



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Antisoziale Persönlichkeitsmerkmale und ereigniskorrelierte Potentiale der Feedbackverarbeitung

Verfasserin

Lydia Kogler

angestrebter akademischer Grad

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

Wien, im März 2011

Studienkennzahl: 298

Studienfach: Psychologie

Betreuer: PD Drⁱⁿ. Uta Sailer und Drⁱⁿ. Daniela Pfabigan

Danksagung

Ich möchte mich hier gerne bei einer Reihe von Personen bedanken, ohne die der Abschluss der vorliegenden Arbeit nicht möglich gewesen wäre:

Meiner Betreuerin Frau Dr. Daniela Pfabigan vom Arbeitsbereich Biologische Psychologie an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien möchte ich vielfach für die kompetente Betreuung in allen Stadien der Arbeit, von der Planung des Designs bis hin zum Abschluss der Arbeit, danken. Sie ist mir bei allen Fragen unterstützend beiseite gestanden. Mein Dank auf akademischer Seite gilt außerdem meiner Betreuerin Frau PD Dr. Uta Sailer vom Arbeitsbereich Biologische Psychologie an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien für ihre kompetente Unterstützung.

Herzlichster Dank gilt meinen Eltern, Frau Dr. Liselotte Mäni und Herrn Dr. Alois Kogler, für ihre Unterstützung in den nicht ganz einfachen Prozessen des Ausgebildet-Werdens und Studierens, sowie des Schreibens und Abschließens. Sie standen mir hierbei und auf meinem bisherigen Weg finanziell aber vor allem mit viel Liebe und Verständnis beiseite, wofür ich ihnen sehr dankbar bin.

Herrn Stephan Bergmann danke ich für das Korrekturlesen, seine Liebe und sein Verständnis.

Herrn Mag. Markus Abrahamczik danke ich für eine sehr angenehme Zusammenarbeit, seine Unterstützung bei den EEG-Ableitungen und das Korrekturlesen.

Frau Mag.^a Carine Anderle danke ich ebenfalls für das Korrekturlesen.

Frau Mag.^a Anne Schild und Herrn Mag. Matthias Noë danke ich für ihre technische Unterstützung.

Meinem gesamten Freundeskreis danke ich für kulinarische, sportliche und musikalische Ablenkungen und Versorgungen, sowie für aufbauende, unterstützende und verständnisvolle Worte.

Ich danke allen MitarbeiterInnen, StudienassistentInnen, PraktikantInnen und

MitstudentInnen des Arbeitsbereichs Biologische Psychologie der Fakultät für Psychologie der Universität Wien. Es herrschte in meiner Zeit hier eine sehr angenehme, offene und unterstützende Arbeitsatmosphäre, die die Arbeit hier zu einem erfreulichen Ereignis machte.

Zu guter Letzt danke ich allen Probanden, die mich so bereitwillig mit ihrer Teilnahme unterstützt haben.

An alle beteiligten Personen daher ein großes „DANKESCHÖN!“.

Lydia Kogler
Wien, im März 2011

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
Tabellen	vii
Abbildungen	ix
I. Theorie	1
1. EKPs der neuronalen Fehlerverarbeitung	3
1.1. Einleitung	3
1.2. Die Error-Related-Negativity und die Feedback-Related-Negativity	5
1.2.1. ERN	5
1.2.2. FRN	5
1.2.3. ERN und FRN als vergleichbare Komponenten	6
1.2.4. Der ACC als neuronaler Ursprung	8
1.2.5. Funktion der Komponenten	9
1.3. Die P300 als Evaluation der Handlungskonsequenzen	15
1.3.1. Funktion im Glücksspiel	16
2. Antisoziale Persönlichkeit und Psychopathie	19
2.1. Einleitung	19
2.2. Antisoziale Persönlichkeit und Psychopathie	19
2.2.1. Dissoziale oder antisoziale Persönlichkeitsstörung	19
2.2.2. Charakteristik der Psychopathie	20
2.2.3. Ein- und Zwei-Faktoren-Modell der Psychopathie	21
2.2.4. Deutschsprachige Inventare zur Erhebung von Persönlichkeitsmerkmalen der Psychopathie	25

2.3. Antisoziale Persönlichkeit und neuronale Fehlerverarbeitung . . .	26
2.3.1. Persönlichkeitsvariablen	27
2.3.2. Psychopathie und FRN	28
3. Hypothesen	33
II. Methodik	35
4. Methodik	37
4.1. Methoden	37
4.1.1. Versuchspersonen	37
4.1.2. Design und Durchführung	37
4.1.3. Fragebögen	42
4.1.4. Technische Daten, psychophysiologische Datenerhebung, Datenreduktion und Analyse	45
4.2. Ergebnisse	48
4.2.1. Verhaltensdaten	48
4.2.2. Fragebögen	49
4.2.3. ERP-Daten	51
III. Diskussion	61
5. Diskussion	63
Literaturverzeichnis	77
Appendices	91

Tabellen

4.1. Angewandtes Verstärkerdesign (80:20)	38
4.2. Ursprüngliches Verstärkerdesign (75:25)	41
4.3. Positives Feedback und Selbsteinschätzung	49
4.4. Fragebögen: Mittelwerte	50
4.5. Mittelwerte: Gruppen	50
4.6. Mittlere Amplitudenwerte: FRN (FCz) und P300 (Pz)	52
4.7. Mittlere Faktorenwerte: FRN (FCz) und P300 (Pz)	54
4.8. Mittlere Amplitudenwerte: FRN (FCz), pro Fragebogen	56
4.9. Wechselwirkung: P300	59

Abbildungen

1.1. ERN und FRN: Amplitudenverläufe	7
1.2. Anteriorer cingulärer Kortex	9
2.1. FRN: Amplitudenverläufe: sozial vs. antisozial	29
4.1. Schematischer Spieldurchgang	40
4.2. Amplitudenverläufe: FRN (FCz)	51
4.3. Balkendiagramm: FRN	53
4.4. Amplitudenverläufe: P300 (Pz)	57
4.5. Balkendiagramm: P300	58

Teil I.

Theorie

1. EKPs der neuronalen Fehlerverarbeitung

1.1. Einleitung

Es ist eine besondere Fähigkeit des Menschen, aus Fehlern zu lernen, die eigenen Aktionen zu überwachen, und so aus negativen Konsequenzen weitere Schlüsse zu ziehen. Eine Grundlage hierfür ist ein neuronales System der Fehlerverarbeitung und der Handlungskontrolle, das adaptives, zielgerichtetes Verhalten ermöglicht. In der neuronalen Grundlagenforschung wurde diesem Aspekt in den letzten Jahren vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt. Das Wissen um die neuronalen Strukturen, welche in die Mechanismen der Fehlerverarbeitung involviert sind, und das Wissen über die Bedingungen unter welchen diese Mechanismen aktiv werden, stiegen in den letzten Jahrzehnten rasant an.

Es wird ein allgemeines neuronales Fehlerverarbeitungssystem angenommen (Gehring, Goss, Coles, Meyer, & Donchin, 1993; Miltner, Braun, & Coles, 1997; Holroyd & Coles, 2002). Die ablaufenden Prozesse während der Fehlerverarbeitung werden häufig über die Technik ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) über das Elektroenzephalogramm (EEG) untersucht (Luck, 2005). Neuronale elektrische Aktivität wird an der Kopfhaut abgeleitet und mit spezifischen Ereignissen in Beziehung gesetzt. Die Untersuchung dieser Prozesse läuft häufig über Aufgaben, die zwischen korrekten und inkorrekten Antworten differenzieren, um Unterschiede in der Fehlerverarbeitung zu untersuchen (Falkenstein, Hohnsbein, Hoorman, & Blanke, 1990).

Die neuronalen Grundlagen des Fehlerverarbeitungssystems basieren nach Holroyd & Coles (2002) auf einem Vergleichsprozess, der die realen Konsequenzen aktuell ablaufenden Verhaltens mit der Erwartung über die Konsequenzen vergleicht (Miltner et al., 1997; Holroyd & Coles, 2002). Bei fehlender Übereinstimmung zwischen Modell und Realität wird dies gemeldet, und das Übereinstimmungssignal kann als Information für ein Fehlerkorrektur- und -

kompensationssystem herangezogen werden. Sein Ziel ist es, Fehler zu vermeiden, zu korrigieren, oder zu reduzieren (Miltner et al., 1997). Inkorrektes Verhalten, das zu unerwarteten Konsequenzen geführt hat, kann so an das erwünschte Ergebnis angepasst werden. Verhalten wird laufend überwacht, um es weiterhin anpassen zu können.

Eine Besonderheit des Fehlerverarbeitungssystems auf neuronaler Ebene liegt darin, dass nicht nur intern wahrgenommene Fehler verarbeitet werden, sondern auch Feedback von außen einen neuronalen Vergleichsprozess hervorruft (Miltner et al., 1997). Über die Rückmeldung eines Handlungsergebnisses werden Zusammenhänge zwischen den eigenen Handlungen und ihren Konsequenzen erfasst. Dieses System scheint auch für unterschiedliche Sinnesmodalitäten der Handlungsausführung gültig zu sein (siehe beispielsweise für visuelle Handlungsausführungen, welche über schnelle, abrupte Augenbewegungen, genannt Sakkaden, gemessen werden Nieuwenhuis, Ridderinkhof, Blom, Band, & Kok, 2001; oder für Handlungsausführungen, in denen eine Entscheidung durch eine Fußbewegung mitgeteilt wird Holroyd, Dien, & Coles, 1998), sowie für unterschiedliche Modalitäten der Feedbackwahrnehmung (Miltner et al., 1997). Es wird als allgemeines Fehlerverarbeitungssystem angesehen. Weitere Ergebnisse deuten darauf hin, dass es sich um ein weitreichenderes System handelt. Es überwacht und umfasst nicht nur Zusammenhänge zwischen eigenen Handlungen und ihren Konsequenzen, sondern beobachtet auch Geschehnisse um Zusammenhänge in der Umwelt zu erfassen (Yeung, Holroyd, & Cohen, 2005).

Als Hirnstruktur, die maßgeblich am Handlungskontrollsystem beteiligt ist, wird der anteriore cinguläre Kortex (ACC) vermutet (Miltner et al., 1997; Carter et al., 1998), bzw. nimmt Vogt (2005) an, dass der mediale cinguläre Kortex (MCC) in die Fehlerverarbeitung integriert ist.

1.2. Die Error-Related-Negativity und die Feedback-Related-Negativity

1.2.1. ERN

Menschen haben die Fähigkeit ihre eigenen Aktionen und Handlungen zu überwachen. Studien, die dies über EKPs zu untersuchen versuchen, deuten darauf hin, dass eine neuronale Handlungskontrolle vorhanden ist. Die neuronale Fehlerverarbeitung wird mit einer ereigniskorrelierten Komponente, der Error-Related-Negativity (ERN, Fehlernegativität), assoziiert, die als negative Amplitudenverschiebung nach getätigten Fehlern zu erkennen ist (Falkenstein, Hohnsbein, Hoorman, & Blanke, 1990; Gehring et al., 1993). Von Gehring et al. (1993) wurde den Probanden eine Flanker-Aufgabe vorgegeben (Ericksen & Eriksen, 1974). In dieser Aufgabe muss aus einer Reihe von fünf Buchstaben (SSSSS, HHHHH, SSHSS oder HSHHH) durch einen Tastendruck der linken oder rechten Hand der mittlere Buchstabe bestimmt werden. Bei Gehring et al. (1993) musste diese Aufgabe entweder möglichst schnell, möglichst korrekt, oder ohne diese Vorgaben durchgeführt werden. Es zeigte sich bei der Aufgabenstellung, in der es um die Korrektheit der Ausführung ging, eine größere Amplitude der ERN nach Fehlern. Auch bei der Aufgabenstellung „Schnelligkeit“ war diese Amplitudenvariation nach Fehlern in geringerem Ausmaß sichtbar. Die Autoren schlossen deshalb auf ein neuronales System, welches Fehler aufspürt, um sie zu kompensieren. Dieser neuronale Prozess, der sich ca. 50-150ms nach einer fehlerhaften Aktion an zentral-frontalen Elektroden zeigt, ist seither auch in vielen weiteren Studien untersucht worden (Falkenstein et al., 1990; Carter et al., 1998).

1.2.2. FRN

Neben der ERN wird vermehrt ein zweites EKP untersucht, das mit Fehlerentdeckung und -verarbeitung in Zusammenhang steht. Miltner et al. (1997) haben in ihrem Experiment ihre Probanden ein Zeitintervall von einer Sekunde schätzen lassen und anschließend Rückmeldung über die Richtigkeit der Schätzung gegeben. Dem Feedbackstimulus folgte auf inkorrekte Antworten ein EKP, das

der ERN ähnelte. Die sogenannte Feedback-Related-Negativity (FRN) tritt ca. 250ms nach Feedback auf, das sich auf Fehler bezieht. Sie zeigt sich wiederum als Amplitudenverschiebung in Richtung Negativität an zentral-frontalen Elektroden (Miltner et al., 1997; Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2006; Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2007).

Gehring & Willoughby (2002) erhoben ein EKP, nachdem Probanden eine Rückmeldung über ihren Geldgewinn in einem Glücksspiel gegeben wurde. Die Probanden mussten sich zwischen zwei Alternativen entscheiden und bekamen anschließend eine Rückmeldung über ihren Gewinn bzw. Verlust und über den Gewinn bzw. Verlust, den die Alternative bedeutet hätte. Sie nannten das EKP, das sich nach monetärem Verlust als negative Amplitudenverschiebung zeigte, „medial-frontale Negativität“ (MFN). Die Größe der MFN variierte mit subjektiv negativen Ereignissen, nicht mit der objektiv schlechteren Entscheidung. Den Autoren nach stellt die MFN die subjektive Evaluation des Ergebnisses auf der Dimension „gut-schlecht“ dar.

Nieuwenhuis, Yeung, Holroyd, Schurger, & Cohen (2004) verglichen die MFN und FRN miteinander. Sie fokussierten, in einem ähnlichen Design wie Gehring & Willoughby (2002), in der Rückmeldung entweder auf den absoluten Outcome für die Probanden, oder auf den Vergleich mit der Alternative. Ihre Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die MFN und die FRN denselben grundlegenden Prozeß abbilden. Sie unterscheiden sich dahingehend, ob der Fokus der Aufmerksamkeit auf die Nützlichkeit des Outcomes oder die Aufdeckung von Fehlern gelenkt wird.

1.2.3. ERN und FRN als vergleichbare Komponenten

Heldmann, Rüsseler, & Münte (2008) stellten einen Vergleich zwischen ERN und FRN an. Auch sie erhoben über ein Eriksen-Flanker-Design beide Komponenten. Ihre Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die ERN als interner Aktionsüberwachungsprozess fungiere. Die FRN träte im Gegensatz zur ERN in jenen Fällen auf, in denen Feedback von außen notwendig ist, um ausgeführte Aktionen zu überwachen. Wenn allerdings das Feedback gleich der Erwartung und daher redundant ist, sei keine FRN nachweisbar. Zusätzlich nehmen die Auto-

1.2. Die Error-Related-Negativity und die Feedback-Related-Negativity

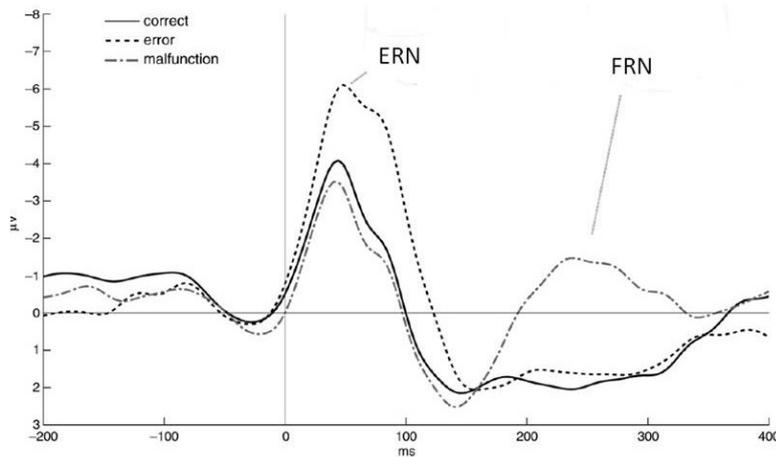


Abbildung 1.1.: Beispiel für Amplitudenverläufe der ERN (internale Fehlererkennung) und FRN (externale Rückmeldung) bei korrekten Durchgängen (correct), Fehlern (error) und „Störungsdurchgängen“ (malfunction) in einer Flanker-Aufgabe. Die Probanden mussten den mittleren Buchstaben durch Tastendruck bestimmen. Der Tastendruck erfolgte bei 0ms. Korrekte Durchgänge wurden sofort bestätigt und Fehler wurden nicht kommentiert. Die Probanden bekamen die Anweisung eventuelle Fehler sofort zu korrigieren. Die „Störungsdurchgänge“ wurden erzeugt, indem bei richtigen Durchgängen kein Feedback gegeben wurde. Die Probanden bekamen die Information, dass die Taste aufgrund technischer Probleme nicht zu 100% funktioniert. (übernommen aus: Gentsch, Ullsperger, & Ullsperger, 2009, S. 2026).

ren an, dass der neuronale Prozess sich von der auf Feedback bezogenen FRN zu einer früher auftretenden, auf die Handlungsausführung bezogenen ERN verschiebe, wenn das Individuum durch konditionierte Lernmechanismen die korrekten Antworten erlernt hat (Holroyd & Coles, 2002). Somit werden beide EKPs allgemein als verwandte Prozesse der Fehlerwahrnehmung und Fehlerverarbeitung interpretiert. In Abbildung 1.1 sind die Amplitudenverläufe der ERN und der FRN zu sehen.

Die ERN und die FRN kursieren in der Literatur teils unter verschiedenen Bezeichnungen. Für die ERN ist auch die Benennung Ne (error negativity, Falkenstein et al., 1990) zu finden. Bei Gehring & Willoughby (2002) findet man den Ausdruck medial-frontal Negativity (MFN) für die FRN, teils wird sie auch als Feedback-ERN (fERN, Hajcak, Holroyd, Moser, & Simons, 2005) bezeichnet.

Aufgrund der Latenzen und der Lokalisierung geht man davon aus, dass es sich bei den untersuchten Komponenten um vergleichbare Komponenten handelt (Nieuwenhuis, Yeung, Holroyd, Schurger, & Cohen, 2004).

1.2.4. Der ACC als neuronaler Ursprung

Der neuronale Ursprung der ERN sowie der FRN wird im anterioren cingulären Kortex (ACC) angenommen (Miltner et al., 1997; Gehring & Willoughby, 2002). Diese Erkenntnisse basieren nicht nur, wie beispielsweise von Dehaene, Posner, & Tucker (1994) oder Ruchow, Grothe, Spitzer, & Kiefer (2002) untersucht, auf der Dipollokalisierung des Generators der ERN. Carter et al. (1998) unterstützen diese Annahme auch über eine funktionelle Magnet-Resonanz-Studie (fMRI) mit einem Go-NoGo-Design^a und Ohira et al. (2010) über eine Positronen-Emissions-Tomografie-Studie (PET). Holroyd et al. (2004) konnten in einer weiteren fMRI-Studie belegen, dass im Latenzbereich der ERN als auch der FRN der dorsale ACC aktiviert war. Dies deutet darauf hin, dass diese Region sowohl auf interne als auch externe Aktionsüberwachung reagiert. Abbildung 1.2 zeigt eine Übersicht des ACC.

Allerdings können dies nicht alle Studien bestätigen. Van Veen, Holroyd, Cohen, Stengerd, & Carter (2004) oder auch Nieuwenhuis, Slagter, Alting von Geusau, Helsenfeld, & Holroyd (2005b) konnten in fMRI-Studien mit Zeitschätzungsaufgaben keine ACC-Aktivität feststellen. Bei Nieuwenhuis et al. (2005b) lies sich hingegen im fMRI eine stärkere rostrale ACC-Aktivität bei positiver Rückmeldung als bei negativer Rückmeldung nachweisen. Im EEG zeigte sich jedoch eine stärkere FRN-Amplitude nach negativem Feedback. Die Autoren schlossen einerseits auf eine Hirnregion die sowohl durch positives als auch negatives Feedback aktiviert wird, und die als Basisnegativität von Feedback zu sehen ist. Andererseits dürften durch positives Feedback weitere Regionen ak-

^aEin Go-NoGo-Paradigma dient dazu einen Reaktions-Handlungs-Konflikt zu erzeugen. In dieser Studie wurden die Probanden instruiert per Tastendruck zu reagieren, wenn am Bildschirm ein X erschien, dem ein A voraus ging. Da auch andere Buchstabenkombinationen (AY, BX, BY) vorkamen, durften die Probanden nicht jedes Mal die Taste drücken. Die Kombination AX kam insgesamt zu 70% vor. Die anderen Buchstabenkombinationen (AY, BX, BY) kamen zu je 10% vor. Durch dieses Design entstand ein Reaktions-Handlungs-Konflikt wenn einem X ein B vorherging, oder nach einem A ein Y erschien (Carter et al., 1998).

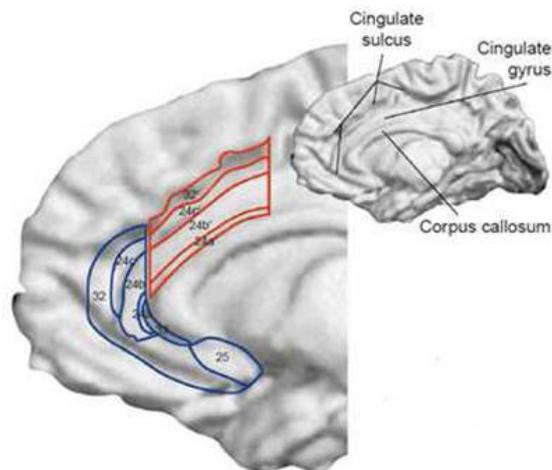


Abbildung 1.2.: Anteriorer cingulärer Kortex. Oben rechts: mediale Oberfläche der rechten Hemisphäre. Zwischen dem cingulären Sulcus und dem Corpus Callosum ist ein cingulärer Gyrus sichtbar. Links: Schematische Nummerierung der cytoarchitektonischen Areale des ACC. (modifiziert übernommen aus: Bush, Luu, & Posner, 2000, S. 216).

tiviert werden, die diese Basisnegativität in Richtung Positivität verschieben.

Hier soll auch noch das theoretische Konstrukt von Vogt (2005) kurz erwähnt werden, der eine neue Kategorisierung des cingulären Kortex einführte. In diesem Konzept wäre das funktionelle Areal, das in die Fehlerverarbeitung involviert ist, als medialer cingulärer Kortex (MCC) zu bezeichnen. Weiter ist hier auch noch zu beachten, dass aus Holroyd & Coles (2002) theoretischer Erklärung der Fehlerverarbeitung hervorgeht, dass der ACC der Empfänger und nicht die Quelle des neuronalen Signals ist.

1.2.5. Funktion der Komponenten

Die genaue Funktion der ERN und der FRN wird in Fachkreisen unterschiedlich diskutiert. Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen (2001) sehen den ACC und die ERN als Kontrollinstanzen der Informationsverarbeitung bei auftretenden Handlungskonflikten. Miltner et al. (1997) sehen die FRN als Fehleraufdeckungssignal. Andere Autoren bringen die FRN mit einer Belohnungssignalfunktion in Verbindung (Gehring & Willoughby, 2002; Holroyd & Coles, 2002).

Reinforcement-Learning-Theorie

Holroyd & Coles (2002) bieten mit der „Reinforcement-Learning-Theorie“ (RL; Verstärkungslernen) ein mögliches Erklärungsmodell. In diesem wird die Fehlerverarbeitung im ACC mit dem mesenzephalen Dopaminsystem in Verbindung gebracht. Das mesenzephalale Dopaminsystem besteht aus einer Ansammlung von Nuklei, der substantia nigra pars compacta, dem ventralen tegmentalen Areal (VTA) und den Basalganglien, die in den frontalen Kortex projizieren, unter anderem auch in Richtung ACC (Schultz, 2002). Einen Zusammenhang der ERN mit den Basalganglien stellten auch Falkenstein et al. (2001) her, da sie bei Parkinson-Patienten eine reduzierte ERN nachwiesen. Morbus Parkinson geht üblicherweise mit einer gestörten Funktion der Basalganglien und dem Verlust von dopaminergen Zellen in der substantia nigra einher (Birbaumer & Schmidt, 2006). Holroyd & Coles (2002) stellten nun mit ihrer Theorie die Hypothese auf, dass die ERN dadurch entsteht, dass ein negatives „Belohnungs-Lern-Signal“ über das mesenzephalale Dopaminsystem in Richtung ACC geschickt wird. Im ACC wird das Signal weiterverarbeitet, um Verhalten bei gegebenen externen Anforderungen zu adaptieren. Die Basalganglien „lernen“ aufgrund vorangegangener Ereignisse für bestimmte Situationen anhand von Stimulus oder Feedback zukünftige Ereignisse vorherzusagen (Nieuwenhuis et al., 2002). Die Konsequenzen einer Handlung werden mit vorhergegangenen Ereignissen und deren Konsequenzen verglichen. So werden Erwartungen über Konsequenzen zukünftiger, noch nicht eingetretener Ereignisse aufgestellt. Da der ACC auch in die motorische Kontrolle involviert ist, wird weiterhin vermutet, dass dieser Vergleichsprozess dazu dient motorische Handlung an Umwelterfordernisse anzupassen (Holroyd & Coles, 2002). Im Falle, dass Konsequenzen schlechter ausfallen als erwartet, kommt es neuronal zu einer phasischen Verminderung der Dopaminausschüttung im mesenzephalen Dopaminsystem. Dies führt zur Enthemmung der apikalen Dendriten der Motorneurone im ACC und so zur Depolarisation. Diese ist an der Schädeloberfläche im EEG als negatives EKP zu messen. Fallen Ereignisse besser aus als erwartet, kommt es hingegen zu einem phasischen Anstieg der Dopaminausschüttung (Holroyd & Coles, 2002). Holroyd & Coles (2002) haben keine direkten Hypothesen zur Manifestation von un-

erwartet negativen Ereignissen im EEG aufgestellt. Es gibt verschiedene Ergebnisse dazu, wie das Signal, ausgelöst durch unerwartet positive Ereignisse, im EEG zu erkennen ist. Es gibt Autoren die eine kleine negative FRN-Amplitude erheben konnten (Hajcak et al., 2007). Allerdings gibt es auch Studien, die eine positive Amplitude im Latenzbereich der FRN zeigen konnten (Holroyd, Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen, 2003; Potts, Martin, Burton, & Montague, 2006b). Hier ist somit zu erkennen, dass die Annahmen in Fachkreisen zur neuronalen Reaktion auf unerwartet positives Feedback nicht eindeutig sind und in verschiedene Richtungen gehen.

Erwartung und negatives Feedback Die RL-Theorie und ihre Annahmen in Bezug auf Erwartungsaufbau und -kontrolle werden durch einige Ergebnisse in der Literatur gestützt. In einem Gamblingparadigma konnten Holroyd, Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen (2003) zeigen, dass die FRN-Amplitude größer ausfällt, wenn Bedingungen, die häufig belohnt wurden, plötzlich nicht mehr belohnt werden. Diese FRN-Amplitudenvariation tritt auf im Vergleich zu Bedingungen, die von vornherein seltener belohnt wurden. Die Probanden bekamen die Aufgabe einen von vier Ballonen am Bildschirm auszuwählen. Anschließend bekamen sie Rückmeldung über Gewinn oder Verlust. Die Wahrscheinlichkeit, eine Belohnung für einen Ballon zu bekommen variierte zwischen den Bedingungen. Es wurde deshalb angenommen, dass die Probanden eine Erwartung gegenüber den Stimuli und ihrer Belohnung aufbauten. Wurde aufgrund der Belohnungshäufigkeit eine Belohnung erwartet, aber keine gegeben, fiel die FRN-Amplitude stärker aus, als wenn die Belohnung nicht gegeben, aber aufgrund der Belohnungshäufigkeit auch nicht erwartet wurde. Eine Variation mit der Erwartung gegenüber Feedback zeigte sich auch bei Pfabigan, Alexopoulos, Bauer, & Sailer (2010a). Die visuelle Inspektion der Daten deutet auf eine stärkere FRN-Amplitude nach unerwartet negativen Ereignissen hin. Den Probanden von Pfabigan et al. (2010a) wurde einer von drei möglichen Stimuli am Bildschirm präsentiert. Die Probanden mussten durch Tastendruck auf eine von zwei Tasten reagieren. Anschließend wurde ihnen Gewinn oder Verlust angezeigt. In einer Übungsphase konnten folgende Stimulus-Tasten-Zuordnungen erlernt werden: Stimulus A wurde bei Druck von Taste 1 zu 100% mit „RICHTIG“ belohnt. Sti-

mulus **B** wurde bei Druck von Taste **2** zu 75% mit „RICHTIG“ belohnt. Stimulus **C** wurde bei keiner Taste belohnt. Es folgten anschließend Spieldurchgänge, in denen die Probanden um Geld spielten. Das Design war dasselbe, es änderte sich allerdings der Feedbackstimulus: Durch die Zahl „15“ in grün wurde angezeigt, dass die Probanden 15€-Cent gewonnen und durch die Zahl „15“ in rot, dass sie 15€-Cent verloren hatten. Was die Probanden nicht wussten war, dass sich die Verstärkerhäufigkeit für Stimulus **A** und Stimulus **C** im Vergleich zur Übungsphase änderte: Stimulus **A** wurde zu 75% und Stimulus **C** zu 25% positiv verstärkt. Dies ermöglichte den Autoren unerwartet positives und unerwartet negatives Feedback zu erzeugen. Zusätzlich wurden die Probanden in der Instruktion darauf hingewiesen, dass sie nach einer Tastenkombination suchen sollten.

Konträr zu diesen Ergebnissen konnten Hajcak et al. (2005) in zwei Experimenten keinen Einfluss der Erwartung und Belohnungswahrscheinlichkeit auf die FRN-Amplitude feststellen. Diese zeigte sich für unerwartetes und erwartetes Feedback gleich groß und variierte nicht zwischen diesen Bedingungen.

Positives Feedback In Bezug auf Erwartung und positives Feedback, genauer auf die neuronale Reaktion auf unerwartet positives Feedback, gehen die Ergebnisse aus der Literatur und die Meinungen der Wissenschaftler auseinander. Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons (2006) sowie Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons (2007) konnten ähnlich unerwartet negativem Feedback auch bei unerwartet positivem Feedback eine negative Amplitudenverschiebung messen. Ebenso zeigte sich bei Oliveira, McDonald, & Goodman (2007) eine FRN nach falschem, und deshalb unerwartet positivem Feedback, und ebenso wenn deren Probanden vor der Rückmeldung ihre Leistung selbst einschätzen mussten und das Feedback anschließend entgegen ihrer Einschätzung positiv ausfiel. Die Autoren schlossen auf ein generelleres Handlungsverarbeitungssystem des ACC, das durch Erwartungsstörungen aktiviert wird, und kein reines Fehlerverarbeitungssystem ist. Diese Ergebnisse werden auch von weiteren Studien gestützt (Pfabigan et al., 2010a; Falkenstein et al., 2000).

Demgegenüber stehen Studien, die nach unerwartet positivem Feedback eine Positivierung beobachteten. Holroyd, Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen (2003) er-

hoben beispielsweise nach unerwartet positivem Feedback eine Positivierung. Auch Potts et al. (2006b) konnten ein positives EKP erheben, wenn Stimuli nur in fünf Prozent aller Fälle, und demnach unerwartet, belohnt wurden. Hier sei kurz erwähnt, dass in der visuellen Inspektion der Daten von Potts et al. (2006b) um 300ms nach dem Feedback eine kleine Negativierung zu erkennen ist. Dieser Negativierung geht auch eine starke P200-Amplitude voraus, die zur Verzerrung der nachfolgenden Amplitude führen könnte. Eine Erhebung der MFN-Amplitude über die peak-to-peak-to-peak-Methode (Yeung & Sanfey, 2004) schenkt diesem Problem Beachtung und rechnet die vorausgehende P200-Amplitude aus dem MFN-Signal heraus. Es gibt allgemein noch keine genauen Angaben über Erhebungsmethoden und Latenzen der FRN-Amplitude. In der Studie von Potts et al. (2006b) könnte allerdings durch eine kleine Erweiterung des Latenzbereiches und eine angepasste Analysemethode der MFN-Amplitude eventuell doch eine Negativierung nach unerwartet positivem Feedback zu erkennen sein.

Subjektive Bewertung, Motivation und Persönlichkeit

Die Amplituden der Komponenten variieren nicht nur mit der Fehleraufdeckung und dem Erwartungsaufbau gegenüber Konsequenzen. Auch die affektive und motivationale Bewertung der Fehler und der Situation, sowie Persönlichkeitsvariablen, haben einen Einfluss auf die Amplituden der Komponenten und somit auf die Handlungs- und Fehlerüberwachung (Gehring & Willoughby, 2002; Luu, Collins, & Tucker, 2000).

Motivation und subjektive Bewertung Gehring & Willoughby (2002) deuten die MFN nicht als Indikator reiner Fehlermeldung, sondern als momentane, affektive Beurteilung von Konsequenzen, zu denen eine Handlung geführt hat. In ihrem Design mussten die Probanden zwischen zwei Alternativen wählen und bekamen anschließend Rückmeldung über Geldverlust oder -gewinn der eigenen Wahl und über Gewinn bzw. Verlust der Alternative. Die Probanden gewannen oder verloren 5 oder 25 \$-Cent. Die MFN spiegelte nicht die relative Richtigkeit der eigenen Wahl im Vergleich zur Alternative wider. Sie kodierte

die Richtung der Konsequenz, ob für den Probanden ein positives oder negatives Ergebnis herauskam. Es trat bei Gewinn keine MFN auf, wenn die Alternative einen höheren Gewinn bedeutet hätte (+5\$-Cent vs. +25\$-Cent). Bei Verlusten trat jedoch eine MFN auf, auch wenn die Alternative einen höheren Verlust bedeutet hätte (-5\$-Cent vs. -25\$-Cent). Gehring & Willoughby (2002) schließen auf eine medial-frontale neuronale Verarbeitung, die in höhere kognitive Funktionen wie Entscheidungsverhalten und ökonomische Entscheidungen involviert ist. Hajcak et al. (2006) gaben ein ähnliches Versuchsdesign mit der erweiterten Option vor, keinen Gewinn oder Verlust zu machen. Auch die Bedingung, in der die Probanden keinen Gewinn oder Verlust machten, erzeugte eine FRN-Amplitude die mit der FRN-Amplitude von größeren und kleineren Verlusten vergleichbar war. Sie interpretierten dieses Ergebnis mit einem Fehlerverarbeitungssystem, das nach „bevorzugten“ und „nicht bevorzugten“ Ergebnissen unterscheidet. Auch sie unterstützen die Hypothese, dass die FRN einen ersten Vergleich zwischen gut und schlecht zieht, ohne den Gewinn oder Verlust graduell abzustufen.

Yeung et al. (2005) erhoben FRN-Amplituden bei Feedback nach aktiver Handlungsausführung und Feedback nach passiver Ergebnisbeobachtung. Sie verglichen die Amplituden von Situationen, in denen Probanden am Bildschirm zusehen wie Gewinn und Verlust präsentiert wurde, mit Situationen, in denen direkt eine Handlung ausgeführt wurde. Die FRN war mit einer geringeren Amplitude auch zu messen, wenn die Probanden passiv das Geschehen am Bildschirm beobachteten. Die Amplitudenhöhe der FRN korrelierte zusätzlich mit Angaben über die subjektive Beteiligung an der Aufgabe. Dies deutet darauf hin, dass die FRN kein Indikator einer reinen Handlungskontrolle oder Fehlerverarbeitung ist. Sie ist eher das Ergebnis eines allgemeineren Systems zur Erfassung von Zusammenhängen zwischen Verhalten und dessen Konsequenzen („Kontingenz“; Herkner, 2004) bzw. von Ereignissen in der Umwelt mit deren Folgen (Umweltkontingenz). In dieses System zur Erfassung von Kontingenzen dürfte auch die affektive Beurteilung der Situationen hineinspielen und subjektive Aspekte wie Interesse berücksichtigt werden bzw. Einfluss haben.

Persönlichkeit Luu et al. (2000) konnten zeigen, dass die Amplitude der ERN mit unterschiedlichen Gemütszuständen und Persönlichkeitsvariablen variiert. Sie erhoben Persönlichkeitsmerkmale und zusätzlich positive und negative Gemütsausprägungen (Affekte) der Probanden, aus den der Testung vorausgehenden Wochen. Diese zwei Variablen wurden mit EEG-Daten einer Flankeraufgabe in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse zeigten keine Korrelation der ERN-Amplitude mit Impulsivität oder positivem Affekt. Probanden mit hohen Punktwerten auf der negativen Affektskala und in negativer Emotionalität hatten allerdings höhere ERN-Amplituden als Probanden mit geringeren Punktwerten. Individuelle Differenzen in negativer Emotionalität und negativem Affekt dürften somit einen Einfluss auf die ERN-Amplitudenvariation und damit auf die neuronale Fehlerüberwachung und -verarbeitung haben (Luu et al., 2000).

1.3. Die P300 als Evaluation der Handlungskonsequenzen

Ein weiteres ereigniskorreliertes Potential, das bei Aufgaben zur Feedbackverarbeitung auftritt, ist die P300. Sie wird traditionell als neuroelektrisches Phänomen der Informationsverarbeitung angesehen, das bei Gedächtnisprozessen, Aufmerksamkeitsprozessen oder Stimulusdiskrimination auftritt (Polich, 2007). Ursprünglich im Oddball-Paradigma^a untersucht (Donchin, 1981), wurde sie als Abgleich des vorliegenden Stimulus mit der mentalen Stimulusrepräsentation im Arbeitsgedächtnis gesehen. Dieser Abgleich führt bei Auftreten eines neuen Stimulus zur Aktivierung von Aufmerksamkeitsprozessen, die zur Neuinterpretation der Stimulusrepräsentation führen und mit einer erhöhten P300-Amplitude einhergehen (Polich, 2007). Die P300-Amplitude (welche in der Literatur, wie z. B. von Polich, 2007, teilweise auch P300b genannt wird) ist größer bei geringerer Auftretenswahrscheinlichkeit des Stimulus.

Die ca. 10-20µV hohe positive Amplitudenverschiebung tritt ungefähr 300-600ms nach einem Stimulus an zentral-parietalen Elektroden auf (Donchin &

^aDie P300-Amplitude wird klassischerweise in Oddball-Paradigmen untersucht. In diesen werden den Probanden meistens zwei verschiedene Stimuli mit unterschiedlichen Häufigkeiten präsentiert. Die P300-Amplitude variiert mit der Auftretenswahrscheinlichkeit des Stimulus. Sie ist größer wenn der Stimulus seltener präsentiert wird (Polich, 2007).

Coles, 1988; Polich & Kok, 1995). Die Gesamtzahl aller kognitiven Prozesse, die die P300 widerspiegelt, werden noch diskutiert (Luck, 2005).

1.3.1. Funktion im Glücksspiel

Die P300 wurde auch bei Handlungskonsequenzen, die monetären Gewinn oder Verlust nach sich ziehen, untersucht. Sie variiert mit der Gewinn- bzw. Verlusthöhe von Geld (Sutton, Tueting, Hammer, & Hakerem, 1978), sowie mit subjektiven Erwartungen gegenüber Stimuli (Yeung & Sanfey, 2004) und deren Auftretenswahrscheinlichkeiten (Johnson & Donchin, 1980; Pfabigan et al., 2010a). Eine Art Information, die der Stimulus für die vorgegebene Aufgabe enthält, wie beispielsweise die Relevanz des Stimulus für die Aufgabe, spielt in die P300-Amplitudenhöhe hinein (Nieuwenhuis, Aston-Jones, & Cohen, 2005a). Weiters wird die Menge an Aufmerksamkeitsressourcen, die man für den Stimulus bereitstellt, in der Amplitude berücksichtigt (Duncan-Johnson & Donchin, 1977; Overbeek, Nieuwenhuis, & Ridderinkhof, 2005).

Erwartung Es besteht die Annahme, dass die Erwartung gegenüber den Handlungskonsequenzen einen Einfluss auf die P300 hat (Hajcak et al., 2005; Hajcak et al., 2007). Bei Hajcak et al. (2005) wurden die Erwartungen gegenüber dem Gewinn einmal für jedes Ereignis einzeln und einmal über einen ganzen Block variiert. Die Aufgabe war, eine von vier Türen zu wählen. Den Probanden wurde die Anzahl der Türen, die Gewinn enthalten, mitgeteilt (1, 2 oder 3 von 4 Türen). Sie erhielten dementsprechend Feedback (25% negatives Feedback bei einem 3-Türen-Durchgang, 50% bei einem 2-Türen-Durchgang und 75% bei einem 1-Tür-Durchgang). Die P300 zeigte bei unerwarteten Ergebnissen größere P300-Amplituden als in der neutralen 50%-Bedingung und als bei erwarteten Ereignissen. Auch bei neutralen Ereignissen war die P300 größer als bei erwarteten. In einem zweiten Experiment wurde positives Feedback über drei verschiedene Blöcke variiert (insgesamt 25%, 50% oder 75% positives Feedback). Hier zeigte sich ein P300-Zusammenhang mit der Erwartung, mit größeren Amplituden für unerwartet positives Feedback.

Geldhöhe und Valenz Im Design von Yeung & Sanfey (2004) zeigte sich die P300 sensibel auf die Höhe der Belohnung, sowie auf den Belohnungswert der nicht gewählten Alternative. Die Probanden bekamen die Aufgabe, aus zwei Karten eine auszuwählen. Anschließend wurde ihnen Geldgewinn oder -verlust der gewählten und der alternativen Karte präsentiert. Die Karten wurden mit vier verschiedenen Farben präsentiert. Je zwei Farben waren mit höheren Geldbeträgen, und je zwei mit niedrigeren Geldbeträgen assoziiert. Der genaue Geldbetrag, ebenso ob dieser positiv (Gewinn) oder negativ (Verlust) war, konnte nicht vorhergesagt (antizipiert) werden. Die Ergebnisse zeigten, dass die P300-Amplitude mit der Geldhöhe variierte, mit höheren Amplituden für größere Geldbeträge. Ebenso stieg die Amplitude der P300 in ihrer Höhe mit dem Ergebnis der Alternative, sie variierte jedoch nicht mit der Valenz. Bei Ito, Larsen, Smith, & Cacioppo (1998) hingegen kodierte die P300 die Valenz der Stimuli. Sie untersuchten den Zusammenhang der P300 mit affektiv konnotierten Bildern (positiv/negativ). Auf negativ assoziierte Bilder folgte eine höhere P300. Dies scheint nach Yeung & Sanfey (2004) jedoch nur der Fall zu sein, wenn die Valenz der Stimuli eine hoch-affektive Beurteilung verlangt. Bei einfachen, konkreten Belohnungswerten und monetärem Gewinn bzw. Verlust wird diese affektive Beurteilung nicht verlangt. Hajcak et al. (2005) hingegen konnten in einem Glücksspiel eine Amplitudenvariation der P300 mit der Valenz feststellen, und zwar mit einer höheren Amplitude für positives Feedback. Auch Wu & Zhou (2009) berichten von einer P300-Variation mit der Valenz des Feedbacks, wenn zuvor eine Erwartung aufgebaut wurde. Sie setzen den Valenzeffekt mit der Erwartung in Zusammenhang und nehmen an, dass die P300 auf die Interaktion von Valenz und Erwartungen sensibel reagiert und der Valenzeffekt reduziert wird, wenn er den Erwartungen widerspricht.

Involviertheit und Aufmerksamkeit Bei Yeung, Holroyd, & Cohen (2005) zeigte sich in der P300-Amplitude ein Einfluss der subjektiven Beteiligung der Probanden in die Aufgabe. Ebenfalls in einem Gambling-Paradigma mussten die Probanden aktiv eine Wahl zwischen zwei Karten treffen. In einem weiteren Experiment mussten sie aktiv einen Knopf drücken, um ein Roulette-ähnliches Rad zum Drehen zu bringen. In einer wiederum anderen Versuchs-

anordnung begann sich das Rad von selbst zu drehen. Die P300-Amplitude war am größten in der Entscheidungsaufgabe. Sie korrelierte zusätzlich mit subjektiven Angaben über die Involviertheit in die Aufgabe. Dies deutet darauf hin, dass die Beteiligung an der Aufgabe in Zusammenhang mit einer P300-Amplitudenmodulation steht.

P300 und FRN Die P300 wird generell als von der FRN getrennter und unabhängiger Verarbeitungsprozess gesehen (Falkenstein et al., 2000). Bei Yeung & Sanfey (2004) beispielsweise variierte die FRN mit der Valenz, nicht jedoch mit der Geldhöhe. Die P300 hingegen variierte genau umgekehrt mit der Geldhöhe, nicht jedoch der Valenz. Laut Dehaene et al. (1994) tritt eine P300 nur nach unerwartetem, externem Feedback und nicht nach interner Fehlerverarbeitung (ERN) auf. Für die Autoren zeigt sich hier die Überraschung der Probanden, dass die vorhergehende Handlung inkorrekt war. Nach Wu & Zhou (2009) ist die P300 im Gegensatz zur FRN ein Korrelat einer späten, von höheren, kognitiven Aufmerksamkeitsprozessen gesteuerten Evaluation des Reizes. Für die Evaluation und die kontrollierte Bereitstellung von Aufmerksamkeitsressourcen („top-down-Aufmerksamkeitsprozess“; Birbaumer & Schmidt, 2006) spielen Faktoren wie Belohnungsalenz, Belohnungshöhe und Gewinnerwartungen eine Rolle (Wu & Zhou, 2009).

Die P300 wurde vielfach in Bezug auf Ergebnisevaluation untersucht. Die genaue Funktion in der Belohnungsverarbeitung ist noch nicht geklärt. Aspekte wie Valenz oder Erwartung, die einen Einfluss auf die P300-Amplitude nehmen, werden immer noch kontrovers diskutiert.

2. Antisoziale Persönlichkeit und Psychopathie

2.1. Einleitung

In den letzten Jahren wurde dem Zusammenhang von antisozialen Verhalten und neuropsychologischen Funktionen vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt (Morgan & Lilienfeld, 2000). Unter antisozialen Verhalten werden meist die klinische Diagnose *Antisoziale Persönlichkeitsstörung*, psychopathische Persönlichkeitszüge oder kriminelles bzw. gesetzloses Verhalten zusammengefasst (Morgan & Lilienfeld, 2000). Syndrome antisozialen Verhaltens sind durch chronisch verantwortungsloses Verhalten, Missachten der Rechte anderer, eine schlechte Verhaltenskontrolle und eine Unfähigkeit zur sozialen Anpassung gekennzeichnet (Morgan & Lilienfeld, 2000). Die psychopathische Persönlichkeit oder Psychopathie ist eine Konstellation von Persönlichkeitsmerkmalen, die folgende Merkmale umfasst: fehlende Reue oder Aufrichtigkeit, Unehrllichkeit, Egozentrismus und abgeschwächte affektive Reaktionen (Cleckley, 1941). Zusätzlich besteht die Annahme, dass Psychopathie durch Lerndefizite gekennzeichnet ist und Psychopathen zu schlechtem, passivem Vermeidungslernen neigen (Lykken, 1957).

2.2. Antisoziale Persönlichkeit und Psychopathie

2.2.1. Dissoziale oder antisoziale Persönlichkeitsstörung

Die dissoziale (oder antisoziale; DSM-IV-TR; Saß, Wittchen, Zaudig, & Houben, 2003) Persönlichkeit ist, der internationalen Klassifikation psychischer Störungen zufolge, durch eine auffällige Diskrepanz zwischen dem eigenen Verhalten und bestehenden sozialen Normen und Regeln gekennzeichnet (ICD-10; F60.2; Dilling, Mombour, & Schmidt, 1991). Sie ist durch folgende Punkte charakterisiert (vollständig übernommen aus Dilling et al., 1991, S. 214-215):

1. Dickfelliges Unbeteiligtsein gegenüber den Gefühlen anderer und Mangel an Empathie.
2. Deutliche und andauernde Verantwortungslosigkeit und Mißachtung sozialer Normen, Regeln und Verpflichtungen.
3. Unvermögen zur Beibehaltung längerfristiger Beziehungen.
4. Sehr geringe Frustrationstoleranz und niedrige Schwelle für aggressives, auch gewalttätiges Verhalten.
5. Unfähigkeit zum Erleben von Schuldbewußtsein und zum Lernen aus Erfahrung, besonders aus Bestrafung.
6. Neigung, andere zu beschuldigen oder vordergründige Rationalisierung für das eigene Verhalten anzubieten, durch das die Person in einen Konflikt mit der Gesellschaft gerät.
7. Andauernde Reizbarkeit.

Dazugehörige Begriffe:

- soziopathische Persönlichkeit(störung)
- asoziale Persönlichkeit(störung)
- antisoziale Persönlichkeit(störung)
- psychopathische Persönlichkeit(störung)

Ausschluß:

- Störungen des Sozialverhaltens (F91.x)
- emotionale instabile Persönlichkeit(störung) (F60.3)

2.2.2. Charakteristik der Psychopathie

Psychopathische Persönlichkeitsmerkmale zeichnen sich nach Cleckley (1941) durch interpersonelle und emotionale Eigenheiten und ungehemmtes, antisoziales und inkonsistentes Verhalten aus. In der zwischenmenschlichen Interaktion kommt es verstärkt zu Egozentrismus, Lieblosigkeit und oberflächlichem Charme. Emotionale Auffälligkeiten sind Affektarmut, fehlende Nervosität und

fehlende Übernahme von Verantwortung. Es wird keine Motivation für Anstrengungen, die mit angemessenem Sozialverhalten in Verbindung stehen, aufgebracht (Cleckley, 1941). Zusätzlich besteht die Annahme, dass Psychopathie durch Lerndefizite gekennzeichnet ist und Psychopathen zu schlechtem, passivem Vermeidungslernen neigen (Lykken, 1957).

2.2.3. Ein- und Zwei-Faktoren-Modell der Psychopathie

Von Lykken (1957) stammt das ursprünglich auf einem Faktor basierende Konzept der Psychopathie, die „low-fear-Hypothese“. Bei Psychopathen zeigte sich, erhoben über physiologische Messungen, bei verhaltensabhängiger Bestrafung eine verminderte Hautleitwertmodulation. Diese ging mit einer fehlenden Verhaltenshemmung einher (Lykken, 1957). Der Autor führte impulsives und belohnungsdominantes Verhalten auf eine fehlende Angstkonditionierung zurück. Diese zeigte sich über die verminderte Hautleitwertmodulation. Die Folge einer fehlenden Angstkonditionierung wäre die fehlende Hemmung von Verhalten, das bestraft werden könnte (Lykken, 1957).

Neben dieser verminderten Hautleitwertmodulation konnte jedoch bei Psychopathen unter Bestrafungsbedingungen keine verringerte Herzratenvariation beobachtet werden (Lykken, 1957). Diese Beobachtung führte daher weiter zum dualen Prozessmodell der Psychopathie (Fowles & Dindo, 2009).

BIS und BAS Das auf zwei Faktoren aufbauende Konzept der Psychopathie hat zwei verhaltensüberwachende Systeme zur Grundlage (Fowles, 1980):

Einerseits das „Behavioral Activation System“ (BAS) (basierend auf Gray, 1981), welches dazu führt, zielgerichtetes Verhalten zu aktivieren um Belohnungsstimuli zu erhalten oder auch bevorstehende Bestrafung zu vermeiden. Andererseits das „Behavioral Inhibition System“ (BIS), welches zur Hemmung von Verhalten auf Bestrafungsstimuli führt.

Die Herzratenmodulation zeigt unter Belohnungsbedingungen eine Aktivierung des BAS an (Fowles & Dindo, 2009). Motivatoren, wie beispielsweise monetäre Anreize, nehmen Einfluss auf die Herzratenmodulation (Fowles, 1988). Das belohnungsbasierte BAS wird mit positivem Affekt in Zusammenhang ge-

bracht. Es ist bei Psychopathen durchschnittlich bis besonders stark ausgeprägt. Auch bei hoher individueller Impulsivität wurde eine erhöhte BAS- und eine verminderte BIS-Aktivität festgestellt (Fowles & Dindo, 2009). Auf eine schwache BIS-Aktivität deutet eine verminderte Hautleitwertmodulation hin (Fowles, 1980). Dieser führt zu einer schlechten Hemmung von Risikoverhalten bei unangenehmen, aversiven Stimuli. Das bestrafungsbasierte BIS wird auch mit negativem Affekt und Angst assoziiert (Fowles, 1980).

Psychopathy Checklist - Revised (PCL-R) Ein im englischsprachigen Raum allgemein anerkanntes Instrument zur Erhebung von Psychopathie ist die „Psychopathy Checklist-Revised“ (PCL-R; Hare, 2003). Sie kommt bei forensischen Stichproben zum Einsatz. Die Diagnostik beruht auf einem halbstrukturierten Fremdbeurteilungsverfahren und inkludiert außerdem ein Aktenstudium. Es haben sich faktorenanalytisch Itemgruppen identifizieren lassen, die zwei Faktoren der Psychopathie ergeben. Die zwei Faktoren korrelieren moderat ($r=.5$) miteinander (Fowles & Dindo, 2009). Faktor 1 wird als *emotionale Distanziertheit* beschrieben und stellt die Kerncharakteristiken der primären Psychopathie dar. Faktor 2, ein *impulsiver, antisozialer Lebensstil*, wird als sekundäre Psychopathie bezeichnet. Er korreliert hoch mit chronisch antisozialem Verhalten und Drogenmissbrauch. Folgende Beschreibung der Faktoren stammt von Lykken (1995, S.126) und wurde von der Autorin frei übersetzt:

Faktor 1: *Emotionale Distanziertheit*, beschreibt affektive und interpersonelle Persönlichkeitsmerkmale der primären Psychopathie

1. Gewandtheit; oberflächlicher Charme
2. hoher Selbstwert
3. pathologisches Lügen
4. manipulatives Verhalten
5. Mangel an Reue oder Schuldgefühlen
6. flacher Affekt
7. fehlende Empathie, Gefühlslosigkeit

8. fehlende Übernahme von Verantwortung für eigene Handlungen

Faktor 2: *Impulsiver, antisozialer Lebensstil*, ist stark mit antisozialem Verhalten assoziiert.

1. Verlangen nach Stimulation/Neigung zur Langeweile
2. „parasitärer“ Lebensstil
3. schwache Verhaltenskontrolle
4. frühe Verhaltensprobleme
5. fehlende realistische Langzeitziele
6. Impulsivität
7. Verantwortungslosigkeit
8. jugendliche Straffälligkeit
9. Rückfälligkeit oder Aufhebung der bedingten (Straf-)Freilassung

Das Zwei-Faktoren-Modell Allgemein wird das Zwei-Faktoren-Modell der Psychopathie durch die Literatur gestützt. Eine Beziehung zwischen dem Konzept der primären und sekundären Psychopathie (Hare, 2003) und dem Konzept der verhaltensüberwachenden Systeme BIS und BAS (Fowles, 1980) scheint plausibel. Wallace, Malterer, & Newman (2009) korrelierten Punktwerte aus der PCL-R und den BIS/BAS-Skalen^a (Carver & White, 1994) bei Straftätern. Sie stellten bei primären Psychopathen eine geringere BIS-Aktivität und bei sekundären Psychopathen eine hohe BAS-Aktivität fest. Diese Ergebnisse können auch Newman, MacCoon, Vaughn, & Sadeh (2005) stützen. Bei primären Psychopathen (Inhaftierten) zeigte sich ein normales BAS und ein schwaches BIS, wohingegen sich bei sekundären Psychopathen ein starkes BAS zeigte.

Patrick, Bradley, & Lang (1993) konnten einen Zusammenhang zwischen dem PCL-R-Faktor 1 und dem Schreckreflex feststellen. Primäre Psychopathen re-

^aBei den BIS/BAS-Skalen handelt es sich um einen Fragebogen zur Erhebung von Verhalten in Bezug auf positive und negative (aversive) Stimuli (Carver & White, 1994).

agierten auf affektiv negative Bilder mit einer verminderten Schreckreflexamplitude. Sie zeigten jedoch eine normale Schreckreflexreaktion auf positive Bilder.

Patrick, Cuthbert, & Lang (1994) konnten einen Zusammenhang zwischen sekundären Psychopathen und präfrontaler, kognitiver Verarbeitung feststellen. Ihr Design verlangte die Imagination von Bildern. Sie erhoben dabei peripher-physiologische Daten wie Herzrate und Hautleitwert. Häftlinge mit hohen Werten im Faktor 2 zeigten im Vergleich zu nicht Inhaftierten eine geringere Modulation der Herzrate sowie des Hautleitwerts. Auch Morgan & Lilienfeld (2000) konnten in einer Metaanalyse über Tests, welche spezifisch exekutive Funktionen erheben, Defizite bei Personen mit antisozialem Verhalten feststellen. Als exekutive Funktionen werden kognitive Prozesse bezeichnet, die zielgerichtetes und zukunftsorientiertes Verhalten ermöglichen. Dazu zählen Fähigkeiten wie Planung, Organisation, selektive Aufmerksamkeit oder Verhaltenshemmung. Exekutive Funktionen werden primär dem frontalen Kortex zugeordnet (Morgan & Lilienfeld, 2000).

Die Unterscheidung in zwei Faktoren wird auch durch Ergebnisse gestützt, die auf Erhebungen von Verhaltens- und Persönlichkeitsmerkmalen basieren.

Wilkowski & Robinson (2008) konnten Unterschiede zwischen den zwei Faktoren in den Reaktionszeiten feststellen. Sie korrelierten Reaktionszeiten von Studenten, die auf einem der zwei Faktoren hohe Punktwerte erreichten. Studenten mit hohen Punktwerten im zweiten Faktor zeigten ein Defizit in der Verarbeitung von Fehlern. Sie antworteten einem Fehler folgend langsamer als Personen mit niedrigen Punktwerten im zweiten Faktor. Studenten mit hohen Punktwerten im ersten Faktor zeigten hier hingegen kein Defizit. Eine mögliche Erklärung wäre, dass sekundäre Psychopathen ihr Verhalten schlechter anpassen können, da sie eine schlechte kognitive Kontrolle aufweisen und impulsiv handeln (Wilkowski & Robinson, 2008).

Nach Fowles & Dindo (2009) liegt bei primärer Psychopathie eine negative Korrelation mit Angst, Depression und vorsichtigem Verhalten vor. Sie korreliert weiter positiv mit zielorientiertem Verhalten, sozialer Dominanz, physikalischem Risikoverhalten und Egozentrismus. Laut den Autoren zeigen sich primäre Psychopathen außerdem unbeeindruckt von Angst und den Bedürfnissen anderer. Es bestehe bei ihnen auch ein stark belohnungssuchendes Verhalten

und eine hohe Zielmotivation (Fowles & Dindo, 2009). Sekundäre Psychopathie hingegen korreliert positiv mit impulsivem, ungehemmtem, antisozialem Verhalten sowie Wut, Aggression, Angst und Depression. Es besteht weiters eine negative Korrelation mit zielorientiertem Verhalten. Sekundärer Psychopathie liegt nach Fowles & Dindo (2009) Impulsivität sowie eine fehlende Verhaltenshemmung zugrunde, welche zu chronisch antisozialem Verhalten führt.

2.2.4. Deutschsprachige Inventare zur Erhebung von Persönlichkeitsmerkmalen der Psychopathie

PSSI Das „Persönlichkeits-Stil- und Störungsinventar“ (Kuhl & Kazén, 1997) ist ein „Selbstbeurteilungsinstrument, das die relative Ausprägung von Persönlichkeitsstilen quantifiziert“ (Kuhl & Kazén, 1997, S. 6) und zwar als nicht klinische Ausprägungen der im DSM-IV (Saß et al., 2003) und ICD-10 (Dilling et al., 1991) beschriebenen Persönlichkeitsstörungen. Folgend ist die Kurzbeschreibung des *selbstbestimmten Stils und der antisozialen Persönlichkeit* aus dem PSSI-Manual wiedergegeben (Kuhl & Kazén, 1997, S. 15):

Selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit (301.70): Hauptmerkmale des mit dieser Skala erfaßten Stils sind selbstbestimmtes bzw. (in der pathologischen Übersteigerung) rücksichtsloses Durchsetzen eigener Ziele und selbstsicheres (bzw. verletzendes und erniedrigendes) Verhalten gegenüber anderen. Die antisoziale Störung ist durch verantwortungsloses, rücksichtsloses und unsoziales Verhalten sowie durch fehlende Schuldgefühle bei Normverletzungen charakterisiert. Die Betroffenen sind nicht in der Lage vorausschauend zu planen. Sie können sich den rechtlichen Normen der Gesellschaft nicht anpassen.

Die Beschreibung der im PSSI erhobenen Skala *selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit* differenziert nicht zwischen den in der Literatur angenommenen zwei Faktoren.

PPI-R Im deutschsprachigen Raum gibt es weiter zur Erhebung von antisozialem und psychopathischem Verhalten die deutsche Übersetzung des „Psy-

chopathic Personality Inventories - Revised“ (PPI-R, Lilienfeld & Widows, 2005, deutsche Übersetzung von Alpers & Eisenbarth, 2008). Es ist ein Selbstbeurteilungsfragebogen für nicht forensische Stichproben. Es erfasst folgende zwei Faktoren, die sich aus den beschriebenen Skalen zusammensetzen:

Fearless Dominance wird gebildet durch

- *Stressimmunität*
- *Sozialer Einfluss*
- *Furchtlosigkeit*

Antisocial Impulsivity wird gebildet durch

- *Schuldexternalisierung*
- *Rebellische Risikofreude*
- *Machiavellistischer Egoismus*
- *Sorglose Planlosigkeit*

Zusätzlich wird noch die Skala *Kalthertzigkeit* erhoben, die jedoch faktorenanalytisch keiner der beiden Faktoren zugeordnet werden kann.

2.3. Antisoziale Persönlichkeit und neuronale Fehlerverarbeitung

Als neurokognitives Korrelat der Psychopathie sind abnormale Aktivitäten in limbischen Regionen, wie beispielsweise in der Amygdala, im präfrontalen Kortex oder auch im ACC (siehe z. B. Müller et al., 2003; oder Kiehl et al., 2001) speziell bei emotionalen, affektiven Stimuli und aversiver Konditionierung (Birbaumer et al., 2005) zu finden. Weiters wurden besonders im Hinblick auf affektive Information bei Psychopathen und antisozialen Persönlichkeiten Defizite in der Fehlerverarbeitung festgestellt.

Affektive Stimuli und ERN Munro et al. (2007) nehmen an, dass emotional und sozial zu verarbeitende Information bei Psychopathie in der Fehlerverarbeitung zu einer atypischen Reaktion führt. Ein Vergleich von gewalttätigen Psychopathen mit einer nicht gewalttätigen Kontrollgruppe zeigte, in einer Flankeraufgabe, bei Gewalttätern geringere ERN-Amplituden bei sozialen Stimuli. Bei den Stimuli handelte es sich um Gesichter, die positive und negative Emotionen zum Ausdruck brachten (lachendes Gesicht oder verärgertes Gesicht). Im Gegensatz dazu waren in einer ähnlichen Flankeraufgabe die ERN-Amplituden in beiden Gruppen vergleichbar, wenn als Stimuli Buchstaben verwendet wurden. Dies deutet darauf hin, dass von gewalttätigen Psychopathen soziale Informationen schlechter verarbeitet werden.

2.3.1. Persönlichkeitsvariablen

Sozialisation Santesso, Segalowitz, & Schmidt (2005) haben elektrophysiologische Daten von 10-Jährigen während der Durchführung einer Flankeraufgabe mit den Punktwerten des Junior Eysenck Personality Questionnaire (JEPQ, Corulla, 1990) korreliert. Der JEPQ (Corulla, 1990) erhebt folgende Dimensionen: Extraversion, Neurotizismus, Psychotizismus, und enthält weiters eine Lügenskala. Bei 10-Jährigen war die ERN-Amplitude bei antisozialen Eigenschaftstendenzen und geringen sozialen Fähigkeiten reduziert. Es zeigte sich, dass die ERN mit hohen Werten im Psychotizismus und mit niedrigen Werten in der Lügenskala korrelierte. Hohe Werte in der Psychotizismusskala reflektierten Agression, Apathie, divergentes Denken und antisoziale Tendenzen, wohingegen niedrige Werte Empathie und Vorsicht reflektierten. Auf der Lügenskala deuteten hohe Punktwerte auf soziale Erwünschtheit, niedrige Werte hingegen auf schwache Sozialisation hin (Corulla, 1990). Die ERN dürfte somit zumindest bei 10-jährigen in Zusammenhang mit antisozialem Verhalten und geringer Sozialisation stehen. Dikman & Allen (2000) erhoben die ERN bei Studenten. Hier wiesen unter der Bedingung Strafe zu vermeiden gering sozialisierte Personen eine geringere ERN auf. Hall, Bernat, & Patrick (2007) berichteten von einer verminderten ERN-Amplitude bei Studenten mit höheren Punktwerten in Externalisierung. Externalisierung wurde hier als eine enthemmte Persönlichkeit mit

Problemen der Impulskontrolle beschrieben.

Chang, Davies, & Gavin (2010) konnten hingegen keinen Zusammenhang zwischen der ERN und antisozialer Persönlichkeitscharakteristik entdecken. Sie erhoben mehrere psychologische Konstrukte (Angst, Hyperaktivität, Depression und antisoziale Persönlichkeit) und konnten nur eine Korrelation zwischen Angst und der ERN-Amplitude feststellen. Stärkere Angstwerte gingen mit einer höheren ERN-Amplituden einher.

Impulsivität Impulsivität ist ein weiteres Symptom, das oft mit antisozialen Eigenschaften in Verbindung gebracht wird (Fowles & Dindo, 2009). Es gibt einige Studien, die einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß an Impulsivität und der Fehlerverarbeitung erheben konnten. Ruchsov, Spitzer, Grön, Grothe, & Kiefer (2005) konnten beispielsweise eine Korrelation zwischen Impulsivität und ERN feststellen. Sie teilten ihre Probanden aufgrund deren Antwortverhalten in eine hoch-impulsive und eine gering-impulsive Gruppe ein. Die ERN-Amplitude variierte mit dem Ausmaß an Impulsivität. Hohe Impulsivität ging mit einer geringeren ERN-Amplitude einher. Auch bei Potts, George, Martin, & Barratt (2006a) variierte die ERN-Amplitude in Zusammenhang mit Selbstberichten über Impulsivität. Eine stärkere Ausprägung an Impulsivität ging bei ihnen mit einer verringerten ERN-Amplitude einher.

Im Gegensatz hierzu zeigte sich bei Boksem, Tops, Wester, Meijman, & Lorist (2006) bei gehemmten Personen, die hohe Punktwerte im BIS aufwiesen, eine größere ERN-Amplitude. Die BIS-Aktivität deutet auf die Ausprägung der Verhaltenshemmung auf Bestrafungsstimuli und damit auf die Bestrafungssensitivität hin (Boksem et al., 2006). Bei Psychopathen wird eine verminderte BIS-Aktivität angenommen (Fowles & Dindo, 2009).

2.3.2. Psychopathie und FRN

Studien zur FRN und Psychopathie oder antisozialem Verhalten sind in der Literatur nicht häufig zu finden. Von Borries et al. (2010) gaben ein Lern-Gambling-Paradigma vor. Die Probanden mussten in verschiedenen Blöcken eine Tastenzuordnung zu sechs verschiedenen Stimuli erlernen. Die Wahrscheinlichkeiten,

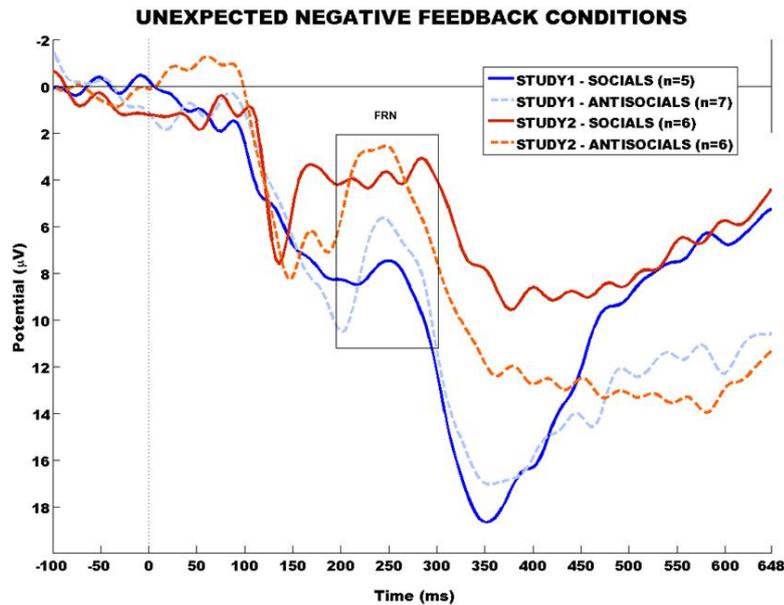


Abbildung 2.1.: Die Grafik zeigt im Vergleich die FRN-Amplituden aus zwei Studien (soziale und numerische Stimuli) für soziale und antisoziale Studenten für unerwartet negatives Feedback. In blau (Studie 1) sieht man den Vergleich der FRN bei numerischem Feedback. In rot (Studie 2) sieht man die FRN-Amplituden bei Feedback durch emotionale Gesichter (übernommen aus: Pfabigan et al., 2009). Für die Beschreibung des Designs siehe Lauftext.

mit denen die Stimuli pro Taste verstärkt wurden, variierten zwischen den Stimuli (50, 80 oder 100%). Die Kombinationen der Stimuli mit den Verstärkerwahrscheinlichkeiten veränderten sich pro Block. Die Probanden mussten diese Kombinationen in jedem Block neu erlernen. Es zeigte sich in den Ergebnissen bei gewalttätigen Psychopathen im Vergleich zur Kontrollgruppe eine geringere ERN-Amplitude. In der FRN-Amplitude zeigten sich hingegen keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Bei Psychopathen zeigte sich weiter in den Verhaltensdaten eine schlechtere Treffer­sicherheit in der 100%-Bedingung. Die Autoren nehmen daher an, dass Psychopathen ein Defizit in der Fähigkeit Regeln zu erlernen und zu generalisieren aufweisen. Aufgrund der Unterschiede zwischen den Gruppen, die in der ERN-Amplitude, nicht jedoch in der FRN-Amplitude, zu finden waren, schlossen die Autoren darauf, dass negatives Feedback auf

neuronaler Ebene angemessen verarbeitet wird. Allerdings werde es nicht angemessen herangezogen, um Verhalten weiterhin anzupassen.

Eine weitere Studie zur FRN und antisozialen Persönlichkeitsmerkmalen stammt von Pfabigan, Alexopoulos, Sailer, & Bauer (2009). Die Autoren haben in zwei verschiedenen Studien Studenten ebenfalls ein Lern-Gambling-Paradigma mit monetärem Anreiz vorgegeben. Die Probanden wurden anhand von Punktwerten in der Skala *selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit* des PSSI (Kuhl & Kazén, 1997) in niedrige und hohe Punktwerte im antisozialen Verhalten eingeteilt. In der ersten Studie wurde den Probanden positives oder negatives Feedback über numerische Stimuli gegeben. Eine grüne 15 zeigte an, dass die Probanden 15 €-Cent gewonnen hatten, eine rote 15 zeigte an, dass die Probanden 15 €-Cent verloren hatten. In der zweiten Studie zeigten Fotos mit Gesichtern mit emotionalem Ausdruck (lachendes oder verärgertes Gesicht) positives oder negatives Feedback an, und damit Gewinn oder Verlust. In der visuellen Inspektion der Daten zeigten sich bei numerischer Präsentation des Feedbacks höhere FRN-Amplituden bei antisozialen Personen als bei Personen mit niedrigen Punktwerten im antisozialen Verhalten. Siehe hierzu auch Abbildung 2.1. Im statistischen Vergleich zeigten sich höhere FRN-Amplituden bei negativem Feedback. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass numerisch-monetäre Anreize für Personen mit starker Ausprägung in antisozialen Verhalten motivierend wirken könnten. Als motivationale Komponente könnten diese Anreize weiter einen Einfluss auf die EKPs der Fehlerverarbeitung nehmen.

Es wurde im Zusammenhang mit der antisozialen Persönlichkeit vermehrt Augenmerk auf die ERN und auf emotionale Stimuli gelegt. Bei Studien, die die FRN erhoben und nicht auf soziale oder emotionale Stimuli fokussierten, ergänzen sich die Ergebnisse nicht eindeutig. Bei von Borries et al. (2010) konnte keine FRN-Amplitudenvariation bei Psychopathen festgestellt werden. Bei Pfabigan et al. (2009) ließ sich jedoch bei numerischer Feedbackpräsentation ein Unterschied zwischen den Stichproben erkennen. Die zwei Studiendesigns unterschieden sich durch eine anfängliche Lernphase mit anschließender Belohnungsmanipulation bei Pfabigan et al. (2009), und die in Blöcken neu zu erlernenden Kontingenzen bei von Borries et al. (2010). Auch die Stichproben der zwei Studien unterschieden sich deutlich. Bei von Borries et al. (2010) wurden in-

haftierte Psychopathen über ein Fremdbeurteilungsverfahren kategorisiert. Pfabigan et al. (2009) erhoben das Ausmaß der Antisozialität bei Studenten über einen Selbstbeurteilungsfragebogen. Die zwei Faktoren der Psychopathie wurden in keiner der beiden Studien speziell erhoben.

3. Hypothesen

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die Variation neuronaler Komponenten der Feedbackverarbeitung in einem Gambling-Paradigma zu untersuchen. Das vorgegebene Design ermöglicht es, Valenz und Erwartung von Feedback zu manipulieren. Mögliche Amplitudenvariationen, die damit in Zusammenhang stehen, werden über EEG erhoben. Die neuronale Feedbackverarbeitung wird über die Amplituden der ereigniskorrelierten Komponenten FRN und P300 erhoben. Die Variation der FRN-Amplitude wird mit antisozialen Verhalten und Psychopathie in Beziehung gesetzt. Um antisoziale Persönlichkeitsmerkmale und Ausprägungen in den Faktoren der Psychopathie zu erfassen werden Fragebögen vorgegeben. Es wurde bewusst ein nicht-sozialer Kontext gewählt um den Zusammenhang zwischen Fehlerverarbeitung von externem Feedback mit monetärem Anreiz und der Ausprägung antisozialen Verhaltens zu überprüfen. Ein möglicher Zusammenhang mit der Feedbackverarbeitung soll innerhalb der durchschnittlichen Persönlichkeitsvariation erhoben werden.

Die Stichprobe besteht aus gesunden und sozial integrierten Studenten. Zur Erhebung der Ausprägungen der Persönlichkeitseigenschaft *Antisozialität* und *Psychopathie* wird das PSSI (Kuhl & Kazén, 1997) und das PPI-R (Lilienfeld & Widows, 2005; Alpers & Eisenbarth, 2008) vorgegeben. Durch die Faktorausprägungen im PPI-R wird ein Vergleich zwischen dem Ein- und dem Zweifaktoren-Modell der Psychopathie gezogen. Die Probanden werden leistungsbezogen entlohnt, da Motivation und affektive Beurteilung der Situation in die Komponenten der neuronalen Fehlerverarbeitung einbezogen werden (Gehring & Willoughby, 2002; Luu et al., 2000).

Hypothesen Basierend auf vorhergehend genannter Erkenntnisse und Annahmen sollen in vorliegender Arbeit folgende Hypothesen überprüft werden:

1. Die FRN variiert mit der Valenz des Feedbacks: Negative Ereignisse er-

3. Hypothesen

zeugen eine höhere FRN, positive Ereignisse erzeugen eine geringere FRN (Miltner et al., 1997).

2. Die FRN variiert mit der Erwartung gegenüber dem Feedback: Unerwartete Ereignisse erzeugen eine höhere FRN (Holroyd et al., 2003).
3. Antisoziale Persönlichkeitseigenschaften stehen in Zusammenhang mit der FRN: Personen mit stärker ausgeprägten antisozialen Persönlichkeitseigenschaften zeigen eine höhere FRN bei unerwartet negativem Feedback (Pfabigan et al., 2009).
4. Die P300 variiert mit der subjektiven Erwartung: Unerwartete Ereignisse erzeugen eine größere P300 (Wu & Zhou, 2009).

Teil II.

Methodik

4. Methodik

4.1. Methoden

4.1.1. Versuchspersonen

Insgesamt nahmen 30 Probanden an der Studie teil. Fünf Probanden schieden aus der statistischen Analyse aus, da nach dem fünften Probanden die Verstärkerraten im Aufgabendesign geändert wurden. Ein weiterer Proband wurde wegen auffälligem Antwortverhalten aus der statistischen Analyse ausgeschlossen, und einer wegen starken Rauschens in den EEG-Daten. Bei allen Probanden wurde die Händigkeit über das „Edinburgh Handedness Inventory“ erhoben (Oldfield, 1971). Es nahmen nur Rechtshänder teil. Alle Probanden waren Studenten und wiesen einen Matura- oder höheren Abschluss auf. Sie hatten eine normale oder korrigierte Sehstärke, keine neurologischen Krankheiten und wiesen keine psychiatrische Vergangenheit auf. Vor der Datenerhebung wurde das schriftliche Einverständnis aller Probanden erhoben. Die Probanden erhielten leistungsbezogen zwischen 10-20€ am Ende des Experiments. Die Daten von 23 Probanden wurden in die statistische Analyse mit einbezogen. (Durchschnittsalter 22.84 Jahre (Standardabweichung [SA]: 3.00); davon 14 weibliche Teilnehmerinnen). Die Testungen fanden am Brain-Research-Lab der Fakultät für Psychologie der Universität Wien statt.

4.1.2. Design und Durchführung

Die Probanden wurden nach der EEG-Hauben-Applikation und der PHD-Koordinaten-Vermessung der Elektrodenhaube („photogrammetric head digitizer“; Bauer et al., 2000) in einen Untersuchungsraum gesetzt. Sie saßen bequem ca. 70cm vor einem 19-Zoll-CRT-Monitor in einem schallgedämpften Raum. Die Tastatur und die benötigten Tasten befanden sich vor ihnen am Tisch. Den Pro-

	Training			Erwartung	Aufgabe	
	Ratio	Anzahl	Valenz		Ratio	Anzahl
Stimulus A	100%	20	positiv	+	80%	200
	0%		negativ	-	20%	50
Stimulus B	50%	10	positiv	/	50%	50
	50%	10	negativ	/	50%	50
Stimulus C	0%		positiv	-	20%	50
	100%	20	negativ	+	80%	200

Tabelle 4.1.: Die Tabelle zeigt Verstärkerraten (Ratio), Stimulusanzahl und Valenz des Feedbacks für Übungsdurchgang und Spiel und die Erwartung gegenüber dem Gewinn bzw. dem Verlust („+“= erwartet, „-“= unerwartet, „/“= keine Erwartungshaltung) im Spiel.

banden wurde eine kurze Einführung in das EEG gegeben, und sie wurden darauf hingewiesen, motorische Aktivitäten möglichst zu unterlassen.

Die Stimuluspräsentation und Synchronisation mit den EEG-Daten wurde über E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh, PA) durchgeführt. Für die spätere Augenkorrektur wurden vertikale und horizontale Augenbewegungen vor dem eigentlichen Experiment aufgezeichnet (Bauer & Lauber, 1979; Instruktion für vertikale Augenbewegungen: „Folgen sie dem roten Punkt der von oben nach unten hüpf nur mit den Augen, ohne den Kopf zu bewegen!“ . Instruktion für horizontale Augenbewegungen: „Folgen Sie dem roten Punkt von links nach rechts nur mit den Augen, ohne den Kopf zu bewegen!“).

In Abbildung 4.1 ist ein schematischer Ablauf eines Durchgangs für das spätere Spiel zu sehen.

Das Experiment startete mit der Instruktion und dem Übungsteil der Aufgabe (Instruktion im Appendix). Dies sollte die Probanden einerseits mit der Aufgabenstellung vertraut machen, andererseits sollten sie hier die Tastenzuordnung zu den jeweiligen Stimuli erlernen. Jeder Durchgang startete mit einem Fixationskreuz, auf das einer von drei Stimuli folgte (Stern, Kreis oder Dreieck, Größe: 2.5cm; siehe Abbildungen im Appendix). Anschließend erschien ein Fra-

gezeichnet, das so lange am Bildschirm blieb, bis der Proband die Taste **1** oder **2** drückte, längstens jedoch 2000ms. 400ms nach dem Tastendruck erschien als Feedback entweder das Wort „RICHTIG“ in grün oder das Wort „FALSCH“ in rot. Durch das Feedback sollten die Probanden die richtige Tastenzuordnung für jeden der drei Stimuli erlernen. Die drei Stimuli wurden unterschiedlich verstärkt: Stimulus **A** erhielt bei Wahl von Taste **1** zu 100% positive Verstärkung („RICHTIG“), Stimulus **B** erhielt bei Wahl von Taste **2** zu 50% positive Verstärkung („RICHTIG“) und zu 50% negative Verstärkung („FALSCH“). Stimulus **C** erhielt bei keiner der Tasten positive Verstärkung, sondern immer negative Verstärkung („FALSCH“).

In den 60 Übungsdurchgängen wurde jeder der drei Stimuli 20 mal randomisiert gezeigt. Anschließend an die Übungsaufgaben gaben die Probanden eine subjektive Einschätzung ab, wie oft sie bei jedem Stimulus richtig oder falsch lagen.

Es folgte die weitere Instruktion, in der die Probanden aufgefordert wurden, im nachfolgenden Spiel die gelernte Tastenzuordnung anzuwenden (siehe Instruktion im Appendix). Die Probanden erhielten ein Startkapital von 20€. In den folgenden Spieldurchgängen wurden vom Startkapital für jede falsche Antwort 50€-Cent abgezogen. Für jede richtige Antwort gewannen die Versuchsteilnehmer 50€-Cent dazu. Es änderten sich die Feedback-Stimuli im Vergleich zu den Übungsdurchgängen: Das Feedback wurde als rote Zahl „50“ für eine falsche Antwort und als grüne „50“ für eine richtige Antwort angezeigt.

Die Verstärkerraten in den Spieldurchgängen wurden im Vergleich zu den Übungsdurchgängen (ohne Wissen der Probanden) manipuliert (siehe hierzu Tabelle 4.1). Statt 100% wurde Stimulus **A** auf Taste **1** nun zu 80% positiv verstärkt. Zu 20% bekamen die Probanden die rote „50“ als Rückmeldung und somit unerwartet negatives Feedback. Stimulus **B** blieb bei 50% Verstärkerrate auf Taste **2** unverändert. Stimulus **C** wurde zu 20% unerwartet positiv und zu 80% negativ verstärkt. Die Probanden erhielten, entgegen den zuvor in den Übungsdurchgängen aufgebauten Erwartungen, unerwartet positives oder unerwartet negatives Feedback.

Die Stimuli wurden in den insgesamt 600 Spieldurchgängen randomisiert dargeboten. Nach jeweils 50 Durchgängen wurde den Probanden ihr aktueller Ge-

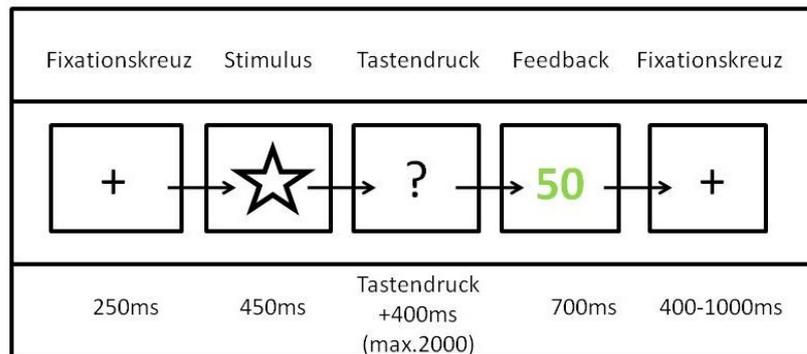


Abbildung 4.1.: Schematischer Ablauf eines Spieldurchgangs mit positivem Feedback und Dauer der einzelnen Stimuli.

winn präsentiert. Zu diesem Zeitpunkt konnten die Probanden eine Pause einlegen, deren Länge sie selbst bestimmen konnten. Stimulus **A** und **C** wurden 250 mal präsentiert, Stimulus **B** 100 mal. Die Zuordnung der drei Stimuli (Stern, Kreis oder Dreieck) zu den Verstärkerraten **A**, **B** oder **C** variierte zufällig zwischen den Probanden.

Am Ende des Experiments gaben die Probanden erneut die subjektiv wahrgenommenen Verstärkerraten an.

Nach dem Experiment und der Entfernung der EEG-Haube wurden den Probanden vier Fragebögen vorgegeben. Anschließend erhielten sie leistungsbezogen zwischen 10 und 20€. Das gesamte Experiment mit Haubenapplikation, PHD-Vermessung (Bauer et al., 2000) und Ausfüllen der Fragebögen dauerte ca. 120min.

Exkurs In der ursprünglichen Designvariante waren in den Spieldurchgängen 75%-Verstärkerraten für Stimulus **A** und **C** vorgesehen und jeder Stimulus wurde 200 Mal präsentiert. Die ersten fünf Vortestungen zeigten, dass die Probanden die Tastenzuordnung schlecht erlernten, daher wurde die Verstärkerrate auf 80% erhöht und die Anzahl der Stimuli angepasst, damit sich die Trialanzahl insgesamt nicht erhöhte. In der Tabelle 4.2 sind die ursprünglich geplanten Verstärkerraten ersichtlich.

	Training		Valenz	Erwartung	Aufgabe	
	Ratio	Anzahl			Ratio	Anzahl
Stimulus A	100%	20	positiv	+	75%	150
	0%		negativ	-	25%	50
Stimulus B	50%	10	positiv	/	50%	100
	50%	10	negativ	/	50%	100
Stimulus C	0%		positiv	-	25%	50
	100%	20	negativ	+	75%	150

Tabelle 4.2.: Die Tabelle zeigt die ursprünglich geplanten Verstärkerraten (Ratio), Stimulusanzahl und Valenz für Übungs- und Spieldurchgang und für den Spieldurchgang die Erwartung gegenüber dem Gewinn bzw. dem Verlust („+“ = erwartet, „-“ = unerwartet, „/“ = keine Erwartungshaltung).

Begründung des Designs Es wird unerwartet positives und unerwartet negatives Feedback gegeben, um die Hypothese zu testen, ob die FRN und die P300 auf Feedbackerwartungen sowie auf Feedbackvalenz reagieren. Die Probanden lernen eine Tastenzuordnung, um eine subjektive Erwartung gegenüber dem Stimulus-Tasten-Zusammenhang aufzubauen. Die Rückmeldungen an die Probanden werden anschließend manipuliert, um Situationen entstehen zu lassen, in denen Gewinn erwartet wird, jedoch ein Verlust präsentiert wird bzw. ein Verlust erwartet wird und ein Gewinn präsentiert wird. Um einen Vergleich zwischen „Erwartungsaufbau“ und „kein Erwartungsaufbau“ ziehen zu können, wird eine Bedingung eingebaut in der es keine Manipulation der Erwartung zwischen Übungsdurchgängen und Spiel gibt. Diese Kontrollbedingung wird herangezogen um EKP-Variationen bei unerwartet positiven und unerwartet negativen Bedingungen feststellen zu können.

Die numerischen Feedbackstimuli wurden bewusst aufgrund des Fokus auf antisoziale Persönlichkeitsvariablen gewählt. Emotionale bzw. soziale Stimuli könnten bei antisozialen Personen Defizite in der Fehlerverarbeitung hervorgerufen (Munro et al., 2007). Das Interesse dieses Designs bestand in der Operationa-

lisierung der neuronalen Feedbackverarbeitung bei unterschiedlichen Ausprägungen antisozialen Verhaltens in einem nicht-sozialen Kontext mit monetärem Anreiz.

4.1.3. Fragebögen

Die Fragebögen wurden im EEG-Vorbereitungszimmer, dem Vorraum zum Untersuchungsraum, ausgefüllt. Die Reihenfolge der Fragebogenvorgabe variierte zufällig zwischen den Probanden.

Persönlichkeitsstil- und Störungsinventar (PSSI)

Das PSSI (Kuhl & Kazén, 1997) erhebt die Ausprägung von 14 Persönlichkeitsstilen. Es muss den Aussagen auf einer Skala von 0-3 zugestimmt werden (0=„trifft gar nicht zu“ bis 3=„trifft ausgesprochen zu“). Den Probanden wurden die Skalen *Selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit* sowie *Altruistischer Stil und selbstlose Persönlichkeitsstörung* mit je 10 Items vorgegeben.

Selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit erhebt verantwortungsloses, unsoziales Verhalten und rücksichtsloses Durchsetzen eigener Ziele, sowie fehlende Schuldgefühle (Beispielitem: „*Meine Bedürfnisse lebe ich aus, auch wenn andere zurückstecken müssen.*“).

Die Skala *Altruistischer Stil und selbstlose Persönlichkeitsstörung* erhebt Hilfsbereitschaft, Empathie und soziales Engagement (Beispielitem: „*Ich fühle mich wohl, wenn ich für jemanden sorgen kann*“). Es wird angenommen, dass diese Skala mit der antisozialen Persönlichkeit negativ korreliert.

Psychopathic Personality Inventory (PPI-R)

Das PPI-R (Lilienfeld & Widows, 2005; deutsche Übersetzung von Alpers & Eisenbarth, 2008) erhebt acht Psychopathie-relevante Dimensionen und eine Lügenskala. Der Selbstbeurteilungsfragebogen besteht aus 154 Aussagen, denen auf einer Skala von 1-4 zugestimmt werden muss (1=„falsch“ bis 4=„richtig“). Es werden die zwei Faktoren *fearless-dominance* und *antisocial-impulsivity* erhoben.

Faktor *fearless-dominance* Beispielitems der einzelnen Dimensionen

Sozialer Einfluss

„Wenn ich wirklich will, kann ich die meisten Leute von fast allem überzeugen.“

Furchtlosigkeit

„Gefährliche Aktivitäten wie z. B. Fallschirmspringen machen mir mehr Angst als den meisten Leuten.“

Stressimmunität

„Ich bin leicht aus der Ruhe zu bringen in angespannten Situationen“.

Faktor *antisocial-impulsivity* Beispielitems der einzelnen Dimensionen

Sorglose Planlosigkeit

„Ich handle lieber zuerst und denke später“.

Rebellische Risikofreude

„Ich habe mich immer als eine Art Rebell gefühlt“.

Schuldexternalisierung

„Wenn ich in meinem Leben weniger Pech gehabt hätte, wäre ich erfolgreicher“.

Macchiavellistischer Egoismus

„Ich werde böse, wenn ich spezielle Bevorzugungen nicht bekomme, die ich verdiene“.

Saarbrücker-Persönlichkeitsfragebogen (SPF)

Der SPF (Paulus, 2010), basierend auf dem „Interpersonal Reactivity Index“ (IRI), wird zur Messung von Empathie eingesetzt. Die fehlende Fähigkeit, sich in andere Personen hinein zu versetzen, wird häufig als Symptom der Psychopathie angegeben (Fowles & Dindo, 2009). Der SPF erhebt die vier Dimensionen *Perspektivenübernahme, Fantasie, Empathie* und *Stress*. Auf einer Skala von 1-5 (1=„trifft gar nicht zu“ bis 5=„trifft sehr gut zu“) muss den Aussagen zugestimmt werden.

Perspektivenübernahme misst die Fähigkeit die psychologische Perspektive des Gegenübers einnehmen zu können (Beispielitem: „*Ich versuche, bei einem Streit zuerst beide Seiten zu verstehen, bevor ich eine Entscheidung treffe.*“).

Fantasie erhebt die Fähigkeit, sich in Roman- oder Filmfiguren zu versetzen (Beispielitem: „*Die Gefühle einer Person in einem Roman kann ich mir oft sehr gut vorstellen.*“).

Empathie erfasst die Fähigkeit für Mitleid und Sorge um Andere (Beispielitem: „*Ich empfinde oft warmherzige Gefühle für Leute, denen es weniger gut geht als mir.*“).

Stress erhebt den Umgang mit Gefühlen wie Unruhe oder Unwohlsein in sozialen Situationen (Beispielitem: „*In Notfallsituationen fühle ich mich ängstlich und unbehaglich.*“) (Paulus, 2010).

Der *Empathie*-Wert des SPFs korreliert negativ mit den PPI-R-Dimensionen *Kaltherzigkeit* und *Sorglose Planlosigkeit* und positiv mit der Dimension *Rebellische Risikofreude* (Alpers & Eisenbarth, 2008).

Fragebogen zur Kompetenz- und Kontrollüberzeugung (FKK)

Der FKK (Krampen, 1991) erhebt die vier Skalen *Selbstkonzept eigener Fähigkeiten* (SK-FKK), *Internalität in generalisierten Kontrollüberzeugungen* (I-FKK), *sozial bedingte Externalität* (P-FKK, „powerful others“) und *fatalistische Externalität* (C-FKK, „chance control“). 32 Aussagen muss auf einer visuellen Skala zugestimmt werden (---=„sehr falsch“ bis +++=„sehr richtig“).

Die Skala *Selbstkonzept eigener Fähigkeiten* erfasst Selbstvertrauen und Selbstsicherheit (Beispielitem: „*Für die Lösung von Problemen fallen mir immer viele Möglichkeiten ein.*“).

Die Skala *Internalität in generalisierten Kontrollüberzeugungen* erfasst die Einstellung gegenüber dem Zusammenhang von eigenen Handlungen und Zielerreichung (Beispielitem: „*Ich kann sehr viel von dem, was in meinem Leben passiert, selbst bestimmen.*“).

Die Skala *sozial bedingte Externalität* erfasst die Abhängigkeit von anderen (Beispielitem: „*Ich habe das Gefühl, das vieles von dem, was in meinem Leben passiert, von anderen Menschen abhängt.*“).

Die Skala *fatalistische Externalität* erfasst den Glauben an Schicksal, Glück und

Zufall (Beispielitem: „*Vieles von dem, was in meinem Leben passiert, hängt vom Zufall ab.*“).

Die Skala *sozial bedingte Externalität* wurde zur Erhebung der sozialen Orientierung herangezogen.

4.1.4. Technische Daten, psychophysiologische Datenerhebung, Datenreduktion und Analyse

EEG-Aufzeichnung

Die 64-Kanal AC-EEG-Daten wurden über Ag/AgCl-Elektroden in einer elastischen Elektrodenkappe aufgezeichnet (EASYCAP GmbH; Model M10, Herrsching, Germany). Die Elektroden waren äquidistant positioniert, nach einer Erweiterung des 10-20 Systems (Jasper, 1958). Es wurden 61 Skalpelektroden (frontopolar, frontal, zentral, temporal, parietal und okzipital) positioniert, zwei Referenzelektroden (eine am sternalen Ende der rechten Clavicula, eine am Vertebra Prominens), eine Masselektrode an der Stirn und eine Elektrode, um das Elektrokardiogramm (EKG) aufzuzeichnen. Rechts und links der Augen an den äußeren Lidwinkel, sowie ca. einen cm über und unter dem linken Auge wurden vier Elektroden platziert um das Elektrokulogramm (EOG) aufzuzeichnen. Diese Daten wurden benutzt, um Artefakte der Augenbewegungen offline zu korrigieren. Um die Skalp-Elektroden-Impedanzen $< 2k\Omega$ zu garantieren, wurde die Kopfhaut der Probanden bei der Haubenapplikation vorsichtig mit einer sterilen Einweg-Nadel angekratzt (Picton et al., 2000). Anschließend wurde jede Elektrode mit evakuiertem Elektrodengel befüllt (Electrode-Cap international, Inc., Eaton, OH). Die Elektrodenimpedanzen wurden über ein Impedanzmeter gemessen. Alle Signale wurden im Frequenzbereich von 0,1-125 Hz aufgezeichnet und bei einer Samplingrate von 250 Hz digital gespeichert.

EEG-Datenanalyse

Vor der Datenanalyse wurden vertikale und horizontale Augenbewegungen, die in anderen Skalpelektroden als Artefakte erschienen, von den Daten abgezogen. Die Subjekt- und Kanalspezifischen Gewichtungskoeffizienten wurden als

Verhältnis der Kovarianz zwischen jedem EEG-Kanal und dem EOG mit der Varianz des EOGs berechnet (Bauer & Lauber, 1979). Die gewichteten EOG-Signale wurden sukzessive vom EEG subtrahiert. Über eine Template-Matching-Prozedur wurden weiters Blink-Koeffizienten berechnet und offline auf „Trial-by-Trial-Basis“ von jedem EEG-Kanal abgezogen (Lamm, Fischmeister, & Bauer, 2005). Die folgende Offline-Analyse wurde über EEGLAB 6.0.3b (Delorme & Makeig, 2004) in Matlab 7.5.0 (The MathWorks, Inc., Natick, MA) durchgeführt. Die EEG-Daten wurden ab einer Frequenz von 30 Hz (roll-off 6 dB/octave) tiefpass-gefiltert um hochfrequentes Rauschen aus den Daten zu filtern. Jeder Durchgang wurde ab 200ms vor und 700ms nach der Feedbackpräsentation epochiert. Die 200ms vor dem Feedback wurden als Baseline herangezogen. Die folgenden sechs Bedingungen wurden pro Person in je einen Datensatz aufgeteilt:

- erwartet positives Feedback: Stimulus **A**
- erwartet negatives Feedback: Stimulus **C**
- unerwartet positives Feedback: Stimulus **C**
- unerwartet negatives Feedback: Stimulus **A**
- Kontrollbedingung: positives Feedback: Stimulus **B**
- Kontrollbedingung: negatives Feedback: Stimulus **B**

Durch visuelle Inspektion der Daten wurden Durchgänge mit starken Artefakten entfernt. EOG und EKG Kanäle wurden entfernt und die Kanalbezeichnungen dem Datensatz hinzugefügt. Aufgrund geringer Datenqualität wurden bei einem Probanden die Werte eines EEG-Kanals interpoliert. Eine „Independent-Component-Analyse“ (ICA) wurde pro Probandendatensatz durchgeführt (Bell & Sejnowski, 1995; Lee, Girolami, & Sejnowski, 1999). Die 61 errechneten Komponenten wurden visuell inspiziert. Signalverzerrende Komponenten wie Augenbewegungen oder EKG-Aktivität wurden über die topografische Verteilung und den erklärten Varianzanteil identifiziert und entfernt (Delorme, Sejnowski, & Makeig, 2007). Pro Person wurden zwischen null und drei Komponenten entfernt. Zur Artefaktkorrektur der restlichen Durchgänge wurden zwei Algorithmen herangezogen (Grenzwerte: Amplitudenspannung von +/- 75µV, linearer

Drift mit einer maximalen Steigung über $50\mu\text{V}$). Die gekennzeichneten Durchgänge wurden zusätzlich visuell überprüft. Die noch verbleibenden Durchgänge wurden Baseline-korrigiert indem die Baseline vom gesamten Zeitintervall erneut abgezogen wurde. Grand-Averages wurden pro Proband pro Bedingung erstellt.

ERP-Datenanalyse

Pro Proband wurde jede der sechs gemittelten Bedingungen visuell inspiziert und die relevanten Amplitudenspitzen mit dem Programm BRL peak finder 0.1b in EEGLAB markiert. Markiert wurden an den Elektroden FCz und Cz jeweils die Amplitudenmaxima der P200, der FRN sowie der P300. An der Elektrode Pz wurde die P300 markiert. Zuerst wurden die drei Amplitudenmaxima über die base-to-peak-Analyse markiert (Picton et al., 2000). Die P200 wurde definiert als positivste Amplitude im Zeitfenster von 140-240ms nach Feedbackpräsentation. Die FRN wurde als negativste Amplitude im Zeitfenster von 170-380ms nach Feedbackpräsentation definiert. Die P300 wurde als positivste Amplitude im Zeitfenster von 240-600ms nach Feedbackpräsentation definiert. Amplituden und Latenzen wurden für die weitere statistische Analyse gespeichert.

Für die weitere Analyse wurde die FRN-Amplitude nach der peak-to-peak-to-peak-Methode berechnet (Yeung & Sanfey, 2004). Die base-to-peak-Amplitude der FRN wurde herangezogen und von der Durchschnittsspannung der P200 und der P300 abgezogen (siehe nachstehende Formel). So werden eventuelle Variationen der vorhergehenden und nachfolgenden Amplituden berücksichtigt (Picton et al., 2000). Fand sich in dem Zeitfenster der FRN keine negative Spitze wurde der errechnete Differenzwert auf Null gesetzt.

$$FRN_{(peak-to-peak-to-peak)} = \frac{P200 + P300}{2} - FRN_{(base-to-peak)}$$

Die visuelle Inspektion der Grand-Averages zeigte die größten FRN-Amplituden an der Elektrode FCz, weshalb die Daten dieser Elektrode in die weitere statistische Analyse einbezogen wurden. Die visuelle Inspektion zeigte erwartungsgemäß die größten P300-Amplituden an der Elektrode Pz. Sie wurde für weitere Analysen der P300 herangezogen.

Amplitudenlatenzen wurden ab der Feedbackpräsentation bis zum Maximum der Amplitude berechnet.

Statistische Datenanalyse

Weitere statistische Analysen wurden mit PASW Statistics 18 (SPSS, Inc.) durchgeführt. Die Probanden wurden aufgrund der Ergebnisse der PSSI-Skala *Selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit*, dem PPI-R-Gesamtwert und den Faktoren *Fearless Dominance* und *Antisocial Impulsivity* des PPI-R mittels eines Mediansplits in zwei Gruppen (sozial, antisozial) geteilt. Die Gruppen sowie die FRN- bzw. P300-Amplituden wurden jeweils einer $3 \times 2 \times 2$ Varianzanalyse mit Meßwiederholung (mixed-design-ANOVA) mit den zwei Innersubjekt-Faktoren ERWARTUNG (erwartetes Feedback, unerwartetes Feedback, Kontrollbedingung) und VALENZ (positiv, negativ) und dem Zwischensubjekt-Faktor Antisozialität durch die Mediansplits (sozial, antisozial) unterworfen. Die Durchschnittslatenzen von jedem Probanden wurden einer 3×2 ANOVA mit den Faktoren ERWARTUNG (erwartetes Feedback, unerwartetes Feedback, Kontrollbedingung) und VALENZ (positiv, negativ) unterworfen. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < .05$ für alle Tests gesetzt. Bei Verletzung der Sphärizität wurde die Greenhouse-Geisser-Korrektur herangezogen. Zur Überprüfung der Richtung signifikanter Haupteffekte wurden einfache Kontraste berechnet. Signifikante Interaktionen wurden mit Tukey's HSD *post-hoc* Test überprüft. Als Effektgröße wird das partielle Eta-Quadrat (η_p^2) angegeben. 0.05 repräsentiert nach Cohen (1973) einen kleinen, 0.1 einen mittleren und 0.2 einen großen Effekt.

4.2. Ergebnisse

4.2.1. Verhaltensdaten

Gewinn und Selbsteinschätzung Tabelle 4.3 zeigt in Prozent positives Feedback, das die Probanden tatsächlich erhalten haben, sowie die subjektive Einschätzung der Probanden bezüglich positivem Feedback pro Stimulus. Die Probanden erzielten einen durchschnittlichen Gewinn von - 11€. Dieser variierte zwischen 19 und - 81€. Wie man in Tabelle 4.3 sieht, konnten die Probanden die

	positives Feedback		subjektive Einschätzung	
	Übung	Spiel	Übung	Spiel
Stimulus A	85.87	74.59	77.87	78.35
Stimulus B	30.87	35.43	35.26	37.22
Stimulus C	0	19.59	12.35	14.30

Tabelle 4.3.: Die Tabelle zeigt in % tatsächlich erhaltenes positives Feedback und die subjektive Einschätzung der Probanden in der Übungsphase und im Spiel.

Verstärkerhäufigkeiten relativ gut einschätzen. In der Übungsphase wurden die Verstärkerraten von Stimulus C und von Stimulus B leicht überschätzt. Die Verstärkerraten von Stimulus A wurden leicht unterschätzt. In den Spieldurchgängen wurde Stimulus C leicht unterschätzt.

4.2.2. Fragebögen

In Tabelle 4.4 sind die Mittelwerte und die Spannweiten der Fragebögen und Subskalen angegeben. Personen mit Punktwerten, die genau auf dem Median lagen, wurden der antisozialen Gruppe zugeteilt. In Tabelle 4.5 sind die Mittelwerte pro Gruppe pro Fragebogen zu sehen.

Die in Tabelle 4.4 angeführten Skalen und Subskalen der Fragebögen wurden über bivariate Korrelationen miteinander in Beziehung gesetzt. Die statistische Analyse ergab folgende signifikante Korrelationen:

Der Wert der PSSI-Skala *Selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit* (PSSI-antisozial) korrelierte positiv mit dem PPI-R-Gesamtwert ($r=.529$), dem Faktor *fearless-dominance* ($r=.614$) und negativ mit dem Gesamtwert des SPF ($r=-.424$), der Empathieskala des SPF ($r=-.519$) und der Stressskala des SPF ($r=-.467$).

Die PSSI-Skala *Altruistischer Stil und selbstlose Persönlichkeitsstörung* (PSSI-altruistisch) korrelierte positiv mit dem FKK-C („fatalistische Externalität“) ($r=.442$).

Der PPI-R-Gesamtwert korrelierte weiter negativ mit der Empathieskala des SPF ($r=-.518$).

	MW (SA)	Range (min-max)	Median
PSSI-antisozial	50.48 (6.10)	26 (37-63)	50
PSSI-altruistisch	52.17 (9.75)	35 (34-69)	
PPI-R	54.70 (13.29)	50 (30-80)	56
fearless dominance (PPI-R)	103.35 (15.87)	56 (76-123)	103
antisocial impulsivity (PPI-R)	157.22 (19.94)	84 (122-206)	158
Fantasie (SPF)	13.52 (1.97)	8 (9-17)	
Empathie (SPF)	15.00 (2.94)	11 (9-20)	
Perspektivenübernahme (SPF)	15.39 (2.46)	8 (12-20)	
Personal Distress (SPF)	11.26 (2.85)	10 (6-16)	
SK (FKK)	43.61 (5.43)	20 (35-55)	
I (FKK)	51.57 (9.83)	35 (35-70)	
P (FKK)	49.35 (8.68)	28 (34-62)	
C (FKK)	46.00 (9.52)	34 (30-64)	

Tabelle 4.4.: Die Tabelle zeigt Mittelwert (mit Standardabweichung) und Spannweite (Range; kleinster Wert - größter Wert) der Fragebögen. PSSI, PPI-R und FKK-Werte sind in T-Werten angegeben, SPF und die Faktoren des PPI-R in Rohwerten. Für PSSI-antisozial, PPI-R, fearless dominance und antisocial impulsivity ist der Median angegeben.

	sozial	antisozial
	MW (SA)	MW (SA)
PSSI-antisozial	45.40 (3.86)	54.38 (4.39)
PPI-R	34.91 (7.27)	64.58 (9.05)
fearless dominance (PPI-R)	90.00 (8.98)	115.58 (9.44)
antisocial impulsivity (PPI-R)	141.64 (12.08)	171.5 (14.04)

Tabelle 4.5.: Die Tabelle zeigt die Mittelwerte (und Standardabweichungen) pro Gruppe pro Fragebogen.

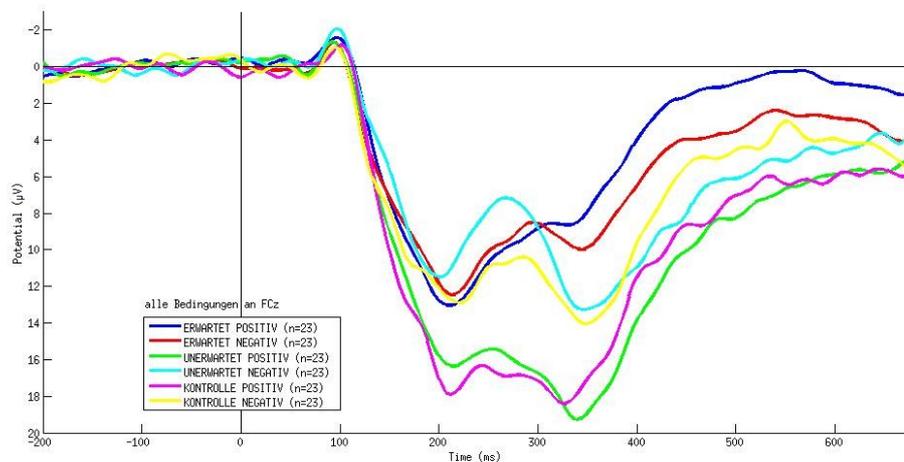


Abbildung 4.2.: Amplitudenverläufe aller Bedingungen an der Elektrode FCz. Feedback wurde ab Zeitpunkt 0 präsentiert. Die Legende zeigt die farbliche Kodierung der Bedingungen.

Der Faktor *fearless-dominance* korrelierte positiv mit dem Faktor *antisocial-impulsivity* ($r=.764$) und negativ mit der Empathieskala ($r=-.445$) sowie der Stressskala des SPF ($r=-.546$).

Der Faktor *antisocial-impulsivity* korrelierte weiter negativ mit der Empathieskala des SPF ($r=-.421$).

4.2.3. ERP-Daten

Die Mittelung der ERP-Daten über alle Probanden aller sechs Bedingungen (*erwartet-positiv*, *erwartet-negativ*, *unerwartet-positiv*, *unerwartet-negativ*, *Kontrolle positiv* und *Kontrolle negativ*) ergab die in Abbildung 4.2 abgebildeten EEG-Amplitudenverläufe an FCz. Es ist zu erkennen, dass sich die FRN-Amplituden über die Bedingungen unterscheiden. Unerwartet negatives Feedback und die negative Kontrollbedingung zeigten besonders ausgeprägte FRN-Amplituden.

Latenzen-FRN Die Latenzen der FRN-Amplituden lagen zwischen 172 und 360ms nach Beginn der Feedbackpräsentation. Eine 3×2 ANOVA mit Meßwiederholung mit den Faktoren ERWARTUNG und VALENZ zeigte keine signifikanten Effekte für die Latenzen der FRN zwischen den Bedingungen.

	FRN		P300	
	Wert	SA	Wert	SA
<i>erwartet-positiv</i>	4.00	3.52	11.17	4.80
<i>erwartet-negativ</i>	5.94	3.25	13.08	6.50
<i>unerwartet-positiv</i>	5.52	5.09	21.86	8.37
<i>unerwartet-negativ</i>	9.25	4.90	16.29	7.10
<i>Kontrolle-positiv</i>	5.87	4.55	12.48	9.51
<i>Kontrolle-negativ</i>	7.47	5.06	15.33	8.11

Tabelle 4.6.: Die Tabelle zeigt die mittleren Amplituden (Wert) und Standardabweichungen (SA) pro Bedingung für die FRN (FCz) und die P300 (Pz).

Latenzen-P300 Die Latenzen der P300-Amplituden lagen zwischen 248 und 588ms nach Beginn der Feedbackpräsentation. Eine 3×2 ANOVA mit Meßwiederholung mit den Faktoren ERWARTUNG und VALENZ zeigte keine signifikanten Effekte für die Latenzen der P300 zwischen den Bedingungen.

FRN-Analyse und Zwischensubjektfaktoren

Das Balkendiagramm in Abbildung 4.3 zeigt die durchschnittlichen FRN-Amplituden pro Bedingung. Man erkennt die größte Amplitude für *unerwartet-negativ* und die kleinste Amplitude für *erwartet-positiv*. Der Tabelle 4.6 sind die durchschnittlichen FRN-Amplitudenwerte zu entnehmen. Die 3×2 ANOVA mit Meßwiederholung mit den Faktoren ERWARTUNG und VALENZ für die FRN-Amplituden zeigte einen signifikanten Haupteffekt für ERWARTUNG ($F_{2,22} = 4.46, p=.017, \eta_p^2=.17$) und einen signifikanten Haupteffekt für VALENZ ($F_{1,22} = 16.66, p<.001, \eta_p^2=.43$). Die Wechselwirkung (WW) VALENZ \times ERWARTUNG war nicht signifikant. In der Tabelle 4.7 sind die Amplitudenwerte der Faktorstufen ersichtlich. Negatives Feedback rief höhere FRN-Amplituden als positives Feedback hervor. Weiters unterschied sich die FRN-Amplitude für erwartetes Feedback signifikant von der Kontrollbedingung ($p=.023$) sowie von der unerwarteten Bedingung ($p=.021$). Auf erwartetes Feedback folgten kleinere FRN-

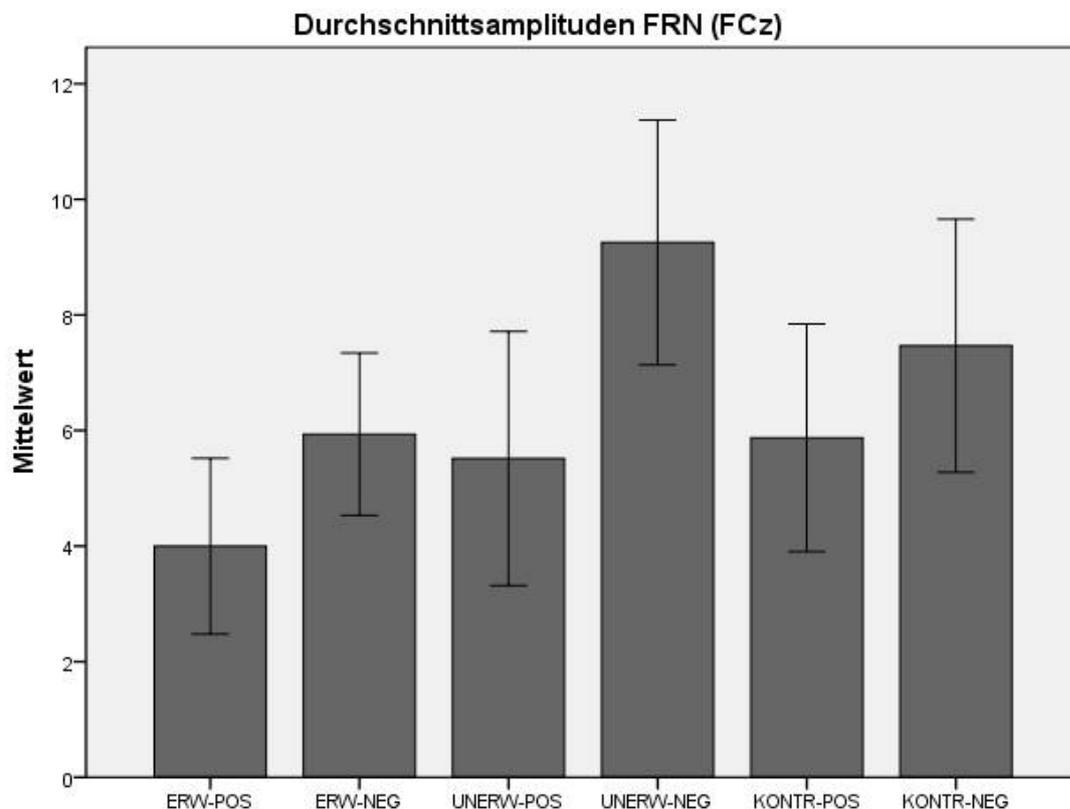


Abbildung 4.3.: Das Balkendiagramm zeigt die durchschnittlichen FRN-Amplituden an FCz pro Bedingung. Die höchsten Amplituden sind für Bedingung unerwartet-negativ und Kontrolle-negativ zu sehen.

Amplituden als auf unerwartetes Feedback oder auf das Feedback der Kontrollbedingung.

Der Tabelle 4.8 sind die Amplitudenwerte pro Bedingung zu entnehmen, geteilt in antisoziale und soziale Gruppen pro Fragebogen.

Zwischensubjektfaktor „Antisozialität“ (PSSI) Die $3 \times 2 \times 2$ mixed-design-ANOVA mit den Faktoren ERWARTUNG und VALENZ und dem Zwischensubjektfaktor ANTISOZIALITÄT (erhoben über die PSSI-Skala *Selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit*) für die FRN-Amplituden zeigte einen signifikanten Haupteffekt für ERWARTUNG ($F_{2,22} = 5.23$, $p = .009$, $\eta_p^2 = .199$) und einen

	FRN	P300
	Amplitude	Amplitude
ERWARTUNG		
erwartet	4.97 (3.12)	12.13 (4.90)
unerwartet	7.39 (4.56)	19.08 (7.43)
Kontrolle	6.67 (3.55)	18.41 (8.06)
VALENZ		
positiv	5.13 (3.36)	18.17 (6.95)
negativ	7.55 (3.31)	14.90 (6.67)

Tabelle 4.7.: Die Tabelle zeigt die mittleren FRN- und P300-Amplituden (Amplitude) (und Standardabweichung) für die Faktorstufen.

signifikanten Haupteffekt VALENZ ($F_{1,22} = 18.05, p < .001, \eta_p^2 = .46$). Weder die WW ERWARTUNG \times VALENZ noch eine WW mit dem Gruppenfaktor oder die dreifache WW waren signifikant.

Zwischensubjektfaktor „Psychopathie“ (PPI-R) Die $3 \times 2 \times 2$ mixed-design ANOVA, mit der Gruppenteilung durch den Medianwert des PPI-R-Gesamtwertes, zeigte einen signifikanten Haupteffekt für ERWARTUNG ($F_{2,22} = 4.24, p = .021, \eta_p^2 = .17$) und einen signifikanten Haupteffekt VALENZ ($F_{1,22} = 16.84, p = .001, \eta_p^2 = .46$). Weder die WW ERWARTUNG \times VALENZ noch eine WW mit dem Gruppenfaktor oder die dreifache WW waren signifikant.

Zwischensubjektfaktor *Fearless Dominance* (PPI-R) Die $3 \times 2 \times 2$ mixed-design ANOVA mit dem Gruppenfaktor *fearless-dominance* des PPI-R zeigte einen signifikanten Haupteffekt ERWARTUNG ($F_{2,22} = 4.24, p = .021, \eta_p^2 = .17$) und einen signifikanten Haupteffekt VALENZ ($F_{1,22} = 16.84, p = .001, \eta_p^2 = .45$). Weder die WW ERWARTUNG \times VALENZ noch eine WW mit dem Gruppenfaktor oder die dreifache WW waren signifikant.

Zwischensubjektfaktor *Antisocial Impulsivity* (PPI-R) Die 3 x 2 x 2 mixed-design-ANOVA mit dem Gruppenfaktor *antisocial-impulsivity* des PPI-R zeigte einen signifikanten Haupteffekt ERWARTUNG ($F_{2,22} = 4.22, p=.021, \eta_p^2 = .17$) und einen signifikanten Haupteffekt VALENZ ($F_{1,22} = 16.29, p=.001, \eta_p^2 = .44$). Weder die WW ERWARTUNG x VALENZ noch eine WW mit dem Gruppenfaktor oder die dreifache WW waren signifikant.

	PSSI		PPI-R		fearless-dominance		antisocial-impulsivity	
	sozial n=10	antisozial n=13	sozial n=11	antisozial n=12	sozial n=11	antisozial n=12	sozial n=11	antisozial n=12
<i>erwartet-positiv</i>	3.50	4.38	5.11	2.98	5.11	2.98	4.89	3.18
<i>erwartet-negativ</i>	6.06	5.84	7.20	4.78	7.20	4.78	6.21	5.69
<i>unerwartet-positiv</i>	6.98	4.39	5.89	5.18	5.89	5.18	4.98	6.01
<i>unerwartet-negativ</i>	10.74	8.11	10.83	7.80	10.83	7.80	10.21	8.38
<i>Kontrolle-positiv</i>	5.80	5.93	6.91	5.93	6.91	4.93	6.20	5.57
<i>Kontrolle-negativ</i>	9.18	6.15	8.85	6.20	8.85	6.20	7.95	7.02

Tabelle 4.8.: Mittlere FRN-Amplituden pro Bedingung für die soziale und antisoziale Gruppe aufgeteilt nach den Fragebögen.

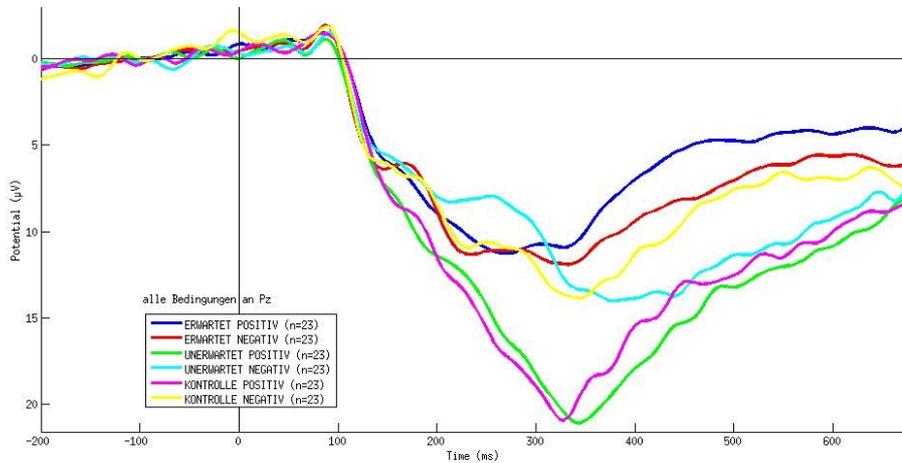


Abbildung 4.4.: Amplitudenverläufe für alle Bedingungen an der Elektrode Pz. Feedback wurde ab Zeitpunkt 0 präsentiert. Die Legende zeigt die farbliche Kodierung der Bedingungen.

P300-Analyse

In der Abbildung 4.4 sind die P300-Amplitudenverläufe an der Elektrode Pz ersichtlich. Im Balkendiagramm in Abbildung 4.5 sind die durchschnittlichen Werte der P300-Amplituden an Pz abgebildet. Tabelle 4.6 gibt die mittleren P300-Amplitudenwerte an. In Abbildung 4.4 ist eine starke Variation der P300-Amplitude zwischen den Bedingungen zu erkennen. In den Bedingungen *unerwartet-positiv* und *Kontrolle-positiv* zeigten sich besonders große Amplituden. In den Bedingungen *erwartet-positiv* und *erwartet-negativ* zeigten sich die kleinsten Amplituden.

Eine 3×2 ANOVA mit Messwiederholung zeigte einen signifikanten Haupteffekt für ERWARTUNG ($F_{2,22} = 38.69, p < .001, \eta_p^2 = .64$) sowie für VALENZ ($F_{1,22} = 13.59, p = .001, \eta_p^2 = .38$). Auch die WW ERWARTUNG \times VALENZ war signifikant ($F_{2,22} = 17.51, p < .001, \eta_p^2 = .44$).

Die Tabelle 4.9 zeigt die Bedingungen, in denen sich die P300-Amplituden in den *Post-hoc*-Tests signifikant unterschieden. Die Bedingungen *unerwartet-positiv* und *Kontrolle-positiv* unterschieden sich nicht voneinander. Auch die Bedingungen *unerwartet-negativ* und *Kontrolle-negativ* zeigten vergleichbare P300-

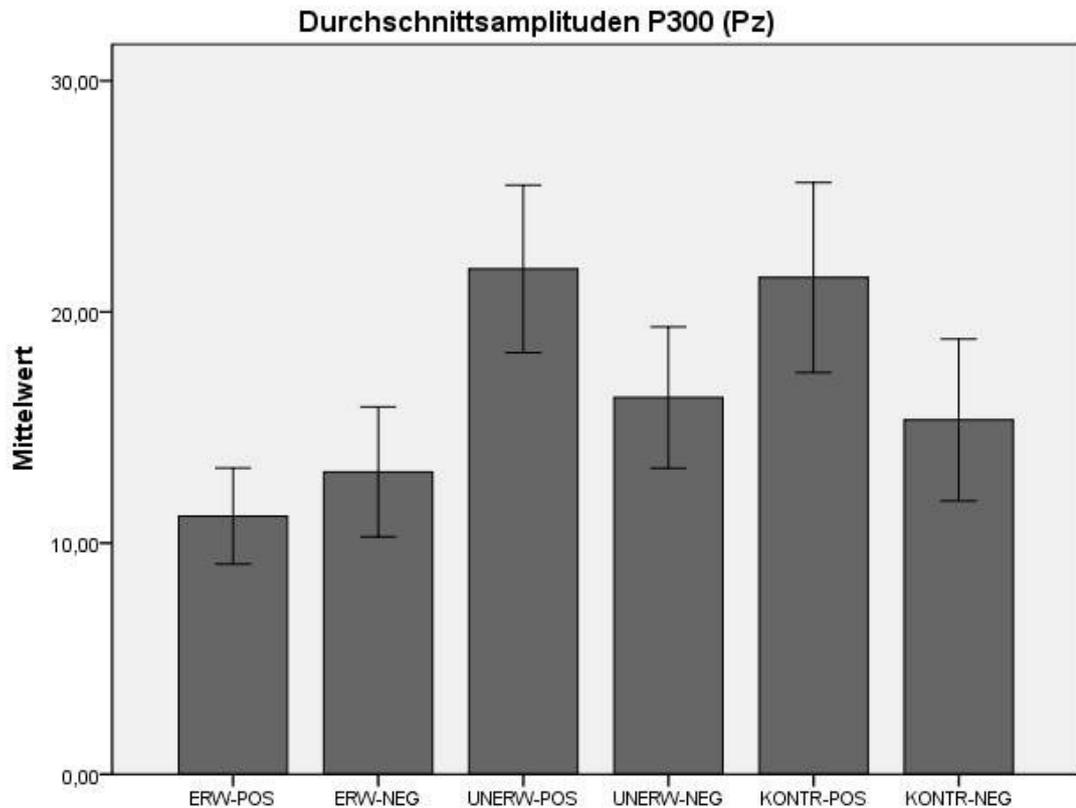


Abbildung 4.5.: Das Balkendiagramm zeigt die durchschnittlichen P300-Amplituden an Pz pro Bedingung. Die höchsten Amplituden sind für die Bedingungen *unerwartet-positiv* und *Kontrolle-positiv* zu erkennen.

Amplituden. Die Bedingungen *unerwartet-positiv* und *Kontrolle-positiv* zeigten ausgeprägtere Amplitudenwerte als die Bedingungen *unerwartet-negativ* und *Kontrolle-negativ*. Die kleinsten Amplitudenwerte zeigten die Bedingungen, in denen das gegebene Feedback erwartet wurde, *positiv* sowie *negativ*.

	<i>erwartet</i>		<i>unerwartet</i>		<i>Kontrolle</i>	
	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>	<i>positiv</i>	<i>negativ</i>
<i>erwartet - positiv</i>	x		<.001	<.001	<.001	=.007
<i>erwartet - negativ</i>		x	<.001		<.001	
<i>unerwartet - positiv</i>	<.001	<.001	x	<.001		<.001
<i>unerwartet - negativ</i>	<.001		<.001	x	<.001	
<i>Kontrolle - positiv</i>	<.001	<.001		<.001	x	<.001
<i>Kontrolle - negativ</i>	=.007		<.001		<.001	x

Tabelle 4.9.: Die Tabelle zeigt die Bedingungen an, in denen sich die P300-Amplituden laut *Post-hoc*-Tests signifikant voneinander unterscheiden. Es sind *p*-Werte angegeben, die das Signifikanzniveau von $p=.05$ unterschreiten.

Teil III.

Diskussion

5. Diskussion

Ziel dieser Diplomarbeit war es, die Variation neuronaler Komponenten der Fehlerverarbeitung in einem Gambling-Paradigma zu untersuchen. Dazu wurden die FRN sowie die P300 im Design untersucht. Basierend auf dem Gambling-Paradigma von Pfabigan et al. (2010a) wurde ein Spieldesign entworfen, das es erlaubt Erwartungen, die gegenüber positivem und negativem Feedback aufgebaut wurden, experimentell zu manipulieren. Die FRN wurde mit antisozialen Verhalten in Beziehung gesetzt. Der Zusammenhang zwischen Fehlerverarbeitung von externem Feedback und der Ausprägung antisozialen Verhaltens wurde dafür in einem nicht-sozialen Kontext mit monetärem Anreiz überprüft.

Die Hypothesen der vorliegenden Arbeit waren, dass die FRN, ein frontales EKP, mit der Valenz des Feedbacks variiert. Es wurde erwartet, dass größeren Amplituden nach negativem Feedback auftreten. Eine weitere Hypothese betraf die Erwartung gegenüber dem Feedback. Es wurde erwartet, dass nach unerwarteten Ereignissen größere FRN-Amplituden auftraten. In Bezug auf antisoziales Verhalten und Psychopathie war die Annahme, dass Probanden mit stärkerer Ausprägung antisozialen Verhaltens größere FRN-Amplituden auf unerwartetes negatives Feedback zeigen würden. Zusätzlich wurde angenommen, dass die P300, ein parietal-zentrales EKP, mit der Erwartung variiert, mit größeren P300-Amplituden für unerwartete Ereignisse.

Design und Verhaltensdaten Durch das Gambling-Paradigma konnte positives und negatives Feedback experimentell manipuliert werden. Die Verhaltensdaten im Spiel zeigen, dass die Probanden die Stimulus-Tasten-Kombination für Stimulus A zu Taste 1 gut gelernt und angewendet haben. Auch in der subjektiven Einschätzung gaben die Probanden an, dass sie für Stimulus A, im Vergleich zu den anderen Stimuli, öfter positives Feedback erhielten. Dies spricht dafür,

dass die Zuordnung gut gelernt und auch subjektiv wahrgenommen wurde.

Die Stimulus-Tasten-Kombination von Stimulus **B** und Taste **2** stellte sich als relativ schwierig heraus. Im Durchschnitt erreichten die Probanden 35% positives Feedback, statt den potentiell möglichen 50%. Die Verstärkerrate von 50% stellte demnach eine hohe Aufgabenschwierigkeit dar und war für die Probanden schwierig zu erlernen. Um es den Probanden zu erleichtern, die Tastenzuordnung in der Übungsphase zu erlernen, ist es für die Zukunft zu empfehlen in den Übungsdurchgängen für schwierige Bedingungen mehrere Übungsstimuli einzubauen. Die Probanden könnten so die Zuordnung besser erlernen. In der vorliegenden Studie ist anzunehmen, dass die Probanden für die 50:50-Bedingung in den Übungsdurchgängen keine angemessene Erwartungshaltung gegenüber dem Feedback aufbauten. Da anzunehmen ist, dass die Versuchsteilnehmer in der Kontrollbedingung keine Erwartung gegenüber dem Feedback aufbauen konnten, wurde diese Bedingung nicht als Kontrollbedingung herangezogen. Eine Erwartungsmanipulation (oder auch keine Erwartungsmanipulation) kann nicht bemerkt werden, wenn keine ausreichende subjektive Erwartung gegenüber dem Feedback aufgebaut wurde. Die sogenannte Kontrollbedingung wurde aus diesem Grund nicht herangezogen um positives und negatives unerwartetes Feedback mit der Kontrollbedingung zu vergleichen. Eine weitere Möglichkeit die Kontrollbedingung als Vergleich von erwartetem und unerwartetem Feedback heranziehen zu können, wäre eine eindeutiger zu erlernende und damit weniger schwierige Verstärkerrate. Pfabigan et al. (2010b) verwendeten in ihrem Design für die Kontrollbedingung beispielsweise eine Verstärkerrate von 75%.

FRN Die Hypothesen der vorliegenden Arbeit in Bezug auf die FRN-Amplitude waren, dass diese mit der Valenz des Feedbacks variieren würde. Es wurden größere Amplituden für negatives Feedback erwartet. In Bezug auf die Erwartung gegenüber dem Feedback wurde angenommen, dass größere FRN-Amplituden nach unerwarteten Ereignissen auftreten. Rein numerisch zeigte sich in den Ergebnissen die größte FRN-Amplitude für unerwartet-negatives Feedback und die kleinste für erwartet-positives Feedback. Eine ANOVA mit den Faktoren ERWARTUNG und VALENZ zeigte signifikante Unterschiede

zwischen positivem und negativem Feedback, mit höheren Amplituden für negatives Feedback. Dies stimmt mit den Hypothesen und den in der Literatur vorhandenen Ergebnissen überein. Auch Miltner et al. (1997) oder Gehring & Willoughby (2002) haben schon einen Zusammenhang der FRN-Amplitude mit der Feedbackvalenz erhoben, mit größeren Amplituden bei negativem Feedback.

Ein weiteres Ergebnis der vorliegenden Studie ist der Unterschied, der sich in der FRN-Amplitude bei Erwartungsmanipulation des Feedbacks zeigte. Signifikant höhere FRN-Amplitudenwerte wurden bei unerwartetem Feedback sowie unter der Kontrollbedingung im Vergleich zu erwartetem Feedback gefunden. Dieser Erwartungseffekt deckt sich mit den Hypothesen und den Ergebnissen anderer Studien (Holroyd et al., 2003; Hajcak et al., 2006; Oliveira et al., 2007; Wu & Zhou, 2009). Die unerwartet-negative Bedingung zeigte in der vorliegenden Studie eine größere FRN-Amplitude als die erwartet-negative Bedingung. Auf einen erwarteten Fehler folgte eine kleinere FRN als auf einen unerwarteten. Dieses Ergebnis lässt sich gut in die Annahmen der RL-Theorie (Holroyd & Coles, 2002) integrieren. Durch die frühe Evaluation des feedbackrelevanten Reizes wird ein Vergleich zwischen aktuellem und erwartetem Ergebnis gezogen. Die FRN ist als Signal für die fehlende Übereinstimmung in diesem Vergleichsprozess zu sehen (Holroyd & Coles, 2002). Wenn negatives Feedback erwartet wird, ist die Übereinstimmung groß. Das Signal der Übereinstimmung, die FRN, fällt daher kleiner aus.

Eine weitere Annahme betrifft neben der Feedbackvalenz auch die Feedbackerwartung, die vermutlich auch in der FRN kodiert wird (Pfabigan et al., 2010a). Die FRN als „Vorhersagefehler“ (Schultz et al., 1997) würde sich demnach nicht nur auf den Fehler an sich beziehen, sondern auch auf die Erwartung, die aufgebaut wurde, einen Fehler zu machen (Wu & Zhou, 2009). Hajcak et al. (2005) konnten im Gegensatz zu den genannten Ergebnissen keinen Einfluss der Erwartung auf die FRN-Amplitude feststellen. Hier ist festzuhalten, dass die Probanden bei Hajcak et al. (2005) keine Stimulus-Zuordnung erlernen. Den Probanden wurde Feedback randomisiert und mit unterschiedlichen Häufigkeiten präsentiert. Eine Handlungs-Ergebnis-Konsistenz konnte so nicht erfahren werden. Dies stellt einen wesentlichen Unterschied zur vorliegenden Studie dar. Dieser Unterschied zwischen den zwei Designs und ihren Ergebnis-

sen spricht für die Bedeutung der, durch eigene Handlungen aufgebauten, subjektiven Erwartungshaltung für die FRN. Hier ist weiter auf die Ergebnisse von Moser & Simons (2009) und Hajcak et al. (2007) hinzuweisen. In beiden Studien wurden die Versuchsteilnehmer vor dem Feedback gefragt, ob sie einen Gewinn oder Verlust erwarteten würden. In beiden Experimenten traten größere FRN-Amplituden auf, wenn das Feedback nicht den vorher genannten Erwartungen entsprach. Diese Ergebnisse, sowie die Ergebnisse der vorliegenden Studie, deuten darauf hin, dass die subjektive Feedbackerwartung einen Einfluss auf die FRN-Amplitudenmodulation hat.

Eine weitere interessante Entdeckung der vorliegenden Arbeit ist, dass die FRN der sogenannten Kontrollbedingung eine signifikant größere Amplitude zeigt als die FRN bei erwartetem Feedback. In der Kontrollbedingung wurde die Verstärkerrate von den Übungs- auf die Spieldurchgänge nicht manipuliert. Das Spieldesign führte so zu keiner Erwartungsmanipulation und keiner Erwartungsverletzung. Es besteht die Annahme, dass es aufgrund der Aufgabenschwierigkeit für die Probanden allerdings schwierig war eine Erwartungshaltung gegenüber dem Stimulus aufzubauen. Die visuelle Inspektion der Daten zeigte außerdem höhere FRN-Amplituden für die negative Kontrollbedingung als für die erwartet-negative Bedingung. Dies deutet darauf hin, dass die Probanden in der Kontrollbedingung nicht nur negatives Feedback erwarteten. Die Erwartungshaltungen, die gegenüber dem Feedback aufgebaut oder auch nicht aufgebaut wurden, könnten auch hier zu den Unterschieden in den FRN-Amplituden geführt haben. Nach Gehring & Willoughby (2002) fließt in die FRN-Amplitude die motivationale Bedeutung des Ergebnisses mit ein. Nach Pfabigan et al. (2010a) beinhaltet vorhersagbares Feedback wenig motivationalen Wert um neue Strategien zu erlernen. Nieuwenhuis et al. (2004) nehmen weiter an, dass die Auffälligkeit (Salienz; Birbaumer & Schmidt, 2006) des Stimulus ebenfalls einen Einfluss auf die FRN-Amplitude hat. Nach Bellebaum, Kobza, Thiele, & Daum (2010) werden Aufmerksamkeitsressourcen relevanten Aufgaben zugewandt, um Kontingenzen in der Umwelt, auch durch Beobachtung (Yeung et al., 2005), zu erkennen, wenn a priori keine Erwartungen aufgebaut werden konnten. Erwartungen für zukünftige Ereignisse könnten so aufgebaut und das Verhalten daran angepasst werden (Holroyd & Coles, 2002; Pfabigan

et al., 2010a). Es besteht die Annahme, dass, im Design der vorliegenden Arbeit, die Koppelung der Handlungen der Probanden mit Geldgewinn zu dem Anreiz geführt haben, die Aufgabe korrekt auszuführen (Gehring & Willoughby, 2002). In der Kontrollbedingung könnte die höhere Aufgabenschwierigkeit weiter zu verstärkter Motivation geführt haben neue Strategien zu erlernen und so den Gewinn zu maximieren (Pfabigan et al., 2010a). Durch die hohe Aufgabenschwierigkeit der Kontrollbedingung war es vermutlich nötig, vermehrt kognitive Ressourcen bereitzustellen, um den Gewinn in dieser Bedingung zu maximieren (Bellebaum et al., 2010). Dem Feedbackreiz der Kontrollbedingung musste mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden, um die Aufgabe korrekt auszuführen (Botvinick et al., 2001; Wu & Zhou, 2009). Dieser Prozess könnte sich in den FRN-Amplituden widerspiegeln. Nach Nieuwenhuis et al. (2004) muss weiters gerade bei hohen Aufgabenschwierigkeiten sowohl negatives als auch positives Feedback für die korrekte Durchführung beachtet werden. Die visuelle Inspektion der Daten zeigte auch eine größere FRN-Amplitude in der positiven Kontrollbedingung als in der erwartet-positiven Bedingung. Dies deutet darauf hin, dass sowohl das negative als auch das positive Feedback des Kontrollreizes stärker beachtet wurde.

Weiters zeigte die visuelle Inspektion der Daten, dass die FRN der negativen Kontrollbedingung größer ist als die FRN der positiven Kontrollbedingung. Dies kann durch den Valenzeffekt erklärt werden (Miltner et al., 1997). Es war visuell auch eine größere FRN-Amplitude in der unerwartet-positiven Bedingung als in der erwartet-positiven Bedingung zu beobachten. Es gibt hierzu auch einige Studien, die bei unerwartet positivem Feedback eine kleine, aber dennoch vorhandene FRN feststellen konnten (Oliveira et al., 2007; Hajcak et al., 2006). Nach Oliveira et al. (2007) manifestiert die FRN eher eine Erwartungsstörungen als die reine Fehlerentdeckung.

Insgesamt kann die FRN als kognitives Korrelat der subjektiven Leistung bei der Evaluation der Handlungsplanung angesehen werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Handlung als relevant und konsistent gegenüber den Konsequenzen angesehen wird. In den Konsequenzen muss weiters ein motivationaler Mehrwert gesehen werden (Balconi & Crivelli, 2010; Luu et al., 2000; Vidal et al., 2000; Bush et al., 2000; Hajcak et al., 2005).

Antisoziales Verhalten Die Hypothese in Bezug auf antisoziales Verhalten und Psychopathie war, dass Probanden mit stärkerer Ausprägung antisozialen Verhaltens größere FRN-Amplituden auf unerwartet negatives Feedback zeigen würden. Es konnten in vorliegender Studie keine signifikanten Effekte in Bezug auf antisoziales Verhalten festgestellt werden. Eine visuelle Inspektion zeigte eine Tendenz zu geringeren FRN-Amplituden für antisoziale Personen (geteilt durch den Median der PSSI-Skala *Selbstbestimmter Stil und antisoziale Persönlichkeit*) in der unerwartet-negativen Bedingung und in der negativen Kontrollbedingung. Auch bei der Teilung durch den Median des Faktors *antisocial-impulsivity* des PPI-R zeigte sich bei antisozialen Personen in der unerwartet-negativen Bedingung eine Tendenz zu geringeren FRN-Amplituden. Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Studien. Beispielsweise konnten von Borries et al. (2010) keinen Unterschied in den FRN-Amplituden zwischen Psychopathen und einer Kontrollgruppe feststellen. In der ERN konnten Amplitudenunterschiede festgestellt werden, mit kleineren Amplituden bei Psychopathen. Ähnliche Ergebnisse fanden auch Munro et al. (2007). Bei sozialen Stimuli zeigten Psychopathen kleinere ERN-Amplituden. Bei Buchstaben als Stimuli konnten keine Unterschiede in den ERN-Amplituden zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Dies steht im Gegensatz zu Pfabigan et al. (2009). Die Autoren stellten bei antisozialen Personen eine Tendenz zu höheren FRN-Amplituden bei numerisch-monetärer Stimuluspräsentation fest. Die vorliegende Studie und die Studie von Pfabigan et al. (2009) unterscheiden sich unter anderem durch die Instruktion. Bei Pfabigan et al. (2009) wurde die Suche nach einer Tastenabfolge verlangt. Auch die Feedbackhäufigkeiten der Kontrollbedingungen unterscheiden sich in den zwei Studien. Bei Pfabigan et al. (2009) bekamen die Probanden in der Kontrollbedingung 75% positives Feedback. Dies stellte eine leichtere Aufgabenschwierigkeit dar als in der vorliegenden Studie. In der vorliegenden Arbeit bekamen die Probanden durch die Kontrollbedingung häufiger negatives Feedback als im Design von Pfabigan et al. (2009). Dies führte zu teils hohen Verlusten. Während bei Pfabigan et al. (2009) der gewonnene Geldbetrag immer größer wurde, minimierte sich der Gewinn der Probanden in der vorliegenden Studie. Die Probanden starteten das Gambling-Paradigma mit einem Guthaben

von 20€. Der durchschnittliche Endgewinn lag bei - 11€. Es ist anzunehmen, dass die Frustration bei den Probanden in der vorliegenden Studie dadurch anstieg. Für zukünftige Studien dieser Art wäre es zu empfehlen die Gemütszustände der Versuchsteilnehmer zu erheben. Durch die Vorgabe von Affektskalen wie der PANAS („positive and negative affect scales“; Watson, Clark, & Tellegen, 1988), vor und nach dem Paradigma, könnte beispielsweise die Gemütslage der Probanden erhoben werden.

Bei Blair et al. (2006) zeigten Psychopathen ein stärkeres Defizit im Lernen durch Bestrafung im Vergleich zur Kontrollgruppe, sowie im Vergleich zu Belohnungsdurchgängen. Auch bei von Borries et al. (2010) zeigten sich Lerndefizite nach Bestrafung. Personen mit starken Tendenzen zu antisozialen Verhalten konnten aus Fehlern schlechter lernen. Möglicherweise weisen bei Psychopathen schon frühe kognitive Prozesse der Fehlerverarbeitung und Verhaltensüberwachung Defizite auf (von Borries et al., 2010). Eine verminderte Frustrationstoleranz bei antisozialen Personen (ICD-10; Dilling et al., 1991) könnte eine mögliche stärkere Motivation durch numerisch-monetäres Feedback beeinflussen. Durch die herabgesetzte Frustrationstoleranz könnte die Motivation bei antisozialen Personen und damit weiter die subjektive Stimulussalienz zurückgegangen sein. Dies würde sich in einer verminderten FRN-Amplitude widerspiegeln. In den vorliegenden Ergebnissen zeigte sich die Tendenz zu kleineren FRN-Amplituden bei antisozialen Personen in der unerwartet negativen Bedingung und der negativen Kontrollbedingung. In diesen FRN-Tendenzen könnten sich die defizitären Prozesse der Fehlerverarbeitung von negativem Feedback bei antisozialen Personen zeigen.

In Bezug auf die zwei Faktoren der Psychopathie ergaben sich keine Unterschiede in der FRN. Dies könnte darauf zurückgeführt werden, dass die zwei Faktoren in der verwendeten Stichprobe hoch miteinander korrelieren. Die Probanden der vorliegenden Studie waren Studenten. Das Konzept der zwei Faktoren basiert hauptsächlich auf Eigenschaften verhaltensauffälliger Personen. Nach Fowles & Dindo (2009) korrelieren die Faktoren moderat miteinander und schließen einander nicht aus. Aktuelle Studien deuten darauf hin, dass zwischen den zwei Faktoren Unterschiede im Verhalten in Belohnungssituationen bestehen (Masui & Nomura, 2011) bzw. Unterschiede in der kortikalen Verar-

beitung von Information vorhanden sind (Veit et al., 2010). Balconi & Crivelli (2010) konnten eine Variation der FRN mit unterschiedlichen Ausprägungen in der BIS- und BAS-Aktivität feststellen, mit größeren FRN-Amplituden bei positivem und negativem Feedback bei hoher BIS-Aktivität. Es besteht die Annahme, dass die zwei Faktoren der Psychopathie sich über die BIS und BAS Aktivität unterscheiden (Fowles & Dindo, 2009; Wallace et al., 2009). Weitere Untersuchungen der Faktoren der Psychopathie innerhalb der Durchschnittspopulation, jedoch mit stärkeren Ausprägungsvariationen in den Faktoren, wären daher angebracht. Auch die Berücksichtigung der BIS- und BAS-Aktivität wäre dabei zu bedenken.

Weiter ist hier anzumerken, dass über den Mediansplit künstlich zwei Gruppen erstellt wurden. Eine theoretische Basis für eine optimale Gruppenteilung war nicht zu finden. Die verwendete Gruppenteilung durch den Medianwert, wie auch die Zuteilung der mittleren Ausprägungen zur antisozialen Gruppe, könnten zu einer Verzerrung der Ergebnisse und dadurch zu falschen Schlussfolgerungen geführt haben. Generell wäre ein Vergleich der FRN-Amplituden zwischen einer sozialen und antisozialen Gruppe, deren Probanden die äußeren Ränder der Stichprobe repräsentieren, anzudenken. Eine stärkere Differenzierung zwischen antisozialem und sozialem Verhalten könnte helfen den Zusammenhang zwischen FRN-Amplitude und antisozialem Verhalten zu verdeutlichen. Die Zuordnung der medianen Werte zur antisozialen Gruppe, wie es in der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde, könnte damit verhindert werden. In zukünftigen Studien dieser Art wäre es angebracht, die Probanden aufgrund eines Fragebogenwertes vorzuscreenen. Die Anhäufung mittlerer Ausprägungen könnte durch Ausschluss dieser reduziert werden. Der Vergleich von Extremwerten in der Durchschnittspopulation, also Einbezug der Personen mit starken und schwachen Ausprägungen antisozialen Verhaltens, würde zu einer stärkeren Unterscheidung zwischen diesen Ausprägungen führen. Eventuelle Variationen in den FRN-Amplituden könnten durch die stärkere Differenzierung der Persönlichkeitsausprägung eindeutiger dargestellt werden. Insgesamt wäre hierfür eine größere Stichprobe zu überlegen, um die Ergebnisse statistisch abzusichern.

P300 Die Hypothese in Bezug auf die P300-Amplitude war, dass diese mit der Erwartung variiert. Es wurden größere P300-Amplituden für unerwartete Ereignisse erwartet. Die P300 ist eine positive Komponente, die typischerweise nach selten oder neu auftretenden Stimuli in Oddball-Designs an parietal-zentralen Kortexpositionen auftritt (Donchin, 1981).

In der vorliegenden Studie mit einem Gambling-Paradigma zeigte eine ANOVA über die Bedingungen mit den Faktoren ERWARTUNG und VALENZ eine signifikante Wechselwirkung zwischen Erwartung und Valenz des Feedbacks für die P300-Amplitude.

Die größten P300-Amplituden zeigten sich in den Bedingungen unerwartet-positiv, Kontrolle-positiv und unerwartet-negativ. Weiters waren bei erwartet-positivem und erwartet-negativem Feedback die kleinsten P300-Amplituden zu sehen. Die Bedingungen mit selten präsentierten Stimulus-Feedback-Kombinationen zeigten somit die größten P300-Amplituden. Die Bedingungen mit den am häufigsten präsentierten Stimulus-Feedback-Kombinationen zeigten die kleinsten P300-Amplituden. Die unerwartet-positive Bedingung sowie die positive Kontrollbedingung waren jene Bedingungen mit positivem Feedback, die unerwartet waren, und für die vermutlich keine Erwartungen aufgebaut wurden. Sie zeigten die größten P300-Amplituden. Auch die negativen Bedingungen, für die keine Erwartungen aufgebaut wurden (unerwartet-negativ und Kontrolle negativ), zeigten größere P300-Amplituden. Im Vergleich dazu sind in den Bedingungen, in denen die Erwartungen gegenüber dem Feedback vermutlich hoch waren (erwartet), sowohl nach negativem als auch nach positivem Feedback kleine P300-Amplituden zu sehen. Auf erwartete Bedingungen, egal ob positiv oder negativ, folgte demnach eine kleinere P300-Amplitude als auf unerwartete Bedingungen. In den unerwarteten Bedingungen unterschieden sich die P300-Amplitude jedoch bei positivem und negativem Feedback.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie decken sich weitgehend mit den Ergebnissen von Pfabigan et al. (2010a). Auch der Unterschied, der im Vergleich zur Studie von Pfabigan et al. (2010a) in der P300-Amplitude der positiven Kontrollbedingung zu finden ist, lässt darauf schließen, dass die Häufigkeit der Stimulus-Feedback-Kombination einen Einfluss auf die P300-Amplitude hat. Bei Pfabigan et al. (2010a) löste unerwartetes Feedback eine größere P300-

Amplituden aus als die positive Kontrollbedingung. In der vorliegenden Studie zeigte sich jedoch eine starke P300 in der positiven Kontrollbedingung. Diese unterschied sich nicht von der P300-Amplitude der unerwartet-positiven Bedingung. In der Kontrollbedingung der vorliegenden Studie trat durchschnittlich 35% positives Feedback auf. In der Kontrollbedingung von Pfabigan et al. (2010a) trat positives Feedback jedoch zu 75% auf. Dies stellt einen großen Unterschied der Häufigkeit der Stimulus-Feedback-Kombination dar. Die Auftretenswahrscheinlichkeit der Stimulus-Feedback-Kombination führte vermutlich bei Pfabigan et al. (2010a) weiter zum Aufbau einer Erwartungshaltung. Diese wurde in der vorliegenden Studie aber vermutlich aufgrund der Aufgabenschwierigkeit der Kontrollbedingung nicht aufgebaut. Bei Pfabigan et al. (2010a) war davon jedoch auszugehen. Nach Nieuwenhuis et al. (2005a) kodiert die P300 weiter vermutlich das Ergebnis eines aufgabenrelevanten Entscheidungsprozesses. Die P300 als neuronales Korrelat kurzfristiger Aktivierung selektiver Aufmerksamkeitsressourcen ermöglicht vermutlich, dass eintreffende sensorische Information angemessen verarbeitet werden kann (Nieuwenhuis et al., 2005a). Die Aufgabenschwierigkeit der Kontrollbedingung dürfte im Vergleich zu Pfabigan et al. (2010a) zu einer stärkeren Aktivierung während der positiven und negativen Kontrollbedingung geführt haben, und diese stärkere Aktivierung dürfte weiter zu größeren P300-Amplituden in diesen Bedingungen geführt haben (Polich, 2007; Yeung & Sanfey, 2004; Yeung et al., 2005).

Weiters war in vorliegender Studie ein Valenzeffekt zu beobachten. Die P300-Amplitude war bei unerwartet-positivem Feedback größer als bei unerwartet negativem Feedback. Die Amplitude war auch bei positivem Kontrollfeedback größer als bei negativem Kontrollfeedback. Dieser Valenzeffekt war allerdings zwischen der erwartet-positiven und erwartet-negativen Bedingung nicht zu beobachten. Die P300-Amplituden der erwarteten Bedingungen unterschieden sich nicht voneinander. Hajcak et al. (2005) und Hajcak et al. (2007) konnten ebenfalls in einem Gamblingparadigma eine Amplitudenvariation mit der Valenz feststellen. Es traten höhere Amplituden nach positivem Feedback auf. Bei Hajcak et al. (2005) zeigte sich ein Zusammenhang mit der Valenz, wenn über einen ganzen Block, und nicht pro Durchgang, eine Erwartungshaltung gegenüber dem Feedback aufgebaut wurde. Yeung & Sanfey (2004) oder Yeung et al.

(2005) fanden keine Valenzvariation. Ein Unterschied zwischen den Designs ist im Erwartungsaufbau gegenüber Feedback zu finden. Die Probanden von Hajcak et al. (2005) oder Hajcak et al. (2007) konnten keine Stimuluspezifische Erwartung aufbauen, die sich auf das Ergebnis eines Stimulus bezogen hätte. In der vorliegenden Studie wurde in den erwarteten Bedingungen (positiv und negativ) jedoch eine Erwartung gegenüber dem Stimulusfeedback aufgebaut. Bei Yeung & Sanfey (2004) war weiters ein Erwartungsaufbau nicht möglich. Das Feedback zu den gewählten und alternativen Karten wurde randomisiert und insgesamt gleichverteilt über das Experiment präsentiert. Die Interpretation von Wu & Zhou (2009) klingt daher plausibel. Die Autoren nehmen an, dass eine Interaktion zwischen Erwartung und Valenz besteht. Die Valenz würde demnach in der P300 nur kodiert werden, wenn gegenüber einem Stimulus und dem Valenzergebnis (positiv oder negativ) eine subjektive Erwartungshaltung aufgebaut wurde oder werden kann (Wu & Zhou, 2009; Goyer et al., 2008).

Konklusio und Ausblick Die aktuelle Studie konnte einen weiteren Einblick in die EKPs der Feedbackverarbeitung bieten. Weiters wurde ein Zusammenhang mit antisozialem Verhalten hergestellt.

In Bezug auf die FRN konnte ein deutlicher Zusammenhang mit der Feedbackvalenz und der Feedbackerwartung festgestellt werden. Bei Notwendigkeit der Evaluation von Handlungsplanung kann die FRN als kognitives Korrelat der subjektiven Leistung angesehen werden. Voraussetzung ist, dass die Handlung als relevant und konsistent gegenüber den Konsequenzen gesehen wird, wobei in den Konsequenzen ein motivationaler Mehrwert zu finden sein muss (Balconi & Crivelli, 2010; Luu et al., 2000; Vidal et al., 2000; Bush et al., 2000; Hajcak et al., 2005).

Es wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen FRN-Amplitude und antisozialem Verhalten gefunden. Es zeigte sich eine Tendenz in Richtung defizitärer Feedbackverarbeitung bei antisozialen Personen. Diese wurde über verringerte FRN-Amplituden bei antisozialen Personen bei unerwartet negativem Feedback und negativem Feedback in der sogenannten Kontrollbedingung angedeutet. Die verringerten FRN-Amplituden und damit einhergehend die defizitäre Feedbackverarbeitung könnten auf den Einfluss von subjektiver Frustra-

tion und externer Bestrafung bei antisozialen Personen zurückgeführt werden (ICD-10; Dilling et al., 1991; Blair et al., 2006; von Borries et al., 2010). In zukünftigen Studien wäre es zu empfehlen die Gemütszustände der Versuchsteilnehmer vor und nach dem Paradigma zu erheben.

Im Bereich antisozialen Verhaltens und Psychopathie scheint es sinnvoll, die zwei Faktoren der Psychopathie genauer zu diskutieren. Die zwei Faktoren unterscheiden sich in ihrer Definition einerseits durch zielgerichtetes Handeln (Faktor 1) und andererseits durch Nicht-Lernen aus Fehlern (Faktor 2; Fowles & Dindo, 2009). Die Annahme liegt nahe, dass diese Merkmale einen Einfluss auf die Fehlerverarbeitung haben könnten. Bei Personen, deren antisoziales Verhalten aus Impulsivität resultiert (sekundäre Psychopathie), könnte diesem Verhalten eine defizitäre Fehlerverarbeitung zugrunde liegen (Ruchow et al., 2005; Potts et al., 2006a), was weiters mit verringerten FRN-Amplituden einhergehen könnte. Bei primären Psychopathen hingegen könnten monetäre Anreize motivationsfördernd für zielgerichtetes Handeln wirken, woraus größere FRN-Amplituden resultieren sollten.

In zukünftigen Studien wäre es angebracht die Probanden vorzuselektieren und die Extrembereiche der Durchschnittspopulation zu vergleichen. Damit könnten die Gruppenunterschiede vergrößert und die Anhäufungen mittlerer Ausprägungen reduziert werden.

In der Studie ergaben sich weiters Einschränkungen im Design aufgrund der Aufgabenschwierigkeit der Kontrollbedingung. Offenbar war eine Verstärkerrate von 50% schwierig zu erlernen. In einer Modifikation des experimentellen Designs wäre es deshalb zu empfehlen, statt nur einer nicht-manipulierten Kontrollbedingung mit einer Verstärkerrate von 50%, eine zweite nicht-manipulierte Kontrollbedingung heranzuziehen, mit beispielsweise 75%- Verstärkerrate, wie sie Pfabigan et al. (2010a) in ihrem Design vorgaben. Durch die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade und die Erwartungshaltungen, die gegenüber dem Stimulusfeedback aufgebaut werden würden, könnte der Zusammenhang von Handlungskonsistenz, Erwartungsaufbau und Erwartungsmanipulation präziser untersucht werden.

In der vorliegenden Studie konnte weiters ein Zusammenhang der P300-Amplitude mit Feedbackerwartung und Feedbackvalenz festgestellt werden.

Die Wechselwirkung von Erwartung und Valenz deutet darauf hin, dass der Erwartungsaufbau gegenüber der Valenz eine Rolle in der Fehlerverarbeitung und für die P300-Amplitude spielt.

Die Studie hebt die Bedeutung der Feedbackerwartung, zusätzlich zur Valenz, für die neuronale Fehlerverarbeitung hervor. Weitere Forschung zur neuronalen Verarbeitung von Fehlern in Zusammenhang mit antisozialem Verhalten, besonders unter Berücksichtigung beeinflussender Komponenten wie Erwartungsaufbau, Frustration oder Bestrafung, ist angebracht.

Literaturverzeichnis

- Alpers, G. W., & Eisenbarth, H. (2008). *Psychopathic Personality Inventory - Revised. Deutsche Version*. Hogrefe: Göttingen.
- Balconi, M., & Crivelli, D. (2010). FRN and P300 ERP effect modulation in response to feedback sensitivity: The contribution of punishment-reward system (BIS/BAS) and Behaviour Identification of action. *Neuroscience Research*, 66, 162–172.
- Bauer, H., Lamm, C., Holzreiter, S., Holländer, I., Leodolter, U., & Leodolter, M. (2000). Measurement of 3D electrode coordinates by means of a 3D photographic head digitizer (3D-PHD). *NeuroImage*, 11, 461.
- Bauer, H., & Lauber, W. (1979). Operant conditioning of brain steady potential shifts in man. *Biofeedback and Self-Regulation*, 4, 145–154.
- Bell, A., & Sejnowski, T. (1995). An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution. *Neural Computation*, 7, 1129–1159.
- Bellebaum, C., Kobza, S., Thiele, S., & Daum, I. (2010). It was not my fault: Event-related brain potentials in active and observational learning from feedback. *Cerebral Cortex*, 20(12), 2874–2883.
- Birbaumer, N., & Schmidt, R. (2006). *Biologische Psychologie*. Springer: Heidelberg.
- Birbaumer, N., Veit, R., Lotze, M., Erb, M., Hermann, C., Grodd, W., & Flor, H. (2005). Deficient fear conditioning in psychopathy: a functional magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry*, 62, 799–805.
- Blair, K., Morton, J., Leonard, A., & Blair, R. (2006). Impaired decision-making on the basis of both reward and punishment information in individuals with psychopathy. *Personality and Individual Differences*, 41, 155–165.

- Boksem, M. A., Tops, M., Wester, A. E., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Error-related ERP components and individual differences in punishment and reward sensitivity. *Brain Research, 1101*(1), 92–101.
- Botvinick, M., Braver, T., Barch, D., Carter, C., & Cohen, J. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review, 108*, 624–652.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences, 4*(6), 215–222.
- Carter, C., Braver, T., Barch, D., Botvinick, M., Noll, D., & Cohen, J. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science, 280*, 747–749.
- Carver, C. S., & White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: The BIS/BAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology, 67*(2), 319–333.
- Chang, W.-P., Davies, P. L., & Gavin, W. J. (2010). Individual differences in error monitoring in healthy adults: psychological symptoms and antisocial personality characteristics. *European Journal of Neuroscience, 32*(8), 1388–1396.
- Cleckley, H. (1941). *The mask of sanity: An attempt to reinterpret the so-called psychopathic personality*. Mosby: St. Louis, MO.
- Cohen, J. (1973). Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor anova designs. *Educational and Psychological Measurements, 33*, 107–111.
- Corulla, W. (1990). A revised version of the psychoticism scale for children. *Personality and Individual Differences, 11*, 65–76.
- Dehaene, S., Posner, M., & Tucker, D. (1994). Commentary: Localization of a neural system for error detection and compensation. *Psychological Science, 5*, 303–305.
- 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.
- Dikman, Z., & Allen, J. (2000). Error monitoring during reward and avoidance learning in high- and low-socialized individuals. *Psychophysiology*, *37*, 43–54.
- Dilling, H., Mombour, W., & Schmidt, M. (Eds.) (1991). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10, Kapitel V (F) - Klinisch-diagnostische Leitlinien*. Weltgesundheitsorganisation. Verlag Hans Huber: Bern; Göttingen; Toronto.
- Donchin, E. (1981). Surprise!....surprise? *Psychophysiology*, *18*, 493–513.
- Donchin, E., & Coles, M. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral Brain Science*, *11*, 355–372.
- Duncan-Johnson, C. C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, *14*, 456–467.
- Ericksen, B., & Eriksen, C. (1974). Effects of noise letters in the identification of target letters in a non-search task. *Perception and Psychophysics*, *16*, 143–149.
- Falkenstein, M., Hielscher, H., Dziobek, I., Schwarzenau, P., Hoormann, J., Sundermann, B., & Hohnsbein, J. (2001). Action monitoring, error detection, and the basal ganglia: an ERP study. *Neuroreport*, *12*(1), 15–161.
- 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. Brunia, A. Gaillard, & K. A. (Eds.) *Psychophysiological brain research*, (pp. 192–195). Tilburg: Tilburg University Press.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biological Psychology*, *51*(2-3), 87–107.

- Fowles, D. (1980). The three arousal model: Implications of Gray's two-factor learning theory for heart rate, electrodermal activity, and psychopathy. *Psychophysiology*, *17*, 87–104.
- Fowles, D. C. (1988). Psychophysiology and psychopathology: A motivational approach. *Psychophysiology*, *25*, 373–391.
- Fowles, D. C., & Dindo, L. (2009). Temperament and psychopathy. *Current direction in psychological science*, *18*(3), 179–183.
- Gehring, W., Goss, B., Coles, M., Meyer, D., & 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.
- Gentsch, A., Ullsperger, P., & Ullsperger, M. (2009). Dissociable medial frontal negativities from a common monitoring system for self- and externally caused failure of goal achievement. *Neuroimage*, *47*, 2023–2030.
- Goyer, J. P., Woldorff, M. G., & Huettel, S. A. (2008). Rapid electrophysiological brain responses are influenced by both valence and magnitude of monetary rewards. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(11), 2058–2069.
- Gray, J. (1981). A critique of Eysenck's theory of personality. In H. Eysenck (Ed.) *A Model for Personality*, (pp. 246–277). Berlin: Springer.
- 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., 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.

- Hall, J. R., Bernat, E. M., & Patrick, C. J. (2007). Externalizing psychopathology and the error-related negativity. *Psychological Science, 18*(4), 326–333.
- Hare, R. (2003). *The Hare Psychopathy Checklist-Revised (2nd ed.)*. Toronto, ON: Multi-Health Systems.
- Heldmann, M., Rüsseler, J., & Münte, T. F. (2008). Internal and external information in error processing. *BMC Neuroscience, 9*, 33.
- Herkner, W. (2004). *Sozialpsychologie*. Verlag Hans Huber: Bern.
- Holroyd, C., Dien, J., & Coles, M. (1998). Error-related scalp potentials elicited by hand and foot movements: evidence for an output-independent error-processing system in humans. *Neuroscience Letters, 242*(2), 65–68.
- Holroyd, C., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Nystrom, L., Mars, R., Coles, M., & Cohen, J. (2004). Dorsal anterior cingulate cortex shows fMRI response to internal and external error signals. *Nature Neuroscience, 7*(5), 497–498.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. H. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review, 109*(4), 679–709.
- Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., & Cohen, J. D. (2003). Errors in reward prediction are reflected in the event-related brain potential. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology, 14*, 2481–2484.
- 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.
- Jasper, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 10*, 371–375.
- Johnson, R. J., & Donchin, E. (1980). P300 and stimulus categorization: Two plus one is not so different from one plus one. *Psychophysiology, 17*, 167–178.

- Kiehl, K., Smith, A., Hare, R., Mendrek, A., Forster, B., Brink, J., & Liddle, P. (2001). Limbic abnormalities in affective processing by criminal psychopaths as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Biological Psychiatry, 50*, 677–684.
- Krampen, G. (1991). *Fragebogen zur Kompetenz- und Kontrollüberzeugung (FKK)*. Hogrefe: Göttingen.
- Kuhl, J., & Kazén, M. (1997). *Persönlichkeits-Stil und Störungs-Inventar (PSSI)*. Hogrefe: Göttingen.
- Lamm, C., Fischmeister, F., & Bauer, H. (2005). Individual differences in brain activity during visuo-spatial processing assessed by slowcortical potentials and low resolution electromagnetic tomography. *Cognitive Brain Research, 25*, 900912.
- 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.
- Lilienfeld, S., & Widows, M. (2005). *Psychopathic Personality Inventory Revised (PPI-R)*. *Professional Manual*. Lutz, Florida: Psychological Assessment Resources.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event related potential technique*. Cambridge: The MIT Press.
- Luu, P., Collins, P., & Tucker, D. (2000). Mood, personality, and self-monitoring: Negative affect and emotionality in relation to frontal lobe mechanisms of error monitoring. *Journal of Experimental Psychology, 129*(1), 43–60.
- Lykken, D. (1957). A study of anxiety in the sociopathic personality. *Journal of Abnormal and Social Psychology, 55*, 6–10.
- Lykken, D. (1995). *The antisocial personalities*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Masui, K., & Nomura, M. (2011). The effects of reward and punishment on response inhibition in non-clinical psychopathy. *Personality and Individual Differences, 50*(1), 69–73.
- Miltner, W. H., 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*(6), 788–798.
- Morgan, A. B., & Lilienfeld, S. O. (2000). A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function. *Clinical Psychology Review, 20*(1), 113–136.
- Moser, J. S., & Simons, R. F. (2009). The neural consequences of flip-flopping: The feedback-related negativity and salience of reward prediction. *Psychophysiology, 46*, 313–320.
- Müller, J., Sommer, L., Wagner, M., Lange, V., Taschler, K., Röder, H., Schuierer, G., Klein, H., & Hajak, G. (2003). Abnormalities in emotion processing within cortical and subcortical regions in criminal psychopaths: evidence from a functional magnetic resonance imaging study using pictures with emotional content. *Biological Psychiatry, 54*, 152–162.
- Munro, G. E., Dywan, J., Harris, G. T., McKee, S., Unsal, A., & Segalowitz, S. J. (2007). ERN varies with degree of psychopathy in an emotion discrimination task. *Biological Psychology, 76*, 31–42.
- Newman, J. P., MacCoon, D. G., Vaughn, L. J., & Sadeh, N. (2005). Validating a distinction between primary and secondary psychopathy with measures of gray s bis and bas constructs. *Journal of Abnormal Psychology, 114*(2), 319–323.
- 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., 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., Ridderinkhof, K. R., Blom, J., Band, G. P., & Kok, A. (2001). Error-related brain potentials are differentially related to awareness of response errors: Evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*, 38(5), 752–760.
- Nieuwenhuis, S., Slagter, H., Alting von Geusau, N., Helsenfeld, D., & Holroyd, C. (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. (2004). Sensitivity of electrophysiological activity from medial frontal cortex to utilitarian and performance feedback. *Cerebral Cortex*, 14, 741–747.
- Ohira, H., Ichikawa, N., Nomura, M., Isowa, T., Kimura, K., Kanayama, N., Fukuyama, S., Shinoda, J., & Yamada, J. (2010). Brain and autonomic association accompanying stochastic decision making. *Neuroimage*, 49, 1024–1037.
- 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.
- Overbeek, T. J., Nieuwenhuis, S., & Ridderinkhof, K. R. (2005). Dissociable components of error processing. *Journal of Psychophysiology*, 19(4), 319–329.
- Patrick, C., Bradley, M., & Lang, P. (1993). Emotion in the criminal psychopath: Startle reflex modulation. *Journal of Abnormal Psychology*, 102, 82–92.
- Patrick, C., Cuthbert, B., & Lang, P. (1994). Emotion in the criminal psychopath: Fear image processing. *Journal of Abnormal Psychology*, 103, 523–534.

- Paulus, C. (2010). *Saarbrücker Persönlichkeits-Fragebogen (SPF). Based on the Interpersonal Reactivity Index (IRI)*. Universität des Saarlandes, [http://bildungswissenschaft.uni-saarland.de/personal/paulus/empathy/SPF\(IRI\)_V3.1a.pdf](http://bildungswissenschaft.uni-saarland.de/personal/paulus/empathy/SPF(IRI)_V3.1a.pdf). Zuletzt aufgerufen am 07.01.2011.
- Pfabigan, D., Alexopoulos, J., Bauer, H., & Sailer, U. S. (2010a). Manipulation of feedback expectancy and valence induces negative and positive reward prediction error signals manifest in event-related potentials. *Psychophysiology*. Doi: 10.1111/j.1469-8986.2010.01136.x.
- Pfabigan, D., Alexopoulos, J., Sailer, U., & Bauer, H. (2009). Antisocial personality traits and feedback processing - an ERP-study. *Psychophysiology*, 46, S78.
- Pfabigan, D. M., Alexopoulos, J., Kryspin-Exner, I., & Sailer, U. (2010b). Effects of antisocial personality traits on event-related potentials during face processing. *International Journal of Psychophysiology*, 77(3, Sp. Iss. SI), 277–278.
- Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R. J., Miller, G., Ritter, W., Rchkin, D., & Taylor, M. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 37, 127–152.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128 – 2148.
- Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review. *Biological Psychology*, 41(2), 103–146.
- Potts, G. F., George, M. R. M., Martin, L. E., & Barratt, E. S. (2006a). Reduced punishment sensitivity in neural systems of behavior monitoring in impulsive individuals. *Neuroscience Letters*, 397(1-2), 130–134.
- Potts, G. F., Martin, L. E., Burton, P., & Montague, P. R. (2006b). 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.

- Ruchow, M., Grothe, J., Spitzer, M., & Kiefer, M. (2002). Human anterior cingulate cortex is activated by negative feedback: evidence from event-related potentials in a guessing task. *Neuroscience Letters*, *325*(3), 203–206.
- Ruchow, M., Spitzer, M., Grön, G., Grothe, J., & Kiefer, M. (2005). Error processing and impulsiveness in normals: Evidence from event-related potentials. *Cognitive Brain Research*, *24*, 317–325.
- Santesso, D. L., Segalowitz, S. J., & Schmidt, L. A. (2005). ERP correlates of error monitoring in 10-year olds are related to socialization. *Biological Psychology*, *70*(2), 79–87.
- Saß, H., Wittchen, H.-U., Zaudig, M., & Houben, I. (2003). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen. (DSM-IV-TR): Textrevision*. Hogrefe: Göttingen.
- Schultz, W. (2002). Getting formal with dopamine and reward. *Neuron*, *36*, 241–263.
- Schultz, W., Dayan, P., & Montague, P. R. (1997). A neural substrate of prediction and reward. *Science*, *275*(5306), 1593–1599.
- Sutton, S., Tueting, P., Hammer, M., & Hakerem, G. (1978). Evoked potentials and feedback. In D. Otto (Ed.) *Multidisciplinary perspectives in event-related potential research*, (pp. 184–188). Washington, DC: United States Government Printing Office.
- van Veen, V., Holroyd, R., Cohen, J., Stenger, V., & Carter, C. (2004). Errors without conflict: Implications for performance monitoring theories of anterior cingulate cortex. *Brain and Cognition*, *56*, 267–276.
- Veit, R., Lotze, M., Sewing, S., Missenhardt, H., Gabor, T., & Birbaumer, N. (2010). Aberrant social and cerebral responding in a competitive reaction time paradigm in criminal psychopaths. *Neuroimage*, *49*(4), 3365–3372.
- Vidal, F., Hasbroucq, T., Grapperon, J., & Bonnet, M. (2000). Is the 'error negativity' specific to errors? *Biological Psychology*, *51*(2-3), 109–128.

- Vogt, B. A. (2005). Pain and emotion interactions in subregions of the cingulate gyrus. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 533–544.
- von Borries, A. K. L., Brazil, I. A., Bulten, B. H., Buitelaar, J. K., Verkes, R. J., & de Bruijn, E. R. A. (2010). Neural correlates of error-related learning deficits in individuals with psychopathy. *Psychological Medicine*, 40(9), 1559–1568.
- Wallace, J. F., Malterer, M. B., & Newman, J. P. (2009). Mapping Gray's BIS and BAS constructs onto Factor 1 and Factor 2 of Hare's Psychopathy Checklist - Revised. *Personality and Individual Differences*, 47(8), 812–816.
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 1063–1070.
- Wilkowski, B. M., & Robinson, M. D. (2008). Putting the brakes on antisocial behavior: Secondary psychopathy and post-error adjustments in reaction time. *Personality and Individual Differences*, 44(8), 1807 – 1818.
- 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., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *The Journal of Neuroscience*, 24(28), 6258–6264.

Appendices

INSTRUKTION TRAINING

Im Folgenden wird Ihnen Ihre Aufgabe erklärt. Sie erhalten ein Startkapital von 20 €.

Sie werden im Laufe des Spieles die Möglichkeit haben, Ihr Startkapital zu vermehren, es wird aber auch die Möglichkeit geben, Geld zu verlieren.

Es werden Ihnen nacheinander drei verschiedene Symbole präsentiert: ein Stern, ein Dreieck oder ein Kreis. Ihre Aufgabe besteht darin, auf diese drei Symbole zu antworten, indem Sie eine der zwei Tasten 1 oder 2 auf der Responsebox drücken.

Die drei Symbole werden Ihnen nun kurz zum Kennenlernen gezeigt. (Drücken Sie bitte eine beliebige Taste auf der Responsebox um fortzufahren.)

Sie haben nun alle drei Symbole kurz gesehen.

Als Antwortmöglichkeit auf diese drei Symbole stehen Ihnen die zwei Tasten '1' und '2' auf der Responsebox zur Verfügung. Bitte drücken Sie eine der zwei Tasten sobald das Fragezeichen erscheint.

Im Folgenden wird Ihnen der Ablauf der Aufgabe vorgestellt: Sie werden für 0,5 Sekunden eines der drei Symbole präsentiert bekommen. Anschließend erscheint für zwei Sekunden ein Fragezeichen. Sobald das Fragezeichen erscheint, drücken Sie bitte entweder Taste '1' oder '2'.

Ihrem Tastendruck folgend erhalten Sie eine Rückmeldung, ob Sie richtig oder falsch geantwortet haben. Jede richtige Antwort wird Ihnen durch das grüne Wort „RICHTIG“ angezeigt. Jede falsche Antwort wird Ihnen durch das rote Wort „FALSCH“ angezeigt. Falls Sie gar keine Antwort geben, wird dies als falsch bewertet. Nach dieser Rückmeldung erscheint am Bildschirm ein kleines Kreuz, jedesmal bevor der nächste Durchgang beginnt. Dann beginnt der nächste Spieldurchgang: Es erscheint ein neues Symbol und Sie reagieren bitte wieder mit einer der Tasten '1' oder '2'.

(Weiter wieder mit beliebigem Tastendruck.)

Die Durchgänge sind voneinander völlig UNABHÄNGIG, d.h. es gibt KEINE TASTENKOMBINATION, die die Gewinnwahrscheinlichkeit erhöht. Sie spielen für den Anfang als Training ein paar Übungsdurchgänge.

Nach diesen Übungsdurchgängen können Sie die Durchgänge starten, in denen Sie gewinnen oder verlieren können. Bitte konzentrieren Sie sich

während der ganzen Aufgabe darauf, Ihren Gewinn zu vermehren.
(Sie können die Übungsdurchgänge jetzt mit einer beliebigen Taste der
Responsebox starten.)

INSTRUKTION SPIELDURCHGÄNGE

Sie haben das Spiel nun kennengelernt und einige Übungsdurchgänge gespielt.

Jetzt beginnen die Durchgänge, in denen Sie auch gewinnen und verlieren können. Wenden Sie in dieser Aufgabe an, was Sie in den Übungsdurchgängen gelernt haben.

Der Unterschied zu den Übungsdurchgängen ist, dass Sie jetzt Geld gewinnen oder verlieren können. Es gibt bei jedem Symbol die zwei Möglichkeiten entweder zu gewinnen oder zu verlieren.

Der Ablauf hier wird der gleiche sein wie in den Übungsdurchgängen: Sie werden wieder jeweils eines der drei bekannten Symbole sehen. Bei der Präsentation des Fragezeichens antworten Sie bitte wieder entweder mit Taste '1' oder '2'.

Kurz danach erhalten Sie Rückmeldung über Ihren Gewinn oder Verlust.
(Weiter mit Tastendruck.)

Jede richtige Antwort wird Ihnen jetzt durch die grüne Zahl 50 angezeigt. Sie teilt Ihnen auch mit, dass Sie zusätzlich zu Ihrem aktuellen Guthaben 50€-Cent gewonnen haben.

Jede falsche Antwort wird Ihnen jetzt durch die rote Zahl 50 angezeigt. Sie teilt Ihnen gleichzeitig mit, dass Ihnen 50€-Cent von Ihrem aktuellen Guthaben abgezogen werden.

Das Fragezeichen wird zwei Sekunden lang präsentiert. Falls Sie innerhalb dieser zwei Sekunden gar keine Antwort geben, werden Ihnen ebenfalls 50€-Cent abgezogen.

(Weiter mit beliebigem Tastendruck.)

Ihr Startkapital beträgt 20€. Es ist ein Gewinn bis zu 35€ möglich.

Die Aufgabe ist relativ schwer, versuchen Sie bitte dennoch Ihr Guthaben zu vermehren oder es zu halten.

Nach jeweils 50 Trials erhalten Sie Feedback, wie viel Geld Sie bereits erspielt

haben. Sie können zu diesen Zeitpunkten auch eine Pause einlegen und sich kurz entspannen.

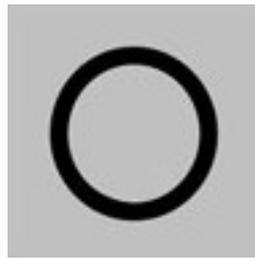
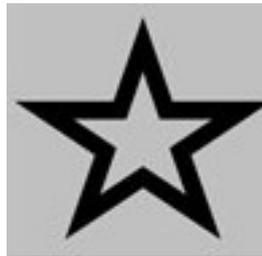
Das Ziel des Spiels ist es, so viel Geld wie möglich zu erspielen. Bitte konzentrieren Sie sich darauf, Ihren Gewinn zu maximieren beziehungsweise Ihr Guthaben zu halten.

Haben Sie noch Fragen?

Falls nicht: Viel Erfolg beim Experiment.

(Sie können es mit einem beliebigen Tastendruck starten.)

STIMULUSMATERIAL



Abstract

The study's aim was to examine amplitude variations of event-related potentials (ERPs), associated with violation of valence and expectation to feedback. The variations of the ERP components were examined in a learning-gambling-task in healthy individuals. Neural correlates of feedback evaluation were examined in relation to antisocial behaviour and psychopathy.

The „feedback-related-negativity“ (FRN) is a negative-going, fronto-central ERP component. It is elicited when people receive unfavourable feedback about an action's outcome. Its amplitude is reported to be largest when consequences are worse than expected (Holroyd & Coles, 2002). A second relevant ERP component is the P300 (or P300b), a positive-going amplitude, which is most prominent over central-parietal electrodes. In previous gambling-tasks its amplitude has been modulated by expectation, attention and motivation (Donchin, 1981; Duncan-Johnson & Donchin, 1977; Yeung & Sanfey, 2004).

In the present study these ERP components were examined in a learning-gambling-task, based on the experimental task of Pfabigan et al. (2010a). The modified task version allowed manipulation of feedback valence and expectation to participants' choices.

The hypotheses were that the FRN-amplitude varies with feedback valence and expectation, with larger amplitudes for negative and unexpected feedback. Furthermore, FRN amplitude was assumed to vary with different characteristics of antisocial behaviour, with larger amplitudes when people tend to behave more antisocial. The P300 was thought to vary with feedback expectation, with larger amplitudes for unexpected feedback.

Valence, as well as expectation, significantly effected FRN-amplitudes. However, antisocial behaviour did not significantly influence FRN amplitudes. More antisocial participants showed a tendency to FRN amplitude reductions for unexpected negative feedback, which might indicate insufficient feedback monitoring. The interaction between expectation and valence showed a significant effect on P300 amplitudes. This interaction suggests that expectations play a role for feedback monitoring and P300 amplitudes.

The present results highlight the impact of valence and expectation on neural

feedback monitoring.

Zusammenfassung

Die FRN („Feedback-related-Negativity“), ein fronto-zentral auftretendes, ereigniskorreliertes Potential (EKP) mit negativem Wellenverlauf, und die P300, ein zentral-parietal auftretendes EKP mit positiver Amplitude, stehen in Gambling-Paradigmen in Zusammenhang mit Feedbackverarbeitung und Handlungsevaluation. Beide EKPs werden als Manifestationen von Teilprozessen der neuronalen Fehlerverarbeitung angesehen.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Variation der neuronalen Komponenten in einem Gambling-Paradigma untersucht. Die FRN wurde mit antisozialem Verhalten in Beziehung gesetzt. Basierend auf dem Gambling-Paradigma von Pfabigan et al. (2010a) wurde ein experimentelles Design entworfen, das es erlaubt Erwartungen, die gegenüber positivem und negativem Feedback aufgebaut wurden, experimentell zu manipulieren. Der Zusammenhang zwischen Fehlerverarbeitung von externem Feedback und der Ausprägung antisozialen Verhaltens wurde in einem nicht-sozialen Kontext mit monetärem Anreiz überprüft.

Die Hypothesen der vorliegenden Arbeit waren, dass die FRN mit der Valenz des Feedbacks und den Erwartungen gegenüber dem Feedback variiert, mit größeren Amplituden für negatives und unerwartetes Feedback. In Bezug auf antisoziales Verhalten und Psychopathie war die Annahme, dass Probanden mit stärkerer Ausprägung antisozialen Verhaltens erhöhte FRN-Amplituden auf unerwartet negatives Feedback zeigen würden als Personen mit weniger starken Ausprägungen in antisozialem Verhalten. Zusätzlich wurde angenommen, dass die P300 mit der Erwartung variiert, mit größeren Amplituden für unerwartete Ereignisse.

Hypothesenkonform konnte eine Variation der FRN-Amplitude mit der Valenz und der Erwartung festgestellt werden, mit höheren Amplituden nach negativem und unerwartetem Feedback. Es konnte kein Zusammenhang der FRN-Amplitude mit der Ausprägung antisozialen Verhaltens festgestellt werden. Es war visuell eine Tendenz zu verringerten FRN-Amplituden bei antisozialen Personen zu erkennen, in der unerwartet-negativen Bedingung sowie in der negativen Kontrollbedingung. Weiters konnte in der P300-Amplitude eine Interaktion

zwischen Erwartung und Valenz festgestellt werden, mit höheren Amplituden für unerwartetes, positives Feedback.

In Bezug auf das Design ist festzuhalten, dass die Kontrollbedingung ohne Erwartungsmanipulation eine hohe Aufgabenschwierigkeit darstellte. Diese Aufgabenschwierigkeit führte ohne Erwartungsmanipulation zu großen Amplituden in beiden Komponenten.

Die Studie hebt den Einfluss der Feedbackerwartung, zusätzlich zur Feedbackvalenz, auf die neuronale Fehlerverarbeitung hervor. Insgesamt kann die FRN als kognitives Korrelat der subjektiven Leistung in der Evaluation der Handlungsplanung angesehen werden. Die Handlung muss dafür als relevant und konsistent gegenüber den Konsequenzen gesehen werden. In den Konsequenzen muss weiter ein motivationaler Mehrwert gesehen werden (Balconi & Crivelli, 2010; Luu et al., 2000; Vidal et al., 2000; Bush et al., 2000; Hajcak et al., 2005).

Ausgehend von der aktuellen Literatur und der hier beobachteten Tendenz zu verringerten FRN-Amplituden bei antisozialen Personen in der unerwartet-negativen Bedingung und der negativen Kontrollbedingung, sind weiterführende Untersuchungen über eine Modifikation des experimentellen Paradigmas anzustreben.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Lydia Kogler
Geburtsdatum 21.02.1984
Geburtsort Graz
Staatsbürgerschaft Österreich
e-Mail lydia.kogler@univie.ac.at

Ausbildung

1990-1991 Volksschule Graz-St.Peter
1991-1994 Volksschule Reinthal, Hart/Graz
1994-1998 Wirtschaftskundliches Bundesrealgymnasium,
WIKU-BRG, Graz
1998-2002 Modellschule, private AHS mit Öffentlichkeits-
recht, Schwerpunkt: Bildnerische Erziehung, Graz
WS 2003- SS 2004 Studium Kulturtechnik und Wasserwirtschaft,
Universität für Bodenkultur, Wien
seit 2004 Studium der Psychologie
WS 2006 - SS 2007 E-Mentorin im PS Kulturpsychologie
von MMag. Stefan Hampl
Juli, August 2007 6-Wochen-Praktikum am Institut für
Psychosomatik und Verhaltenstherapie, Graz
WS 2008 - SS 2009 Studium im Master I Neuropsychologie,
Université Louis Pasteur, Strasbourg (F), unter-
stützt durch das ERASMUS-Mobilitätsstipendium
Okt. 2009 - Feb. 2010 Praktikum am Brain Research Lab,
Arbeitsbereich Biologische Psychologie,
Fakultät für Psychologie, Universität Wien
Juni 2010 Zuerkennung des Förderungsstipendiums der
Universität Wien
seit WS 2010 Studienassistentin an der Social, Cognitive and
Affective Neuroscience Unit,
Arbeitsbereich Biologische Psychologie,
Fakultät für Psychologie, Universität Wien