting die negativen Amplitudenmaxima nach Fehlern nicht denen einer ERN im Out-Group-Setting entsprechen. In Verbindung mit den vielen Fehlern, die dadurch nicht mehr salient waren, könnte es daher sein, dass es anstatt zu einer ERN zu einer CRN kam.

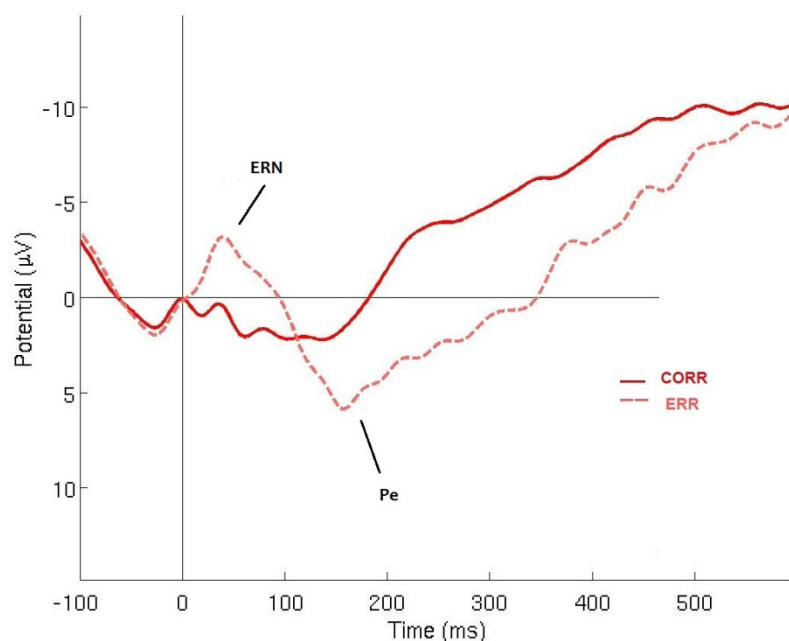


Abbildung 11: Zu sehen sind die Amplitudenverläufe der ERN sowie Pe für die Bedingungen richtige Antwort vs. falsche Antwort im Out-Group- Setting an der Elektrode Cz. Tastendruck erfolgte bei oms.

Die Hypothese einer Pe nach gemachten Fehlern konnte hingegen bestätigt werden. Die Amplituden der Pe waren nach Fehlern größer als nach korrekten Antworten. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Annahmen von Falkenstein et al. (1991, 2000), die eine Pe nach Fehlern postulieren. So kann die Pe laut Autoren als eine bewusste Fehlererkennung und subjektive Einschätzung

eines Fehlers angesehen werden. Endrass et al. (2005), Nieuwenhuis et al. (2001) und O'Connell et al. (2007) konnten mit ihren Studien zeigen, dass die Pe nach bemerkten Fehlern deutlicher ausgeprägt ist als nach unbemerkten Fehlern. Wie man in Abbildung 7 sieht war die Pe in dieser Studie nicht sehr ausgeprägt. Da aber auch zu langsame Reaktionen als Fehler gewertet wurden, kann es sein, dass den Versuchspersonen einige dieser Fehler nicht bewusst waren, da sie eigentlich richtig geantwortet haben. Diese Pe-Amplituden entsprechen also den Ergebnissen von Endrass et al. (2005), Nieuwenhuis et al. (2001) sowie O'Connell et al. (2007), die geringer ausgeprägte Amplituden nach unbewussten Fehlern postulieren.

5.3. Feedbackverarbeitung

In Bezug auf die externe Fehlerverarbeitung wurde postuliert, dass es nach negativem Feedback zu einer größeren FRN kommt als nach positivem Feedback (Miltner et al., 1997). Außerdem wurde in Anlehnung an die Ergebnisse von Holroyd & Coles (2002) und Nieuwenhuis und Kollegen (2004) postuliert, dass inkongruentes Feedback zu einer größeren FRN-Amplitude führt als kongruentes Feedback. Es gab einen signifikanten Wechselwirkungseffekt zwischen den beiden Faktoren Emotion und Valenz. Bei negativem Feedback kommt es zu einer größeren FRN wenn es sich um ein freundliches Gesicht, also inkongruentes Feedback handelt. Die Ergebnisse der Wechselwirkungen sprechen für die Annahme, dass die Kongruenz des Feedbacks bei falschen Antworten einen Einfluss hat. Die Reinforcement Learning Theorie (RL-Theorie) von Holroyd & Coles (2002) sowie die Ergebnisse vieler Studien (Hajcak et al., 2006; Oliveira, McDonald & Goodman, 2007; Wu & Zhou, 2009) mit deren Annahme, dass es nach unerwartetem negativem Feedback zu einer größeren FRN kommt, würden diese Ergebnisse erklären. So postulieren Holroyd & Coles (2002), dass es zu einem Vergleich zwischen dem erwarteten und dem tatsächlichen Ergebnis kommt. Die FRN

kann dabei als Korrelat für eine nicht vorhandene Übereinstimmung zwischen Erwartung und Ergebnis angesehen werden. Auch bei den aktuellen Ergebnissen kam es nach negativem Feedback zu einer größeren FRN-Amplitude wenn es sich um inkongruentes, also unerwartetes Feedback im Gegensatz zu kongruentem Feedback handelte. Versuchspersonen könnten erwarten, dass ein negatives Feedback auch mit einem negativen Gesichtsausdruck einhergeht. Bei inkongruentem Feedback bekamen sie jedoch trotz des negativen Feedbacks ein freundliches Gesicht präsentiert, was somit nicht ihren Erwartungen entsprochen haben könnte. Nach positivem Feedback konnte dies nicht gefunden werden, was für die Annahme spricht, dass diese Ambivalenz nach gemachten Fehlern eine größere Rolle spielt als nach richtigen Antworten.

Um den Einfluss der Kongruenz bzw. Inkongruenz des Feedbacks auf die FRN noch genauer zu untersuchen, wurden zusätzlich Differenzwellen für Emotion (Ärger und Freude) sowie Valenz (positiv und negativ) des Feedbacks extrahiert. Dabei wurden die Werte der Differenzwellen für Emotion als auch Valenz miteinander verglichen, um zu ermitteln, ob die Inkongruenz des Feedbacks auf beiden Dimensionen einen Unterschied hervorruft. Es ergaben sich sowohl für die Emotion als auch für die Valenz signifikante Ergebnisse. So wurden nach freundlichen Gesichtern größere FRN-Amplituden gefunden als nach verärgerten Gesichtern. Eine größere FRN zeigte sich außerdem nach positivem Feedback. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass der Kongruenzeffekt sowohl bei Variation der dargestellten Emotion als auch bei Variation der Valenz zu finden ist und bei positiv konnotierten Bedingungen eine größere FRN erzeugt. Holroyd & Coles (2002) sowie Nieuwenhuis et al. (2004) gehen davon aus, dass es nach unerwartetem negativen Feedback zur größten FRN kommt, es wurden jedoch auch nach unerwartetem positiven Feedback FRN-Amplituden gefunden (Hajcak et al., 2006; Vidal et al., 2000). Bei visueller Kontrolle der Amplituden der FRN im Zeitbereich 270ms-310ms (Abbildung 8) lässt sich feststellen, dass es in der Bedingung *verärgertes Gesicht – positives Feedback* zur größten FRN kommt, was der Annahme von

Hajcak et al. (2006) und Oliveira et al. (2007) entspricht. Es handelt sich in dieser Bedingung um positives inkongruentes, also unerwartetes Feedback. Gehring & Willoughby (2002) sowie Luu et al. (2003) postulieren, dass auch die motivationale Bedeutung eines Reizes einen Einfluss auf die FRN hat. Aufgrund der Tatsache, dass im In- Group- Setting viele Fehler gemacht wurden, könnte das positive Feedback mehr Motivation für die Versuchspersonen darstellen als negatives Feedback. Versuchspersonen tendieren dazu, ihre Handlungen zu optimistisch zu beurteilen und erwarten daher eher ein gutes als ein schlechtes Ergebnis (Miller & Ross, 1975; Oliveira et al, 2007). Nachdem aber viele Fehler gemacht wurden, könnte daher das positive Feedback nicht den Erwartungen der Versuchspersonen entsprechen und daher eine größere FRN erzeugen. Ebenfalls relevant für die FRN ist laut Nieuwenhuis et al. (2004) die Salienz eines Reizes. So könnte positives Feedback für die Versuchspersonen als auffälliger angesehen werden als negatives Feedback und daher zu einer größeren FRN geführt haben.

Die Ergebnisse der Wechselwirkungen der FRN zeigten eine größere Amplitude nach negativem, inkongruentem Feedback. Da es sich um inkongruentes Feedback handelte, wurde dabei ein freundliches Gesicht präsentiert. Die Differenzwellen zeigten einen Einfluss der Kongruenz bezüglich der Emotion als auch der Valenz, wobei es nach positiv konnotierten Bedingungen, also nach positivem Feedback und freundlichen Gesichtern, zu einem stärkeren Einfluss kam. Es konnten also sowohl bei der Analyse der FRN als auch der Differenzwellen einen Effekt der Kongruenz des Feedbacks bei freundlichen Gesichtern gefunden werden, wobei dies bei der FRN nur nach negativem, inkongruentem Feedback, also einer falschen Antwort der Fall ist. In der Studie von Yamada, Lamm & Decety (2011), in der die Autoren Gesichter (lächelnd vs. verärgert) als Feedbackstimuli verwendeten und somit gleichzeitig die Kongruenz des Feedbacks manipulierten, zeigten sich in inkongruenten Bedingungen nach verärgerten Gesichtern, jedoch nicht nach lächelnden Gesichtern größere MNF-Amplituden als nach kongruenten Bedingungen. In der inkongruenten Bedingung bedeutet ein verärgertes

Gesicht, dass die Versuchsperson gewonnen hat. Es handelt sich dabei also um positives Feedback und entspricht daher den Ergebnissen der Differenzwelle, die nach positivem Feedback eine größere FRN zeigten. Warum vor allem positive Gesichter für den Einfluss der Inkongruenz von Bedeutung waren, könnte damit zusammenhängen, dass die vielen gemachten Fehler zu einer Präferenz der positiven Gesichter geführt hat, da eher kongruentes Feedback erwartet wurde. Dabei würden positive Gesichter für eine richtige Antwort und eine stärkere subjektive Bedeutung sprechen.

Bezüglich der P300 wurde die Hypothese aufgestellt, dass es nach negativem Feedback zu einer größeren P300 kommt als nach positivem Feedback (Frank et al., 2005; Ito et al., 1998; Cohen et al., 2007; Mathewson et al., 2008). Außerdem wurde angenommen, dass es nach unerwartetem inkongruenten Feedback zu einer größeren P300 kommt, als nach kongruentem Feedback (Bellebaum & Daum, 2008; Hajcak et al., 2005, 2007). Es zeigten sich signifikante Wechselwirkungen zwischen den beiden Faktoren Emotion und Valenz, wobei bei verärgerten Gesichtern eine größere P300 nach negativem, also kongruentem Feedback gefunden werden konnte. Gerade was die Einflüsse auf die Amplitude der P300 betrifft, gibt es viele kontroverse Theorien und Erklärungsversuche. Die Ergebnisse, dass es nach negativem Feedback zu einer größeren P300 kommt, würden der aufgestellten Hypothese sowie den Annahmen von Frank et al. (2005), Ito et al. (1998), Cohen et al. (2007) und Mathewson et al. (2008) entsprechen. Es handelt sich dabei jeweils um kongruentes Feedback, was wiederum den Annahmen von Bellebaum & Daum (2008) sowie Hajcak et al. (2005, 2007) widerspricht, die postulieren, dass die P300 nach unerwartetem Feedback größer ist als nach erwartetem. Auch die visuelle Betrachtung der Amplitudenverläufe der P300 (Abbildung 10) zeigt die größte P300 bei verärgertem Gesicht und negativem Feedback, also kongruentem Feedback. Auch bei der zweitgrößten P300 handelt es sich um kongruentes Feedback, nur positiv konnotiert. Warum es in dieser Arbeit nach kongruentem Feedback zu einer höheren P300 kommt,

lässt sich nicht so einfach erklären. Die folgenden Überlegungen zum Versuchsdesign könnten für die unerwarteten Ergebnisse verantwortlich sein. Eine Möglichkeit wäre, dass in dieser Studie die Valenz des Feedbacks keinen Einfluss auf die Amplitudenmodulation der P300 hat, so wie etwa Sato et al. (2005) postulieren. Hingegen könnte die Kongruenz des Feedbacks ausschlaggebend für die Entstehung einer P300-Amplitude sein. Yeung & Sanfey (2004) postulieren, dass die P300 die motivationale Signifikanz eines Reizes anzeigt. Da nach kongruentem Feedback die größten P300-Amplituden auftraten, kann es sein, dass in diesen Bedingungen die Reize die meiste Signifikanz hatten und die höchste Stimulussalienz aufwiesen. Anscheinend wurde vor allem kongruentes Feedback als auffällig wahrgenommen, wobei eigentlich davon ausgegangen wurde, dass inkongruentes Feedback als unerwartet angesehen wurde und daher eine größere P300 erzeugt. Die Ergebnisse sprechen jedoch dafür, dass kongruentes Feedback eine höhere motivationale Bedeutung für die Versuchspersonen zu haben schien, eventuell hervorgerufen durch eine Verunsicherung aufgrund der vielen Fehler und des unerwarteten, inkongruenten Feedbacks.

5.4. Versuchsdesign

In dieser Studie sollte der Einfluss der Kongruenz beziehungsweise Inkongruenz sowie der Gruppenzugehörigkeit auf die Fehler- und Feedbackverarbeitung untersucht werden. Gleich zu Beginn lässt sich sagen, dass die Untersuchung dieser beiden Verarbeitungsprozesse auf zwei unterschiedliche Studien aufgeteilt und dadurch die beiden Prozesse genauer untersucht werden könnten. Da sich die Fehler- und Feedbackverarbeitung durch unterschiedliche Komponenten erfassen lassen, könnte so das Versuchsdesign an die jeweiligen Komponenten genau angepasst werden, wodurch eine genauere Untersuchung der Fragestellung ermöglicht würde. Um genügend Fehlerdurchgänge zur Analyse zur Verfügung zu haben, wurde

in der vorliegenden Arbeit ein adaptiver Algorithmus in die Aufgabe programmiert, der dafür sorgen sollte, dass ungefähr die Hälfte der Antworten falsch ist. Nicht nur, dass der Algorithmus aufgrund technischer Probleme nur im In- Group- Setting funktioniert hat und dadurch die Frage des Einfluss der Gruppenzugehörigkeit nicht geklärt werden konnte, zeigte sich auch, dass der Algorithmus für die Fragestellung eventuell zu viele Fehler hervorgerufen hat. So hatte die hohe Fehlerrate möglicherweise sowohl auf die Verhaltensdaten als auch auf die EKP-Daten einen zu großen Einfluss, durch den manche aufgestellten Hypothesen nicht bestätigt werden konnte. Bei der Analyse der ERN-Daten musste festgestellt werden, dass im In- Group- Setting die Grundhypothese, das Auftreten einer ERN nach Fehlern, nicht bestätigt werden kann. Im Out- Group- Setting hingegen konnten die Ergebnisse für diese Hypothese gefunden werden, was darauf schließen lässt, dass durch den Algorithmus zu viele Fehler erzeugt wurden und dadurch die Salienz und Wichtigkeit der Fehler verloren ging. Auch bei der Auswertung der Fehlerraten selbst musste der Algorithmus in der Beurteilung der Daten mit einbezogen werden.

Es wäre also zu überlegen bei weiteren Arbeiten zur Fehler-Feedbackverarbeitung anstelle eines Algorithmus die Flanker-Aufgabe an sich schwieriger zu gestalten, zum Beispiel durch Verwendung mehrerer Buchstabenkombinationen (siehe Eriksen & Eriksen, 1974).

Aufgrund der nicht signifikanten Ergebnisse der Gruppenmanipulation sollte eventuell auch die Durchführung der Gruppenzuweisung überprüft werden. Die Zuweisung zu einer Gruppe mittels Schätzaufgabe schien nicht das gewünschte Zugehörigkeitsgefühl erzeugt zu haben, um einen Einfluss auf die Bearbeitung der Aufgaben zu haben. Den Versuchspersonen wurde erklärt, dass sie die Aufgaben für ihre Gruppe bearbeiten, der sie aufgrund der guten Bearbeitung der Schätzaufgabe zugeteilt wurden, was jedoch für das Entstehen eines Zugehörigkeitsgefühls nicht ausreichend war. Um das Phänomen der Gruppenzugehörigkeit genauer zu untersuchen, wäre es

wahrscheinlich notwendig den Versuchspersonen glaubhaft zu machen, dass sich andere Versuchspersonen in dieser Gruppe befinden und es sollte eine Möglichkeit gefunden werden eine Zugehörigkeit zu vermitteln. Man könnte möglicherweise ein stärkeres Gruppenzugehörigkeitsgefühl erzeugen, wenn nur zwei Personen, also die Versuchsperson selbst und eine weitere Person, eine Gruppe bilden, so wie de Bruijn, Mars, Bekkering & Coles (2009) dies in ihrer Studie gemacht haben. Dabei würde die Gruppe eventuell eine größere Rolle spielen, als wenn mehrere Personen eine Gruppe bilden. Die Zuteilung zu einer Gruppe könnte schon vorab mittels einer Aufgabe, die von zu Hause auf dem Computer erledigt werden kann, ermittelt werden. Zum Zeitpunkt der Testung könnte eine Person anwesend sein, die sich als zweites Gruppenmitglied ausgibt, welches aufgrund der Ergebnisse aus der schon bearbeiteten Aufgabe ausgewählt wurde und in weiterer Folge auch an der Testung teilnimmt. Für die Bearbeitung im Out-Group- Setting wird den Versuchsteilnehmern mitgeteilt, dass sie zufällig einer anderen Gruppe zugeteilt werden. Durch die Bearbeitung einer Aufgabe zu Hause und den zeitlichen Abstand sowie einer weiteren anwesenden Person könnte sich ein stärkeres Gruppenzugehörigkeitsgefühl erzeugen lassen als es in dieser Studie der Fall war, da Umstände realistischer erscheinen.

Außerdem waren der statistischen Analyse aufgrund der Stichprobengröße Grenzen gesetzt. Es wurden mittels Mediansplit zwei Gruppen gebildet, mit denen die Gruppenmanipulation überprüft wurde. Eine bessere Möglichkeit wäre die Einteilung in Randgruppen, wofür die Stichprobe aber nicht ausreichend groß war.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit sollte dazu beitragen den Einfluss der Kongruenz auf die Verarbeitung von Fehlern und Feedback zu untersuchen. Es konnte gezeigt werden, dass die Kongruenz der bearbeiteten Aufgaben einen Einfluss auf die Verhaltensdaten hat. So konnten nach inkongruenten Buchstabenreihen höhere Fehlerraten sowie PES gefunden werden. In Bezug auf die Fehlerverarbeitung konnte kein signifikanter Effekt für das Auftreten einer ERN nach Fehler gezeigt werden, was sich aber auch durch das Design erklären lässt. Weiters konnte nach gemachten Fehlern eine Pe gefunden werden, wobei die eher niedrigen Amplituden aufgrund der unbewussten Fehler erklärbar ist (Endrass et al., 2005; Nieuwenhuis et al., 2001; O'Connell et al., 2007). Die Feedbackverarbeitung betreffend lassen die Wechselwirkungen darauf schließen, dass es einen Zusammenhang zwischen verärgerten Gesichtern und negativem Feedback gibt und es lediglich bei negativem Feedback zu einem Einfluss der Inkongruenz auf die FRN-Amplitude kommt. Die zusätzlich extrahierten Differenzwellen zeigen hingegen einen Kongruenzeinfluss betreffend positiv konnotierter Stimuli. Bei der P300 lassen die Wechselwirkungen der Faktoren Emotion und Valenz auf eine größere P300 nach kongruentem Feedback schließen, was eventuell auf die motivationale Signifikanz der Feedbackreize zurückzuführen ist.

Für zukünftige Studien wäre es sinnvoll, die interne und externe Fehlerverarbeitung unabhängig voneinander zu betrachten um eine genauere Untersuchung der einzelnen Komponenten zu ermöglichen. Außerdem spricht diese Studie dafür von einem Algorithmus zur Fehlererzeugung abzusehen, da dieser einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse der Daten haben kann. Des Weiteren wäre es interessant den Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Komponenten der Fehlerverarbeitung zu untersuchen und herauszufinden, ob bei gelungener Gruppenidentifizierung, Unterschiede in der Bearbeitung der Aufgaben zu finden sind.

7. Anhang

INSTRUKTION SCHÄTZAUFGABE

Herzlich willkommen zu dieser Untersuchung!

Hierbei handelt es sich um Schätzaufgaben, die dazu dienen soll, Sie aufgrund ihrer Ergebnisse in die Gruppe GELB oder BLAU einzuteilen. Die Mitglieder der Gruppe, der sie im Anschluss zugeteilt werden, haben die folgenden Aufgaben ähnlich bearbeitet wie Sie. Sie werden die weiteren Aufgaben dieser Untersuchung als ein Teil ihrer Gruppe bearbeiten.

Weiter mit Taste 1.

Sie werden nun jeweils kurz ein Bild mit Symbolen sehen. Im Anschluss daran sollen sie schätzen, ob es sich um mehr oder weniger als eine vorgegebene Anzahl von Symbolen handelt.

Wenn Sie denken, dass weniger Symbole als vorgegeben zu sehen waren, dann drücken Sie bitte Taste 1. Wenn Sie meinen, dass mehr Symbole gezeigt wurden drücken sie bitte Taste 3.

Um mit dem Experiment zu beginnen drücken Sie bitte Taste 1.

Wurden ihrer Meinung nach mehr oder weniger als [Anzahl] Symbole gezeigt?

Für weniger drücken Sie bitte Taste 1, für mehr Taste 3.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Sie werden nun aufgrund ihrer Ergebnisse einer Gruppe zugeordnet.

Die Versuchsleiterin wird sich gleich um Sie kümmern!

INSTRUKTION FLANKERAUFGABE TRAINING INGROUP – GRUPPE BLAU

Bei der folgenden Aufgabe handelt es sich um eine Reaktionszeitaufgabe. Bitte antworten Sie anschließend so schnell wie möglich!

Sie werden in der Mitte des Bildschirms fünf Buchstaben sehen. Bitte konzentrieren Sie sich lediglich auf den mittleren Buchstaben. Wenn es sich dabei um S handelt antworten Sie bitte mit Tastendruck des linken Zeigefingers auf der Taste 1 der Tastatur, wenn der mittlere Buchstabe ein H ist, antworten Sie bitte mit dem rechten Zeigefinger auf Taste 3 der Tastatur.

Bevor der mittlere Buchstabe eingeblendet wird, sehen Sie jeweils zwei Buchstaben, die den mittleren Buchstaben rechts und links flankieren. Diese Buchstaben sind nicht relevant, bitte konzentrieren Sie sich lediglich auf den mittleren Buchstaben und geben Sie so schnell wie möglich mit einem Tastendruck an, um welchen Buchstaben es sich handelt!

Weiter mit Taste 1

Zusätzlich erhalten sie nach jeder Bearbeitung ein Feedback darüber, ob sie richtig oder falsch geantwortet haben. Das Feedback besteht aus einem eingefärbten freudigen oder verärgerten Gesicht. Aufgrund ihres Ergebnisses der vorangegangenen Schätzaufgabe wurden sie zur Gruppe BLAU eingeteilt. Ist das Gesicht daher BLAU eingefärbt, haben sie richtig geantwortet. Ist das Gesicht GELB eingefärbt, dann haben sie eine falsche Antwort gegeben. Der Gesichtsausdruck sagt nichts über die Richtigkeit der Antwort aus, lediglich die Farbe ist für sie von Bedeutung. Bitte achten sie daher auf die Farbe des Gesichtes und nicht auf die dargestellte Emotion.

Es folgen nun einige Übungsbeispiele. Bitte beachten Sie, die einzelnen Durchgänge werden in einem hohen Tempo vorgegeben.

Starten Sie die Übungsdurchgänge mit Taste 1.

INSTRUKTION FLANKERAUFGABE INGROUP

Das waren die Übungsdurchgänge. Haben Sie noch weitere Fragen?

Zur Erinnerung: Bitte konzentrieren Sie sich lediglich auf den mittleren Buchstaben. Handelt es sich um S, antworten Sie bitte mit Tastendruck des linken Zeigefingers auf der Taste 1 der Tastatur, wenn der mittlere Buchstabe ein H, antworten Sie bitte mit dem rechten Zeigefinger auf Taste 3 der Tastatur.

Im nachfolgenden Experiment wird das Feedback lediglich das eingefärbte emotionale Gesicht enthalten. Ist das Gesicht BLAU eingefärbt, haben Sie richtig geantwortet. Ist das Gesicht GELB eingefärbt, dann haben Sie eine falsche Antwort gegeben. Der Gesichtsausdruck sagt nichts über die Richtigkeit der Antwort aus, lediglich die Farbe ist für Sie von Bedeutung. Bitte achten Sie daher auf die Farbe des Gesichtes und nicht auf die dargestellte Emotion.

Weiter mit Taste 1.

Es werden automatisch Pausen vorgegeben. Sie können die Dauer der Pausen selbst bestimmen. Mit Taste 1 können Sie das Experiment fortsetzen.

Bitte versuchen Sie möglichst schnell und richtig zu antworten!

BLAU: Richtig

GELB: Falsch

Starten Sie mit Taste 1.

INSTRUKTION FLANKERAUFGABE TRAINING OUTGROUP

Die erste Hälfte des Experiments haben sie geschafft.

Obwohl Sie Aufgrund der Schätzaufgabe der Gruppe BLAU zugeteilt wurden, werden Sie die zweite Hälfte des Experiments für die Gruppe GELB bearbeiten. Da Sie die Aufgaben jetzt für die gegnerische Gruppe bearbeiten ändert sich die Bedeutung der Farbe des emotionalen Gesichts. Haben Sie die Aufgabe richtig beantwortet, dann erscheint ein GELB eingefärbtes emotionales Gesicht. Haben Sie eine falsche Antwort gegeben, dann erhalten Sie ein BLAU eingefärbtes emotionales Gesicht.

Versuchen Sie bitte auch jetzt möglichst richtig und schnell zu antworten. Auch wenn Sie die Aufgaben für die gegnerische Gruppe bearbeiten, ersuchen wir Sie, so viele korrekte Antworten wie möglich zu geben.

Weiter mit Taste 1.

Es folgen nun wieder einige Übungsbeispiele. Bitte beachten Sie, die einzelnen Durchgänge werden in einem hohen Tempo vorgegeben.

GELB: Richtig

BLAU: Falsch

Starten Sie die Übungsdurchgänge mit Taste 1.

INSTRUKTION FLANKERAUFGABE OUTGROUP

Das waren die Übungsdurchgänge. Haben Sie noch weitere Fragen?

Zur Erinnerung: Bitte konzentrieren Sie sich lediglich auf den mittleren Buchstaben. Handelt es sich um S, antworten Sie bitte mit Tastendruck des linken Zeigefingers auf der Taste 1 der Tastatur, wenn der mittlere Buchstabe

ein H, antworten Sie bitte mit dem rechten Zeigefinger auf Taste 1 der Tastatur.

Im nachfolgenden Experiment wird das Feedback lediglich das eingefärbte emotionale Gesicht enthalten. Ist das Gesicht GELB eingefärbt, haben Sie richtig geantwortet. Ist das Gesicht BLAU eingefärbt, dann haben Sie eine falsche Antwort gegeben. Der Gesichtsausdruck sagt nichts über die Richtigkeit der Antwort aus, lediglich die Farbe ist für Sie von Bedeutung. Bitte achten Sie daher auf die Farbe des Gesichtes und nicht auf die dargestellte Emotion.

Starten Sie mit Taste 1.

Sie sind nun auch mit dem zweiten Teil des Experiments fertig.

Vielen Dank für ihre Teilnahme!

8. Literaturverzeichnis

- Alpers, G. W., & Eisenbarth, H. (2008). *PPI-R. Psychopathic Personality Inventory-Revised* (German Version). Goettingen: Hogrefe.
- Azarin, J.M., Benhaim, P., Hasbroucq, T., & Possamai, C.A. (1995). Stimulus preprocessing and response selection in depression: A reaction time study. *Acta Psychol*, 89, 95–100.
- Bauer, H., & Lauber, W. (1979). Operant conditioning of brain steady potential shifts in man. *Biofeedback Self Regulation*, 4, 145-154.
- Beauregard, M., Leroux, J. M., Bergman, S., Arzoumanian, Y., Beaudoin, G., Bourgouin, P., & Stip, E. (1998). The functional neuroanatomy of major depression: an fMRI study using an emotional activation paradigm. *Neuroreport* 9, 3253-8.
- Baker, T.E., & Holroyd, C.B. (2011). Dissociated roles of the anterior cingulate cortex in reward and conflict processing as revealed by the feedback error-related negativity and N200. *Biol. Psychol.* 87, 25–34.
- Bell, A., & Sejnowski, T. (1995). An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution. *Neural Computation*, 7, 1129–1159.
- Bellebaum, C., & Daum, I. (2008). Learning-related changes in reward expectancy are reflected in the feedback-related negativity. *European Journal of Neuroscience*, 27, 1823-1835.
- Bench, C., Friston, K., Brown, R., Scott, L., Frackowiak, R., & Dolan, R. (1992). The anatomy of melancholia-focal abnormalities of cerebral blood flow in major depression. *Psychol Med*, 22, 607-615.
- Boksem, M.A.S., Kostermans, E., & De Cremer, D. (2011). Failing where others have succeeded: medial frontal negativity tracks failure in a social context. *Psychophysiology*, 48, 973–979.

- Borkenau, P., & Ostendorf, F. (1993). *NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrae. Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe.
- Botvinick, M. M. (2007). Conflict monitoring and decision making: Reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7, 356-366.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 624-652.
- Botvinick, M.M, Cohen, J.D., & Carter, C.S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulated cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences* 8(12), 539-546.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Science*, 4, 215-222.
- 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, 747-749.
- Charness, G., Rigotti, L., & Rustichini, A. (2007). Individual Behavior and Group Membership. *American Economic Review*, 97(4), 1340–1352.
- Cleckley, H. (1964). *The mask of sanity*. Saint Louis, MO: The Mosby Company.
- Cohen, J. (1973). Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor anova designs. *Educational and Psychological Measurements*, 33, 107–111.
- Cohen, M. X., Elger, C. E., & Ranganath, C. (2007). Reward expectation modulates feedback-related negativity and EEG spectra. *NeuroImage*, 35, 968-978.
- Cole M.W., Yeung N., Freiwald W.A., & Botvinick M. (2009). Cingulate cortex: diverging data from humans and monkeys. *Trends Neurosci* 32, 566–574.

- Coles, M., Smid, H., Scheffers, M., & Otten, L. (1995). Mental chronometry and the study of human information processing. In M. Rugg & M. Coles (Eds.), *Electrophysiology of the Mind* (pp. 94-95). New York: Oxford University Press.
- Courchesne, E., Hillyard, S. A., & Corbetta, R. Y. (1977). P3 waves to the discrimination of targets in homogeneous and heterogeneous stimulus sequences. *Psychophysiology*, 14, 590-597.
- De Bruijn, E. R. A., Mars, R. B., Bekkering, H., & Coles, M. G.H. (2009). Your mistake is my mistake. . . or is it? Behavioral adjustments following own and observed actions in cooperative and competitive contexts. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- De Bruijn, E.R.A., & Miedl, S.F. (2011). How a co-actor's task affects monitoring of own errors: evidence from a social event-related potential study. *Springer, Advance online publication*. DOI 10.1007/s00221-011-2615-1.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134, 9-21.
- Delorme, A., Sejnowski, T., & Makeig, S. (2007). Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis. *NeuroImage*, 34, 1443-1449.
- Devinsky, O., Morrell, M. J., & Vogt, B. A. (1995). Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. *Brain*, 118, 279-306.
- Dikman, Z. V., & Allen, J. J. (2000). Error monitoring during reward and avoidance learning in high- and low-socialized individuals. *Psychophysiology*, 37, 43-54.
- Donchin, E. (1981). Surprise!....surprise? *Psychophysiology*, 18, 493-513.
- Donkers, F. C. L., Nieuwenhuis, S., & van Boxtel, G. J. M. (2005). Mediofrontal negativities in the absence of responding. *Cognitive Brain Research*, 25, 777-787.

- Drevets, W. C., Price, J. L., Simpson, J. R., Todd, R. D., Reich, T., Vannier, M., & Raichle, M. E. (1997) Subgenual prefrontal cortex abnormalities in mood disorders. *Nature*, 386, 824-827.
- Duncan-Johnson, C.C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: The variation of event related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, 14, 456-467.
- Endrass, T., Franke, C., & Kathmann, N. (2005) Error awareness in a saccade countermanding task. *J. Psychophysiol.*, 19, 275–280.
- Endrass, T., Reuter, B., & Kathmann, N. (2007). ERP correlates of conscious error recognition: Aware and unaware errors in an antisaccade task. *European Journal of Neuroscience*, 26, 1714–1720.
- Eriksen, B., Eriksen, C. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Percept Psychophys*, 16, 143-149.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., & Blanke, L. (1991). Effects of crossmodal divided attention on late ERP components. II: Error processing in choice reaction tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78, 447-455.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoorman, J., & Blanke, L. (1990). Effects of errors in choice reaction tasks on the ERP under focused and divided attention. In C. H. M. Brunia, A. W. K. Gaillard, & A. Kok (Eds.), *Psychophysiological brain research* (Vol. 1, pp. 192–195). Tilburg, the Netherlands: Tilburg University Press.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, J., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: A tutorial. *Biological Psychology*, 51, 87-107.
- Frank, M.J., Woroch, B.S., & Curran, T. (2005) Error-related negativity predicts reinforcement learning and conflict biases. *Neuron*, 47, 495–501.

- Fukushima, H., & Hiraki, K. (2006). Perceiving an opponent's loss: Gender-related differences in the medial-frontal negativity. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 1, 149-157.
- Gehring, W. J., & Fencsik, D. E. (2001). Functions of the medial frontal cortex in the processing of conflict and errors. *Journal of Neuroscience*, 21, 9430-9437.
- Gehring, W. J., Gross, B., Coles, M. G. H., Meyer, D. E., & Donchin, E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 4, 385-390.
- Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295, 2279-2282.
- Hajcak, G., Holroyd, C. B., Moser, J. S., & Simons, R. F. (2005). Brain potentials associated with expected and unexpected good and bad outcomes. *Psychophysiology*, 42, 161-170.
- Hajcak, G., McDonald, N., & Simons, R. F. (2003). To err is autonomic: Error related brain potentials, ANS activity, and post-error compensatory behavior. *Psychophysiology*, 40, 895-903.
- Hajcak, G., Moser, J. S., Holroyd, C. B., & Simons, R. F. (2006). The feedback-related negativity reflects the binary evaluation of good versus bad outcomes. *Biological Psychology*, 71, 148-154.
- Hajcak, G., Moser, J. S., Holroyd, C. B., & Simons, R. F. (2007). It's worse than you thought: The feedback negativity and violations of reward prediction in gambling tasks. *Psychophysiology*, 44, 905-912.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, 109, 679-709.
- Holroyd, C. B., Hajcak, G., & Larsen, J. T. (2006). The good, the bad and the neutral: electrophysiological responses to feedback stimuli. *Brain Res.* 1105, 93-101.

- Holroyd, C.B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., & Cohen, J. D. (2003). Errors in reward prediction are reflected in the event-related brain potential. *Neuroreport*, 14, 2481-2484.
- Holroyd, C.B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Nystrom, L. E., 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, 497-498.
- Holroyd, C. B., Pakzad-Vaezi, K. L., & Krigolson, O. E. (2008). The feedback correct-related positivity: Sensitivity of the event-related brain potential to unexpected positive feedback. *Psychophysiology*, 45, 688–697.
- Hohnsbein, J., Falkenstein, M., & Hoormann, J. (1989). Error processing in visual and auditory choice reaction tasks. *J. Psychophysiol.*, 3, 320.
- Israel, J.B., Chesney, G.L., Wickens, C.D., & Donchin, E. (1980). P300 and tracking difficulty: evidence for multiple resources in dual-task performance. *Psychophysiology*, 27, 259–273.
- Ito, T. A., Larsen, J. T., Smith, K. N., & Cacioppo, J. T. (1998). Negative information weights more heavily on the brain: The negativity bias in evaluative categorizations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(4), 887–900.
- Johnson, R., & Donchin, E. (1980). P300 and stimulus categorization: Two plus one is not so different from one plus one. *Psychophysiology*, 17, 167-178.
- Kang, S. K., Hirsh, J. B., & Chasteen, A. L. (2010). Your mistakes are mine: Self-other overlap predicts neural response to observed errors. *Journal of Experimental Social Psychology*, 46, 229–232.
- Kober, H., Barrett, L.F., Joseph, J., Bliss-Moreau, E., Lindquist, K., & Wager, T.D., (2008). Functional grouping and cortical-subcortical interactions in emotion: a metaanalysis of neuroimaging studies. *NeuroImage*, 42, 998–1031.

- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: The P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, 197, 792-795.
- Lee, T., Girolami, M., & Sejnowski, T. (1999). Independent component analysis using an extended infomax algorithm for mixed subgaussian and supergaussian sources. *Neural Computatio*, 11, 417-41.
- Leuthold, H. & Sommer, W. (1999). ERP correlates of error processing in spatial S-R compatibility tasks. *Clin. Neurophysiol.*, 110, 342-357.
- Lilienfeld, S. O., & Widows, M. R. (2005). *Psychopathic Personality Inventory Revised (PPIR)*. Professional Manual. Lutz, Florida: Psychological Assessment Resources.
- Luce, R. D. (1986). *Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization*. New York: Oxford University Press.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event related potential technique*. Cambridge: The MIT Press.
- Luu, P., Tucker, D. M., Derryberry, D., Reed, M., & Poulsen, C. (2003). Electrophysiological responses to errors and feedback in the process of action regulation. *Psychological Science*, 14,47-53.
- Mathewson, K., Dywan, J., Snyder, P., Tays, W., & Segalowitz, S. (2008). Aging and electrocortical response to error feedback during a spatial learning task. *Psychophysiology*, 45, 936-948.
- Miller, D. T., & Ross, M. (1975). Self-serving biases in the attribution of causality: Fact or fiction. *Psychological Bulletin*, 82, 213-225.
- Miltner, W. H. R., Brauer, J., Hecht, H., Trippe, R., & Coles, M. G. H. (2004). Parallel brain activity for self-generated and observed errors. In M. Falkenstein (Ed.), *Error, conflict and the brain* (pp. 124-128). Leipzig: MPI of Cognitive Neuroscience.

- Miltner, W. R., Braun, C. H., & Coles, M. G. (1997). Event-related brain potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: Evidence for a “generic” neural system for error detection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 788-798.
- Newman-Norlund, R. D., Ganesh, S., Van Schie, H. T., De Bruijn, E. R. A., Bekkering, H. (2009). Self-identification and empathy modulate error-related brain Activity during the observation of penalty shots between friend and foe. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4, 10–22.
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. (2005a). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychological Bulletin*, 131(4), 510–532.
- Nieuwenhuis, S., Holroyd C. B., Mol, N., & Coles, M. G. H. (2004). Reinforcement-related brain potentials from medial frontal cortex: Origins and functional significance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 28, 441-448.
- Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K. R., Blom, J., Band, G. P., & Kok, A. (2001). Error-related brain potentials are differentially related to awareness of errors: Evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*, 38, 752-760.
- Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K., Talsma, D., Coles, M., Holroyd, C., Kok, A., & van der Molen, M. (2002). A computational account of altered error processing in older age: Dopamine and the error-related negativity. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 2(1), 19–36.
- Nieuwenhuis, S., Slagter, H. A., Alting von Geusau, N. J., Heslenfeld, D. J., & Holroyd, C. B. (2005b). Knowing good from bad: Differential activation of human cortical areas by positive and negative outcomes. *European Journal of Neuroscience*, 21, 3161-3168.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Holroyd, C. B., Schurger, A., & Cohen, J. D. (2004b). Sensitivity of electrophysiological activity from medial frontal cortex to utilitarian and performance feedback. *Cerebral Cortex*, 14, 741–747.

- Notebaert, W., Houtman, F., Van Opstal, F., Gevers, W., Fias, W., & Verguts, T. (2009). Post error slowing: An orienting account. *Cognition*, 111(2), 275-279.
- O'Connell, R.G., Dockree, P.M., Bellgrove, M.A., Kelly, S.P., Hester, R., Garavan, H., Robertson, I.H., & Foxe, J.J. (2007) The role of cingulate cortex in the detection of errors with and without awareness: a high density electrical mapping study. *Eur. J. Neurosci.*, 25, 2571–2579.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Oliveira, F. T. P., McDonald, J. J., & Goodman, D. (2007). Performance monitoring in the anterior cingulate is not all error related: Expectancy deviation and the representation of action outcome associations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(12), 1994–2004.
- Olvet, D. M., & Hajcak, G. (2011). The error-related negativity relates to sadness following mood induction among individuals with high neuroticism. *Social Cognitive Affective Neuroscience*. Advance online publication. doi: DOI: 10.1093/scan/nsr007.
- Olvet, D. M., Klein, D. N., & Hajcak, G. (2010). Depression symptom severity and error-related brain activity. *Psychiatry Research*, 179, 30-37.
- Pereira, M.G., de Oliveira, L., Smith Erthal, F., Joffily, M., Mocaiber, I.F., Volchan, E., & Pessoa, E. (2010). Emotion affects action: Midcingulate cortex as a pivotal node of interaction between negative emotion and motor signals. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 10 (1), 94-106.
- Pfabigan, D. M., Alexopoulos, J., Bauer, H., & Sailer, U. (2010). Manipulation of feedback expectancy and valence induces negative and positive reward prediction error signals manifest in event-related brain potentials. *Psychophysiology*, no. doi: 10.1111/j.1469 8986.2010.01136.
- Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R. J., Miller, G., Ritter, W., Rychkin, D., & Taylor, M. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 37, 127–152.

- Picton, C., & Hillyard, P. (1972). Cephalic skin potentials in electroencephalography. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 33, 419-424.
- Polich, J. (2003). Overview of P3a and P3b. In J. Polich (Ed.), *Detection of Change: Event-related Potential and fMRI Findings* (pp. 83-98), Boston: Kluwer Academic Press.
- Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biological Psychology*, 41, 103-146.
- Potts, G. F., Martin, L. E., Burton, P., & Montague, P. R. (2006). When things are better or worse than expected: The medial frontal cortex and the allocation of processing resources. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1112-1119.
- Proverbio, A.M., Brignone, V., Matarazzo, S., Del Zotto, M. & Zani, A. (2006). Gender differences in hemispheric asymmetry for face processing. *BMC Neuroscience*, no. doi:10.1186/1471-2202-7-44.
- Rabbitt, P. M., & Phillips, S. (1967). Error-detection and correction latencies as a function of S-R compatibility. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 37-42.
- Rabbitt, P. M., & Rodgers, B. (1977). What does a man do after he makes an error? An analysis of response programming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 727-743.
- Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A., & Nieuwenhuis, S. (2004). The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science*, 306, 443-4.
- Sanders, A. F., & Lamers, J. M. (2002). The Eriksen flanker effect revisited. *Acta Psychologica*, 109, 41-56.
- Sato, A., Yasuda, A., Ohira, H., Miyawaki, K., Nishikawa, M., Kumano, H., & et al. (2005). Effects of value and reward magnitude on feedback negativity and P300. *NeuroReport*, 4, 407-411.

- Scheffers, M. K., & Coles, M. G. H. (2000). Performance monitoring in a confusing world: Error-related brain activity, judgements of response accuracy, and types of errors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 141–151.
- Scheffers, M. K., Coles, M. G. H., Bernstein, P., Gehring, W. J., & Donchin, E. (1996). Event-related brain potentials and error-related processing: An analysis of incorrect response to Go and NoGo stimuli. *Psychophysiology*, 33, 42–53.
- Schupp, H.T., Junghöfer, M., Weike, A.I., Hamm A.O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science* (14), 7–13.
- Schupp, H.T., Junghöfer, M., Weike, A.I., Hamm A.O. (2004) The facilitated processing of threatening faces: an ERP analysis. *Emotion* (4), 189 – 200.
- 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. *Neuroscience* (12), 154–167.
- Shane, M. S., Stevens, M. C., Harenski, C. L., & Kiehl, K. (2008). Neural correlates of the processing of another's mistakes: Underpinning for social and observational learning. *Neuroimage*, 42, 450–459.
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, 303, 1157–1162.
- Sporer, S.L. (2001). Recognizing faces of other ethnic groups: An integration of theories. *Psychology, Public Policy, and Law*, 7, 36–97.
- Tajfel, H. (1970). Experiments in intergroup discrimination. *Scientific American*, 223, 96–102.
- Tajfel, H., Flament, C., Billig, M., Bundy, R., (1971). Social categorisation and intergroup behaviour. *European Journal of Social Psychology*, 1, 149±178.

- Tracey, I., & Mantyh P.W. (2007). The cerebral signature for pain perception and its modulation. *Neuron*, 55, 377-391.
- Van Bavel, J. J., Packer, D. J., & Cunningham, W. A. (2008). The neural substrates of in-group bias: A functional magnetic resonance imaging investigation. *Psychological Science*, 19, 1131-1139.
- Van Schie, H. T., Mars, R. B., Coles, M. G., & Bekkering, H. (2004). Modulation of activity in medial frontal and motor cortices during error observation. *Nature Neuroscience*, 7, 549-554.
- Vidal, F., Hasbroucq, T., Grapperon, J., & Bonnet, M. (2000). Is the 'error negativity' specific to errors? *Biological Psychology*, 51, 109-128.
- Vogt, B. A. (2005). Pain and emotion interactions in subregions of the cingulate gyrus. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 533-544.
- Vogt B.A., & Sikes R.W. (2009) Cingulate nociceptive circuitry and roles in pain processing: the cingulate premotor pain model. In: Vogt, B.A. (ed) Cingulate neurobiology and disease. Oxford University Press, UK, pp 311-338.
- Vorst, H. C. M., & Bermond, B. (2001). Validity and reliability of the Bermond-Vorst Alexithymia Questionnaire. *Personality and Individual Differences*, 30, 413-434.
- Warren, C.M., & Holroyd, C.B. (2012).The impact of deliberative strategy dissociates ERP components related to conflict processing vs.reinforcement learning. *Frontiers in Neuroscience*, 6:43. doi: 10.3389/fnins.2012.00043
- Warren, C. M., Tanaka, J. W., & Holroyd, C. B. (2011). What can topology changes in the oddball N2 reveal about underlying processes? *Neuroreport* 22, 870-874.
- Wiswede, D., Münte, T. F., Goschke, T., & Rüsseler, J. (2009a). Modulation of error-related negativity by induction of short-term negative affect. *Neuropsychologia*, 47, 83-90.

- Wiswede, D., Münte, T. F., Goschke, T., & Rüsseler, J. (2009b). Negative affect induced by derogatory verbal feedback modulates the neural signature of error detection. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4 (3), 227-237.
- Wittchen, H.-U., Wunderlich, U., Gruschwitz, S., & Zaudig, M. (1996). *Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV (SKID)*. Goettingen: Beltz-Tests.
- Wu, Y., & Zhou, X. (2009). The P300 and reward valence, magnitude, and expectancy in outcome evaluation. *Brain Research*, 1286, 114–122.
- Yeung, N., Holroyd, C. B., & Cohen, J. D. (2005). ERP correlates of feedback and reward processing in the presence and absence of response choice. *Cerebral Cortex*, 15, 535-544.
- Yeung, N., Botvinick, M.M., & Cohen, J.D. (2004). The Neural Basis of Error Detection: Conflict Monitoring and the Error-Related Negativity. *Psychological Review* 111(4), 931–959.
- Yeung, N., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *The Journal of Neuroscience*, 24(28), 6258–6264.

9. Abstract

Based on the assumption that stimulus incongruency influences error processing, the current electroencephalography study examined the event-related components ERN and Pe for internal and FRN and P300 for external error processing. A flanker task paradigm was administered applying incongruent letter rows and incongruent feedback stimuli. To generate sufficient erroneous responses an adaptive algorithm was used, which varied the time window for a correct response. The postulated assumption that incongruent and negative stimuli lead to longer reaction times and higher error rates could be confirmed. There were also longer reaction times for the processing stimuli, when the prior response was erroneous (post-error slowing). The hypothesis of a larger ERN after incorrect responses could not be confirmed. In this study, we found larger ERN amplitude after correct responses which might be due to the high number of errors and the lack of saliency of this error trails. Concerning the Pe there were larger amplitudes after errors than after correct responses, but the amplitudes were not very distinctive. This finding suggests that some of the errors which occurred because of the adaptive time window were not considered as an error by our subjects.

In terms of feedback processing the results suggest an influence of the incongruency on FRN amplitudes after negative feedback. Contrary to the postulated hypothesis there were larger P300 after congruent feedback, which could be explained by the motivational significance of the stimuli.

The present study demonstrates that stimulus incongruency has an influence on the behavioral data and the neuronal processing of a person, whereat these influence should be further investigated without applying an adaptive algorithm, and separately for internal and external error processing.

Zusammenfassung

Basierend auf der Annahme, dass die Inkongruenz eines Reizes einen Einfluss auf die Fehlerverarbeitung hat, wurde mittels elektroenzephalographischen Ableitungen die ereigniskorrelierten Komponenten ERN und Pe für die interne, und die Komponenten FRN und P300 für die externe Fehlerverarbeitung untersucht. Mittels inkongruenten Buchstabenreihen in einer Flanker- Aufgabe und inkongruenten Feedbackreizen sollte der Einfluss auf die Amplitudenverläufe ermittelt werden. Um ausreichend fehlerhafte Antworten zu erzeugen, wurde ein adaptiver Algorithmus verwendet, der das Zeitfenster für eine richtige Antwort variierte. Die postulierten Annahmen, dass es zu längeren Reaktionszeiten und höheren Fehlerraten nach inkongruenten und negativen Reizen kommt, konnten bestätigt werden. Es zeigten sich außerdem längere Reaktionszeiten bei der Bearbeitung eines Reizes nachdem ein Fehler gemacht wurde (post-error slowing).

Die interne Fehlerverarbeitung betreffend konnte die Hypothese einer größeren ERN nach Fehlern nicht bestätigt werden. Es zeigten sich in dieser Arbeit größere ERN-Amplituden nach korrekter Antwort, was jedoch auf die hohe Anzahl an Fehlern und die daher fehlende Salienz der Fehler zurückzuführen sein könnte. Die Pe betreffend konnte nach Fehlern eine größere Amplitude festgestellt werden als nach korrekten Antworten, wobei die Amplituden nicht sehr ausgeprägt waren. Dies spricht dafür, dass einige Fehler, die aufgrund zu langsamer Antwort entstanden sind, von den Versuchspersonen nicht als Fehler bewertet wurden.

In Bezug auf die Feedbackverarbeitung lassen die Ergebnisse darauf schließen, dass es nach negativem Feedback zu einem Einfluss der Inkongruenz auf die FRN kommt. Konträr zur postulierten Hypothese konnte nach kongruentem Feedback eine größere P300 gefunden werden, was durch die motivationale Bedeutung der Reize erklärt werden könnte.

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Inkongruenz von Reizen einen Einfluss auf das Verhalten sowie auf die neuronale Verarbeitung einer Person hat, wobei dieser Einfluss ohne adaptiven Algorithmus und separat für interne und externe Fehlerverarbeitung weiter untersucht werden sollte.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name: Katharina Olejak
Geburtsdatum: 7. Mai 1987
Staatsangehörigkeit: Österreich
E-Mail: katharina-olejak@chello.at

Ausbildung

1993-1997: Volksschule Galileigasse, 1090 Wien
1997-2005: BRG Kleine Sperlgasse, 1020 Wien
Mai 2005: Beendigung der Schule mit positivem Abschluss der Matura
Oktober 2005 bis
Oktober 2012 : Studium der Psychologie an der Hauptuniversität Wien

Oktober 2009 Erasmus- Studienaufenthalt in Berlin und Studium an der
bis Juli 2010: Freien Universität Berlin

Dezember 2009 6-Wochenpraktikum bei PAREXEL International in Berlin im
bis April 2010: EEG-Labor