

# **Explizite und implizite Aufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer Aufmerksamkeitsdefizit- /Hyperaktivitätsstörung (ADHS)**

**Dissertation**  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität Tübingen  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Naturwissenschaften  
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt von  
Dipl.-Psych. Frank Nonnenmacher  
aus Nürtingen

Tübingen  
2012

Tag der mündlichen Qualifikation: 19.03.2013

Dekan: Prof. Dr. Wolfgang Rosenstiel

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Martin Hautzinger

2. Berichterstatter: PD Dr. Ute Strehl

## Zusammenfassung

Bislang gibt es keine Studie, in der explizite und implizite Aufmerksamkeitsprozesse bei Erwachsenen mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) experimentell untersucht wurde. Dabei gehören die Aufmerksamkeitsprobleme zu den Kernproblemen dieser Erkrankung bei Erwachsenen. Ein besseres Verständnis der Aufmerksamkeitsproblematik könnte Informationen liefern, die zur Verbesserung der Diagnostik und der Therapie dieser Erkrankung beitragen. Studien zum Fahrverhalten bei Erwachsenen mit einer ADHS legen die Annahme nahe, dass die implizite Form der Aufmerksamkeitslenkung, im Gegensatz zur expliziten Form, bei diesen Patienten besonders betroffen ist. Der vorliegenden Studie liegt daher die Annahme zugrunde, dass die implizite Form der Aufmerksamkeitslenkung bei Erwachsenen mit einer ADHS stärker beeinträchtigt ist als die explizite Form.

Zur Überprüfung dieser Annahme werden 20 gesunde Erwachsenen mit 20 Erwachsenen mit einer ADHS verglichen. Beide Gruppen bearbeiten das Stroop- sowie das Flanker-Paradigma. Dabei handelt es sich um Inkongruenzaufgaben, die in der Kognitionspsychologie standardmäßig zur Untersuchung von Aufmerksamkeit eingesetzt werden. Beim Stroop-Paradigma sind explizite Prozesse der Aufmerksamkeitslenkung aktiv, während es beim Flanker-Paradigma implizite Prozesse sind. Sind bei Erwachsenen mit einer ADHS implizite Prozesse der Aufmerksamkeitslenkung stärker betroffen, sollten die Patienten im Vergleich zu den Gesunden beim Flanker-Paradigma stärkere Defizite zeigen als beim Stroop-Paradigma. Dabei interessieren nicht nur die Verhaltenskorrelate von Aufmerksamkeit, sondern auch die neurophysiologische Ebene. Neben Reaktionszeiten (RZ) und Prozent korrekter Antworten (PK) werden die ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) und zwar die P300-Peak-Latenz das lateralisierte Bereitschaftspotential (LRP) sowie die Fehlernegativierung (ERN) erfasst.

Auf der Verhaltensebene zeigen sich nicht die erwarteten Unterschiede. Der Inkongruenzeffekt ist für die PK bei den Patienten zwar größer als bei den Gesunden, eine stärkere Beeinträchtigung der impliziten Aufmerksamkeit im Vergleich zu expliziten Aufmerksamkeit ist bei den Patienten auf der Verhaltensebene jedoch nicht zu erkennen. Bei den EKP sind die Unterschiede wie erwartet: Sowohl hinsichtlich der P300-Peak-Latenz, als dem LRP und auch der ERN unterscheiden sich Gesunde und Patienten beim Flanker-Paradigma signifikant stärker als beim Stroop-Paradigma.

Die Ergebnisse legen die Annahme nahe, dass die implizite Form der Aufmerksamkeitslenkung bei Erwachsenen mit einer ADHS stärker betroffen ist. Diese Information könnte nutzbringend zur Verbesserung der Diagnostik dieser Störung verwendet werden. Die Ergebnisse dieser Studie stellen damit einen ersten Schritt in eine richtige Richtung dar.

## Danksagung

Alles, was auf der Erde geschieht, hat seine von Gott bestimmte Zeit:

geboren werden und sterben,

einpflanzen und ausreißen,

töten und Leben retten,

niederreißen und aufbauen,

weinen und lachen,

wehklagen und tanzen,

Steine werfen und Steine aufsammeln,

sich umarmen und sich aus der Umarmung lösen,

finden und verlieren, aufbewahren und wegwerfen,

zerreißen und zusammennähen, schweigen und reden.

Das Lieben hat seine Zeit und auch das Hassen,

der Krieg und der Frieden.

(Die Bibel: Pred. 3, 1-8)

Ich bin froh und dankbar, dass meine Zeit des Schreibens nun zu Ende ist. An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Ich möchte mich bei Prof. Dr. Boris Kotchoubey bedanken, der mich geduldig auf dem Weg meiner Dissertation begleitete und mir bei Fragen zur Methodik sowie zur Elektroenzephalographie kompetent mit Rat und Tat zur Seite stand. Bei PD Dr. Ute Strehl möchte ich mich zum einen für die kritischen und wissenschaftlichen Gespräche bedanken, die wesentlich zum Gelingen der Arbeit beitrugen, zum anderen für ihre verständnisvolle und wertschätzende Art, mit der sie Nebenbaustellen wie die Therapieausbildung tolerierte. Bei Prof. Dr. Martin Hautzinger möchte ich mich herzlich für alle organisatorische Unterstützung bedanken.

Des Weiteren möchte ich mich beim Evangelischen Studienwerk e.V. Villigst bedanken, ohne die finanzielle Unterstützung hätte diese Arbeit wohl niemals begonnen geschweige denn zu Ende geführt werden können. Bei der Christoph-Dornier-Stiftung sowie der Leitung in Tübingen Tina Betschinger möchte ich mich ebenfalls für die finanzielle sowie die logistische Unterstützung der Arbeit bedanken.

Bei meinen Freunden und Kollegen Laura Herde, Sebastian Wolf, Massimiliano Rea und Markus Schneider möchte ich mich für gute Ablenkungen und ermutigende Worte bedanken, durch die ich viel Motivation erfahren habe. Katrin Bruchmüller danke ich für ihre Zeit und Mühe beim Korrekturlesen. Zuletzt möchte ich bei meiner Ehefrau Sonja Nonnenmacher bedanken, die mir Kraft gab, bis zum Schluss durchzuhalten.

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung.....	1
1.1	Prävalenz, Komorbidität, Symptombild und Interventionen bei Erwachsenen mit einer ADHS.....	4
1.2	Diagnostik der ADHS im Erwachsenenalter.....	6
1.3	Unaufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS .....	11
1.4	Untersuchung impliziter und expliziter Aufmerksamkeitsprozesse durch Inkompatibilitätsaufgaben.....	14
1.4.1	Das Stroop-Paradigma.....	14
1.4.2	Das Flanker-Paradigma.....	16
1.5	Psychophysiologie der Inkompatibilitätsaufgaben .....	18
1.5.1	Die P300-Latenz.....	18
1.5.2	Das Lateralisierte Bereitschaftspotential.....	20
1.5.3	Die Fehlernegativierung .....	21
1.6	Inkompatibilitätsaufgaben bei Erwachsenen mit einer ADHS .....	23
1.7	Ereigniskorrelierte Potentiale bei einer ADHS .....	25
1.8	Theoretische Überlegungen .....	27
1.9	Hypothesen .....	31
2	Methode.....	33
2.1	Rekrutierung und Studienablauf .....	33
2.2	Ein- und Ausschlusskriterien.....	34
2.3	Beschreibung der Stichprobe .....	34
2.4	Studiendesign und statistische Auswertung .....	34
2.5	Diagnostik.....	35
2.5.1	Homburger ADHS-Skalen für Erwachsene (HASE).....	35
2.5.1.1	Wender Utah Rating Scale Kurzform(WURS-K).....	36

2.5.1.2 Wender-Reimherr-Interview (WRI).....	37
2.5.1.3 ADHS-Selbstbeurteilungsbogen (ADHS-SB).....	40
2.5.2 Strukturiertes Klinisches Interview nach DSM-IV.....	40
2.5.3 D2 Aufmerksamkeitsbelastungstest.....	42
2.5.4 Continuous-Performance Task (CPT) .....	43
2.5.5 Grundintelligenzskala20-R (CFT 20-R).....	45
2.5.6 Borderline Symptom Checkliste Kurzform (BSL-K).....	45
2.6 Technische Ausstattung und experimenteller Aufbau.....	46
2.6.1 Stroop-Paradigma .....	46
2.6.1.1 Apparatur und Reize.....	46
2.6.1.2 Ablauf .....	47
2.6.2 Flanker-Paradigma .....	47
2.6.2.1 Apparatur und Reize.....	47
2.6.2.2 Ablauf .....	48
2.7 Aufzeichnung des Elektro-Enzephalo-Gramms (EEG) .....	48
2.8 Aufbereitung der EEG-Daten für die statistische Auswertung.....	50
3 Ergebnisse .....	52
3.1 Störungsspezifische Testverfahren.....	52
3.1.1 WURS-K .....	52
3.1.2 ADHS-SB .....	53
3.1.3 WRI .....	54
3.1.4 BSL-K.....	55
3.1.5 SKID-I .....	55
3.2 Aufmerksamkeitsspezifische Testverfahren.....	57
3.2.1 D2 .....	57

3.2.2 CPT.....	57
3.3 Ergebnisse der experimentellen Paradigmen: Verhaltensdaten.....	59
3.3.1 Stroop-Paradigma .....	59
3.3.1.1 Gesunde.....	59
3.3.1.2 Patienten .....	60
3.3.2 Flanker-Paradigma .....	62
3.3.2.1 Gesunde.....	62
3.3.2.2 Patienten .....	63
3.3.3 Ergebnisse Stroop- und Flanker-Paradigma: Gruppenvergleich .....	65
3.3.3.1 Gruppenvergleich Prozent korrekter Antworten (PK): Inkongruenzeffekt.....	65
3.3.3.2 Gruppenvergleich Prozent korrekter Antworten (PK): Stroop vs. Flanker	66
3.3.3.3 Gruppenvergleich Reaktionszeiten (RZ): Inkongruenzeffekt: ....	68
3.3.3.4 Gruppenvergleich Reaktionszeiten (RZ):Stroop vs. Flanker .....	68
3.4 Ergebnisse der experimentellen Paradigmen: Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) .....	71
3.4.1 P300-Peak-Latenz.....	71
3.4.1.1 Inkongruenzeffekt bei Gesunden und Patienten .....	71
3.4.1.2 Gruppenvergleich: Stroop vs. Flanker .....	71
3.5 Das Lateralisierte Bereitschaftspotential (LRP) .....	77
3.5.1 Inkongruenzeffekt Gesunden und Patienten: S-LRP 200-300 ms .....	77
3.5.2 Gruppenvergleich S-LRP 200-300 ms: Stroop vs. Flanker .....	78
3.5.3 Inkongruenzeffekt Gesunde und Patienten: S-LRP 300-550 ms .....	81
3.5.4 Gruppenvergleich S-LRP 300-550 ms: Stroop vs. Flanker .....	81
3.5.5 Die Fehlernegativierung (ERN).....	87
3.5.5.1 ERN: Vergleich Gesunde vs. Patienten inkongruente Bedingung	87

3.5.5.2	Gruppenvergleich ERN: Stroop vs. Flanker.....	87
3.5.5.3	ERN: Stroop vs. Flanker .....	88
4	Diskussion.....	89
4.1	Zusammenfassung der Ergebnisse: Demographie und Diagnostik .....	89
4.2	Überprüfung der experimentellen Manipulation.....	90
4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse: Verhaltensdaten .....	90
4.3.1	Ergebnisse zu Hypothese I und II .....	90
4.3.2	Prozent Korrekt (PK):weitere Ergebnisse .....	91
4.3.3	Reaktionszeiten (RZ):weitere Ergebnisse .....	92
4.4	Interpretation der Ergebnisse: Verhaltensebene.....	92
4.5	Zusammenfassung der Ergebnisse: P300-Peak-Latenz und stimulusbezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential (S-LRP) .....	94
4.5.1	Ergebnisse zu Hypothese I und II .....	94
4.5.2	P300-Latenz: weitere Ergebnisse .....	95
4.5.3	S-LRP 200-300 ms: weitere Ergebnisse .....	95
4.6	Zusammenfassung der Ergebnisse: Fehlernegativierung (ERN).....	95
4.6.1	Ergebnisse zu Hypothese III und IV .....	95
4.7	Interpretation der Ergebnisse: Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP).....	96
4.8	Limitationen.....	98
4.9	Schlussfolgerung und Ausblick .....	100
5	Literaturverzeichnis.....	102
6	Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen .....	111
	Anhang A.....	112
	Anhang B .....	115

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1. Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Stroop-Experiments, wie es in der vorliegenden Studie verwendet wurde. Das Fixationskreuz wurde zu Beginn des Versuchs zunächst für 1000 ms dargeboten, danach erschien der erste Zielreiz für eine Dauer von 200 ms. Nach weiteren 1200 ms erschien der nächste Zielreiz. Kongruente Zielreize waren diejenigen Reize, bei denen die Wortbedeutung mit der Wortfarbe übereinstimmte. Bei inkongruenten Zielreizen stimmte die Wortbedeutung mit der Wortfarbe nicht überein. Bei den neutralen Reizen bestand zwischen Wortbedeutung und Wortfarbe kein Zusammenhang. Die „neutral 1“ Zielreize unterschieden sich insofern von den neutralen Zielreizen, als sie lediglich den kognitiven Prozess der Farbwahrnehmung bzw. Benennung ansprachen und nicht den automatischen Prozess der Worterkennung bzw. des Wortlesens. (ISI = Interstimulusintervall).....	15
Abbildung 2. Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Flanker-Experiments, wie es in der vorliegenden Studie verwendet wurde. Das Fixationskreuz wurde zu Beginn des Versuchs zunächst für 1000 ms dargeboten, danach erschien der erste Zielreiz, für eine Dauer von 200 ms. Nach weiteren 1200 ms erschien der nächste Zielreiz. Kongruente Zielreize waren diejenigen Reize, bei denen die flankierenden Reize mit dem Zielreiz (Buchstabe in der Mitte des Bildschirms „H“ oder „Z“) identisch waren. Bei inkongruenten Reizen wurde der Zielreiz von dem jeweils konkurrierenden Zielreiz umgeben. Bei den neutralen Reizen war der flankierende Reiz ein für die Antwort irrelevanter Reiz. Bei den „neutral 1“ Reizen wurde lediglich der Zielreiz dargeboten, flankiert von vier Bindestrichen pro Seite um die Reizbreite im visuellen Feld konstant zu halten. (ISI = Interstimulusintervall). .....	16
Abbildung 3. Mittelwert (+Standardfehler) der WURS-K für Patienten (n =20) und Gesunde (n =20)). (**p < .001). .....	52
Abbildung 4. Mittlere Summenwerte (+Standardabweichung) im ADHS-SB für Patienten (n = 20) und Gesunde (n = 20) für die 3 Syndrombereiche (Unaufmerksamkeit, Überaktivität, Impulsivität) und den Gesamtsummenwertes. (**p < .001).....	53
Abbildung 5. Normierte Werte für den Continuous Performance Task (CPT) für die Patienten (n = 20) und die Gesunden (n = 20). Der Normbereich liegt zwischen den roten Linien. Die vertikalen Linien durch die Datenpunkte stellen die Standardfehler der Mittelwerte dar.....	58
Abbildung 6. Größe des Inkongruenzeffekts (Standardfehler) Gesunde vs. Patienten, gemittelt über das Stroop- und das Flanker-Paradigma. (*p < .05). .....	65
Abbildung 7. Prozent korrekter Antworten (PK) (Gesunde vs. Patienten) für das Stroop-Paradigma (links) und das Flanker-Paradigma (rechts). .....	67

Abbildung 8. Reaktionszeiten (RZ) für beide Gruppen (Gesunde vs. Patienten) für das Stroop-Paradigma (links) und für das Flanker-Paradigma (rechts). (ms = Millisekunden)	69
Abbildung 9. P300-Peak-Latenz in der kongruenten Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz .....	72
Abbildung 10. P300-Peak-Latenz in der inkongruenten Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz .....	72
Abbildung 11. P300-Peak-Latenz in der neutralen Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz .....	73
Abbildung 12. P300-Peak-Latenz in der neutral1 Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz .....	73
Abbildung 13. P300-Peak Latenz (Standardfehler) an der Elektrodenposition Cz für die Post-Hoc Analyse. Es fanden separate Varianzanalysen für jede der vier Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral und neutral1 statt. ....	75
Abbildung 14. Inkongruenzeffekt (Standardfehler) für beide Gruppen in Abhängigkeit vom experimentellen Paradigma (Stroop vs. Flanker). (°einseitig p < .05) .....	76
Abbildung 15. S-LRP 200-300 ms in der inkongruenten Bedingung Gesunde und Patienten für beide Paradigmen (Stroop und Flanker) gemittelt. (°einseitig p < .05).....	77
Abbildung 16. Mittelwerte (Standardfehler) des S-LRP (Stimulus bezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential) im Zeitintervall 200-300 ms. Dargestellt sind die Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung. ....	78
Abbildung 17. Mittelwerte der beiden Gruppen über die einzelnen Bedingungen des Stroop- sowie des Flanker-Paradigmas in Bezug auf das S-LRP (Stimulus bezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential) im Zeitintervall 200-300 ms. (*p < .05 signifikant; die Streubalken stellen den Standardfehler dar).....	79
Abbildung 18. Inkongruenzeffekt (Standardfehler) beim S-LRP im Zeitintervall zwischen 200 und 300 ms für beide Gruppen in beiden experimentellen Paradigmen (Stroop vs. Flanker). (**p < .00) .....	80
Abbildung 19. Mittelwerte (Standardfehler) des S-LRP (Stimulus bezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential) im Zeitintervall 300-550 ms. Dargestellt sind die Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung. ....	82

- Abbildung 20. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) des Stroop-Paradigmas bei den Gesunden. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie)..... 83
- Abbildung 21. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) des Stroop-Paradigmas bei den Patienten. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie)..... 84
- Abbildung 22. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) des Flanker-Paradigmas bei den Gesunden. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie)..... 85
- Abbildung 23. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) des Flanker-Paradigmas bei den Patienten. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie)..... 86
- Abbildung 24. ERN in der inkongruenten Bedingung Gesunde und Patienten über beide Paradigmen (Stroop und Flanker) gemittelt. ( $^{\circ}$ einseitig  $p < .05$ ) ..... 87
- Abbildung 25. Gesunde und Patienten über die einzelnen Bedingungen des Stroop- sowie des Flanker-Paradigmas. ( $^{\circ}$  bei einseitiger Testung  $p < .05$ ; ERN = Fehlernegativierung; die Streubalken stellen den Standardfehler dar) ..... 88

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1. Auflistung der Interview-Fragen aus dem Wender-Reimherr-Interview. (Aus Homburger ADHS-Skalen für Erwachsene (Rösler, Retz-Junginger, Retz, & Stieglitz, 2008)) .....	11
Tabelle 2. Auflistung der einzelnen Testverfahren der Homburger-ADHS-Skalen für Erwachsene.....	36
Tabelle 3. Übersicht über die innere Konsistenz der einzelnen Skalen des Wender-Reimherr-Interviews (Rösler, Retz-Junginger, et al., 2008).....	39
Tabelle 4. Struktur des Strukturierten Klinischen Interviews nach DSM-IV Achse I.....	41
Tabelle 5. Übersicht über die Ergebnisvariablen des D2-Tests, wie sie in der vorliegenden Arbeit verwendet wurden.....	43
Tabelle 6. Übersicht über die durch den Continous-Performance-Task gemessenen Variablen sowie deren Bedeutung.....	44
Tabelle 7. Im Wender-Reimherr-Interview (WRI) erfragte Symptombereiche zusammen mit der Anzahl der Items pro Symptombereich. Angegebenen ist der mittlere Summenwert pro Symptombereich, der mittlere Schwergrad pro Symptombereich sowie eine klassifikatorische Angabe über die Anzahl der Patienten in Prozent, die den jeweiligen Symptombereich erfüllen bzw. nicht erfüllen. In Klammern befindet sich jeweils die absolute Anzahl der Personen die den Symptombereich erfüllen bzw. nicht erfüllen. Schweregradeinteilung: 0 = nicht vorhanden, 1 = leicht, 2 = mittel, 3 = schwer, 4 = sehr schwer.....	54
Tabelle 8. Ergebnisse der WURS-K, des ADHS-SB, der BSL-K sowie des SKID für die Patienten und die Gesunden (** <sup>**</sup> zweiseitig p < .001) .....	56
Tabelle 9. D2 Prozentränge sowie der t-Werte für die Patienten (n = 20) und die Gesunden (n =20). GZ = Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen, GZ-F = Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen minus Anzahl der Fehler, KL = Konzentrationsleistungswert, SB = Schwankungsbreite. (° einseitig p < .05).....	57
Tabelle 10. Normierte Werte (Standardabweichung) des Continuous-Performance-Task (CPT) für die Gesunden (n = 20) und die Patienten (n = 20) sowie die zugehörigen t-Werte und die Freiheitsgrade (df). RZ = Reaktionszeit, VA = Variabilität, OM = Omissionsfehler, CO = Comissionsfehler. Die Angaben Teil 1 und Teil 2 beziehen sich auf die erste und zweite Testhälfte. (° einseitig p < .05; *Levene-Test auf Varianzhomogenität wurde verletzt).....	58

Tabelle 11. Verteilung der Anzahl der Ausreißer in Prozent über die Gruppen (Patienten und Gesunde), die experimentellen Paradigmen (Stroop und Flanker) und Variablen. Als Ausreißer wurden alle Werte klassifiziert, die 2 Standardabweichungen über oder unter dem Mittelwert lagen.....	59
Tabelle 12. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten (Standardabweichung) der Gesunden im Stroop-Paradigma, für die 4 experimental Bedingungenkongruent, inkongruent, neutral, neutral1.....	60
Tabelle 13. Mittelwerte der Reaktionszeiten in Millisekunden (Standardabweichung) der Gesunden beim Stroop-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.....	60
Tabelle 14. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten (Standardabweichung) der Patienten beim Stroop-Paradigma, für die 4 Bedingungenkongruent, inkongruent, neutral, neutral1.....	61
Tabelle 15. Mittelwerte der Reaktionszeiten (Standardabweichung) der Patienten beim Stroop-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1... 61	
Tabelle 16. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten (Standardabweichung) der Gesunden beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.....	62
Tabelle 17. Mittelwerte der Reaktionszeiten (Standardabweichung) der Gesunden beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.. 62	
Tabelle 18. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten(Standardabweichung) der Patienten beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungenkongruent, inkongruent, neutral, neutral1.....	63
Tabelle 19. Mittelwerte der Reaktionszeiten (Standardabweichung) der Patienten beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.. 64	
Tabelle 20. Mittelwerte der P300-Peak-Latenz in Millisekunden (Standardabweichung) an der Elektrodenposition Cz für die einzelnen experimentellen Bedingungen.....	74
Tabelle 21. Ergebnisse der Verhaltensdaten in Bezug auf die Hypothesen I und II. ....	91
Tabelle 22. Ergebnisse zur P300-Peak-Latenz und zum S-LRP zu Hypothesen I und II....	94
Tabelle 23. Ergebnisse der ERN zu Hypothese III und IV. ....	96

## 1 Einleitung

„Herr B. ist ein 32 jähriger Patient, der über diverse Probleme in unterschiedlichen Lebensbereichen klagt. Hauptsächlich berichtet er von Schwierigkeiten im Beruf. Es komme häufig vor, dass er Arbeitsaufträge seines Vorgesetzten vergesse bzw. sich an wichtige Details der Arbeitsaufträge nicht mehr erinnere. Aus Scham ständig nachzufragen, versuche er dann die Arbeit nach bestem Wissen und Gewissen zu erledigen. Aufgrund der fehlenden Informationen gelinge ihm dies jedoch nicht. Hinzu komme, dass er auch bei der Arbeit oftmals Flüchtigkeitsfehler mache, so dass Berechnungen oder andere wichtige Details nicht stimmten. Dies führe dazu, dass er oftmals Schwierigkeiten mit seinen Vorgesetzten bekomme, weil diese ihm eine gewisse Absicht oder Faulheit unterstellten. Oftmals komme es auch vor, dass er in der Arbeit einen Ordner aus dem Regal nehme, diesen jedoch dann aus Unachtsamkeit nicht wieder an denselben Ort zurückstelle. Sucht den Ordner im Anschluss daran ein Kollege, findet dieser den Ordner nicht. Herr B. wisse selbst jedoch auch nicht mehr wo er den Ordner hingestellt habe. Solcherlei Situationen gebe es täglich. Er vergesse beispielsweise ständig seinen Geldbeutel oder seinen Schlüssel und wisse dann nicht mehr, wo er diese Gegenstände zuletzt liegen gelassen habe. Ein weiterer Problembereich sei seine Desorganisation. Er verpasse häufig Termine weil er dachte, sie seien an einem anderen Tag oder zu einer anderen Uhrzeit. Wenn er einen Termin nicht verpasse, dann komme er mit hoher Wahrscheinlichkeit zu spät. Dies läge daran, dass es ihm einfach nicht gelänge, seinen Tagesablauf zeitlich richtig zu strukturieren. Letztlich führten diese Probleme zu massiven sozialen Konflikten. Zu Hause gebe es oft Streitigkeiten, weil die Frau von Herrn B. sehr unter seiner „Unzuverlässigkeit“ leide und diese in vielen Bereichen kompensieren müsse. Außerdem komme es in Konflikten mit seiner Frau häufig zu impulsiven Wutausbrüchen seinerseits. Ein weiterer Problembereich sei seine innere Unruhe. In Situationen, wie z.B. im Kino, abends vor dem Fernseher und natürlich auch bei der Arbeit, falle es ihm extrem schwer längere Zeit ruhig sitzen zu bleiben. Seine innere Anspannung werde dann so groß, dass er beginne mit den Füßen zu wippen, seine Körperposition häufig zu wechseln oder irgendetwas in die Hände zu nehmen, mit dem er dann spiele. In jüngster Zeit sei es nun aufgrund der genannten Schwierigkeiten zum Verlust seines Arbeitsplatzes gekommen. Er fühle sich nun niedergeschlagen und hoffnungslos, da er nicht wisse wie er in seinem Alter noch einen guten Job finden könne. Außerdem bestünden nach wie vor die beschriebenen Probleme, weswegen er befürchte auch seinen nächsten Arbeitsplatz nicht lange behalten zu können.“ (Auszug aus einer Patientenakte)

Das eben geschilderte Fallbeispiel beschreibt die typischen Schwierigkeiten und Symptome eines Erwachsenen, der an einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung leidet (Philipsen, Tebartz van Elst, Lesch, Jans, & Warnke, 2009). Nach dem Diagnostischen und Statistischen Manual Psychischer Störungen IV –

Textrevison- (Saß, Wittchen, Zaudig, & Houben, 2003) ist die Erkrankung folgender Maßen definiert:

„Das Hauptmerkmal einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung ist ein durchgehendes Muster von Unaufmerksamkeit und/oder Hyperaktivität und Impulsivität, das häufiger und schwerwiegender ist, als bei Personen auf vergleichbarer Entwicklungsstufe typischerweise beobachtet wird (**Kriterium A**). Einige Symptome von Hyperaktivität und Impulsivität oder Unaufmerksamkeit, die diese Störung verursachen, müssen schon vor dem siebten Lebensjahr auftreten; bei vielen Personen wird die Diagnose jedoch erst gestellt, nachdem die Symptome schon einige Jahre bestehen, insbesondere beim vorwiegend Unaufmerksamen Typus (**Kriterium B**). Eine Beeinträchtigung durch diese Symptome muss in mindestens zwei Lebensbereichen auftreten (z.B. zu Hause und in der Schule bzw. am Arbeitsplatz) (**Kriterium C**). Es müssen eindeutige Anzeichen einer Beeinträchtigung der entwicklungsgemäßen sozialen, schulischen oder beruflichen Leistungsfähigkeit gegeben sein (**Kriterium D**). Die Störung tritt nicht ausschließlich im Rahmen einer Tiefgreifenden Entwicklungsstörung, Schizophrenie oder einer anderen Psychotischen Störung auf und kann nicht durch eine andere psychische Störung besser erklärt werden (wie z.B. durch eine affektive Störung, Angststörung, Dissoziative Störung oder Persönlichkeitsstörungen) (**Kriterium E**).“ (Saß, et al., 2003, S. 118)

Die Definition dieser Erkrankung wird im DSM-IV durch die Beschreibung von Subtypen der Erkrankung weiter differenziert. Es werden drei Subtypen unterschieden: Zum einen der *Mischtypus*. Bei diesem Typus liegen sowohl Symptome aus dem Bereich Unaufmerksamkeit als auch Symptome aus dem der Hyperaktivität und Impulsivität vor. Ein weiterer Typus wird als vorwiegend *unaufmerksamer Typus* bezeichnet. Bei diesem Typus liegen vorwiegend Symptome aus dem Bereich der Unaufmerksamkeit vor. Der letzte der drei Subtypen wird als vorwiegend *Hyperaktiv-Impulsiver Typus* bezeichnet. Diese diagnostische Kategorie ist dann zu vergeben, wenn vorwiegend Symptome aus dem Bereich Hyperaktivität und Impulsivität vorliegen. Der Zeitraum innerhalb dessen die Symptome beständig vorhanden gewesen sein müssen, beträgt für alle drei Subtypen sechs Monate.

Die ADHS wird im DSM-IV den Störungen zugeordnet, die gewöhnlich zuerst im Kleinkindalter, in der Kindheit oder in der Adoleszenz diagnostiziert werden. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich jedoch mit der ADHS bei Erwachsenen. Hierbei handelt es sich um dieselbe Erkrankung. Die Symptome, die in der Kindheit bestanden haben, bestehen im Erwachsenenalter fort. Das bedeutet, dass eine Diagnose einer ADHS im Erwachsenenalter nicht gestellt werden kann, wenn im Kindesalter nicht ebenfalls die Diagnose einer ADHS vorlag. Demzufolge handelt es sich bei der ADHS im Erwachsenenalter um eine chronifizierte Form der ADHS im Kindesalter. In Bezug auf die Abgrenzung der ADHS im Kindesalter zu der ADHS im Erwachsenenalter ist jedoch anzumerken, dass das DSM-IV vor allem das Symptombild der ADHS im Kindesalter

beschreibt. Kriterien die speziell für die Problembereiche im Erwachsenenalter formuliert wurden, liegen im DSM-IV bislang nicht vor. Ein weiterer Unterschied zur ADHS im Kindesalter besteht darin, dass im Erwachsenenalter aufgrund der Chronifizierung weitere Symptome bzw. Problembereiche hinzukommen, die jedoch ebenfalls in den vorliegenden diagnostischen Kriterien nicht berücksichtigt werden. So beschreiben Krause und Krause (2009), dass es bei dieser Patientengruppe häufig zu Desorganisation, Selbstwertproblemen, gestörtem Sozialverhalten, emotionaler Labilität sowie Stressintoleranz kommen kann. Das heißt bei Erwachsenen Patienten, die an einer ADHS leiden, hat es der behandelnde Therapeut oftmals nicht mehr nur mit den Aufmerksamkeitsproblemen und/oder der Impulsivität und Hyperaktivität zu tun, sondern mit einem breiten Spektrum an psychischen Beeinträchtigungen. Diese führen oftmals zu einer drastischen Reduzierung des Funktionsniveaus der Patienten.

## 1.1 Prävalenz, Komorbidität, Symptombild und Interventionen bei Erwachsenen mit einer ADHS

Angaben zur Prävalenz dieser Störung schwanken stark. Im Erwachsenenalter werden Prävalenzen von 1 bis 7,3% angegeben (Schmidt & Petermann, 2009). In neueren Publikationen zeichnet sich ein Trend zu höheren Prävalenzen ab. Während ältere Studien eine Prävalenz von 2% bei Erwachsenen angeben (K. H. Krause, Krause, & Trott, 1998; Steinhause, 2003; Wender, Ward, Reimherr, & Marchant, 2000), wird in neueren Studien von Prävalenzen zwischen 3 bis 5% berichtet (Dopheide & Pliszka, 2009; Sobanski, Bruggemann, et al., 2008). Die höchsten angegebenen Prävalenzen mit 7,3% finden sich in dem Artikel von Fayyad und Kollegen (Fayyad et al., 2007). Weshalb ist es wichtig an dieser Stelle genauer auf die Angaben der Prävalenzen einzugehen, wo es doch bei beinahe jeder psychischen Störung gewisse Schwankungen gibt?

Ein Grund hierfür liegt in der diagnostischen Herausforderung, die diese Erkrankung mit sich bringt (Bell, 2010). Auf diese Herausforderung soll an späterer Stelle noch eingegangen werden. Ein weiterer Grund liegt in der Zunahme der Popularität dieser Störung. Bei Betrachtung des aktuellen Bildes der ADHS bei Erwachsenen scheint es keinen Zweifel daran zu geben, dass es diese Erkrankung gibt, bzw. schon immer gegeben hat. Dieses Bild war jedoch nicht immer dergestalt. Erste Studien, die sich mit einem möglichen Fortbestehen Hyperkinetischer Symptome ins Erwachsenenalter beschäftigten, wurden bereits Ende der 70er und Anfang der 80er Jahre publiziert (Wender, Reimherr, & Wood, 1981; D. Wood, Wender, & Reimherr, 1983; D. R. Wood, Reimherr, Wender, & Johnson, 1976). Eine Ergänzung des ICD-10, dass diese Diagnose auch im Erwachsenenalter gestellt werden kann, fand 1992 statt. Es folgten Studien, die nachweisen konnten, dass bei bis zu 80% aller Betroffenen einige oder alle Symptome ins Erwachsenenalter persistieren können (K. H. Krause, et al., 1998). Aktuell besteht jedoch der Eindruck, dass sich die Diagnose einer ADHS bei Erwachsenen einer immer größeren Beliebtheit erfreut und droht, zu einer Art Modediagnose zu mutieren (Hesslinger, Philipsen, Richter, & Ebert, 2003). Ein solcher Trend läuft oftmals zu Lasten der Patienten, die tatsächlich an einer ADHS im Erwachsenenalter leiden. Gleichzeitig ist die psychotherapeutische Versorgung dieser Patienten unzureichend (Hesslinger, et al., 2003). Es gibt mittlerweile zwar viele Behandlungsansätze, keiner dieser Ansätze hat bislang jedoch in randomisiert kontrollierten Studien seine Wirksamkeit nachweisen können. Bislang liegen nur randomisiert kontrollierte Studien für die Wirksamkeit von Methylphenidat vor (Meszaros et al., 2009). Die Behandlung mit Methylphenidat wird mit der Evidenzstufe 1 A bewertet und offiziell als Therapie der ersten Wahl empfohlen (Jacob, Philipsen, Ebert, & Deckert, 2008). Es existieren jedoch bereits fruchtbare psychotherapeutische Ansätze der Behandlung. So gibt es zwei Studien, die einen positiven Einfluss auf das Symptombild der ADHS durch eine störungsspezifische Verhaltenstherapie berichten (Hesslinger et al., 2002; Stevenson, Whitmont, Bornholt, Livesey, & Stevenson, 2002). Mittlerweile liegt eine weitere Studie vor (Hesslinger, et al.,

2003), die sich bei der Behandlung der ADHS stark am dem Programm von M. Linnehan zur Behandlung von Borderline-Störungen orientiert. In dieser Studie zeigten sich ebenfalls positive Effekte auf das Symptombild der ADHS bei Erwachsenen. Bei der Behandlung von Kindern mit einer ADHS gibt es neben der medikamentösen und verhaltenstherapeutischen Behandlung inzwischen auch erfolgsversprechende Behandlungsansätze mittels Neurofeedback-Training (Holtmann et al., 2004; Leins et al., 2006; Strehl, Leins, et al., 2006; Strehl, Trevorow, et al., 2006). Eine solche Behandlung scheint sich derzeit in einer noch nicht abgeschlossenen Studie auch bei Erwachsenen als wirksam zu erweisen (Mayer et al. 2012).

Die ADHS in ihrem chronischen Verlauf ins Erwachsenenalter, hat eine nicht zu vernachlässigende Funktion als Risikofaktor für das Auftreten psychosozialer Probleme(Jacob, et al., 2008). So wurden in einer Studie (Murphy & Barkley, 1996) zwei Gruppen von Erwachsenen verglichen, die sich beide in einer psychotherapeutischen Hochschulambulanz für ADHS vorstellten. Bei der diagnostischen Abklärung erhielten 172 Personen die Diagnose einer ADHS (DSM-III-R) im Erwachsenenalter; 30 Personen, die keine Diagnose erhielten, wurden als Kontrollgruppe verwendet. In der Studie konnte gezeigt werden, dass Erwachsene mit einer ADHS signifikant häufiger an Verhaltensstörungen sowie an Alkoholabhängigkeit leiden. Des Weiteren zeigte sich, dass Erwachsene mit einer ADHS häufiger unter somatischen Beschwerden, unter interpersonellen Problemen, unter Depression, Angst sowie sozialer Ablehnung leiden. Der Grad der allgemeinen Beeinträchtigung bei Erwachsenen mit einer ADHS war ebenfalls signifikant höher als bei der Kontrollgruppe. Im Bereich psychosozialer Beeinträchtigungen zeigte sich, dass Erwachsene mit einer ADHS häufiger von der Schule suspendiert wurden, schlechtere Noten und Schulabschlüsse hatten, häufiger den Arbeitsplatz verloren und häufiger den Führerschein verloren. Dieses Bild ließ sich in einer weiteren Studie (McGough et al., 2005) bestätigen. In dieser Studie wurden Eltern von Kindern mit einer ADHS ebenfalls auf eine mögliche ADHS hin untersucht. In den 230 Familien war in 43% der Fälle kein Elternteil betroffen, in 47% der Fälle zeigte ein Elternteil eine ADHS und in 10% der Fälle waren beide Elternteile betroffen. 53% wurden dem vorwiegend unaufmerksamen Typus und 47% dem hyperaktiv/impulsiven Typus zugeordnet. Die betroffenen Erwachsenen litten signifikant häufiger als die Eltern ohne eine ADHS unter Affektiven Störungen (Major Depression, Bipolar I Störung), Angststörungen und Abhängigkeitserkrankungen. Darüber hinaus konnten die Autoren zeigen, dass eine ADHS ein allgemeiner Risikofaktor für das Auftreten von Affektiven- sowie Angststörungen ist. Sobanski und Kollegen (2008) untersuchten ebenfalls komorbide Störungen und psychosoziale Beeinträchtigungen, diesmal jedoch unter Berücksichtigung der ADHS Subtypen. Auch in dieser Studie ergibt sich ein ähnliches Bild wie in den zuvor genannten. Auf psychosozialer Ebene zeigte sich, dass Erwachsene mit einer ADHS signifikant weniger lange Paarbeziehungen (> 1 Jahr), eine signifikant niedrigere Bildung und signifikant mehr Schul- oder Ausbildungsabbrüche haben. Darüberhinaus sind sie häufiger arbeitslos. Auf der Ebene der komorbiden Erkrankungen haben Erwachsene mit einer ADHS signifikant häufiger affektive Störungen,

Abhängigkeitserkrankungen und Essstörungen. Darüber hinaus war die allgemeine Lebenszeitprävalenz in Bezug auf psychische Störungen fast doppelt so hoch wie bei der Kontrollgruppe (Erwachsene mit einer ADHS 80.6% vs. Kontrollen 42.9%). Dieser Unterschied war statistisch signifikant. In Bezug auf den Vergleich der ADHS Subtypen, fanden Sobanksi und Kollegen heraus, dass die Unaufmerksamkeit die am längsten andauernde Symptomatik ist. So zeigte sich, dass von 118 untersuchten Erwachsenen, die in der Kindheit die Diagnose des „Kombinierten Typus“ erhalten hatten, 20.3 % aktuell nur noch die Kriterien für den „Vorwiegend Unaufmerksamen Typus“ erfüllen. Weitere Vergleiche der Subtypen brachten keine eindeutigen Ergebnisse. Die Autoren spekulieren jedoch, dass dasjenige Symptom-Cluster, welches die stärksten Beeinträchtigungen mit sich bringt, das der Unaufmerksamkeit ist und nicht das der Hyperaktivität/Impulsivität(Sobanski, Bruggemann, et al., 2008). Diese Spekulation wird durch den Befund gestärkt, dass Aufmerksamkeitsprobleme zusammen mit Symptomen im Bereich der Emotion und des Affektes eine größere prädiktive Funktion für das Auftreten komorbider Störungen haben als die anderen Symptomcluster der ADHS im Erwachsenenalter (Unruhe/Hyperaktivität, Impulskontrolle/Disinhibition, Stresstoleranz) (Bell, 2010). Darüber hinaus scheint es erste Hinweise darauf zu geben, dass diese Patienten nicht nur an zusätzlichen psychischen Problemen leiden, sondern auch vermehrt über somatische Beschwerden klagen. Diese somatischen Beschwerden scheinen sogar einen noch höheren Stellenwert einzunehmen, als die psychischen Beeinträchtigungen. In Anbetracht der genannten Befunde ist es daher nicht verwunderlich, dass auch die gesundheitsbezogene Lebensqualität dieser Patientenpopulation stark beeinträchtigt ist (Bell, 2010).

Welches Bild stellt sich nun bei zusammenfassender Betrachtung der bisher genannten Informationen zu diesem Krankheitsbild dar? Zunächst ist festzuhalten, dass es sich bei der ADHS im Erwachsenenalter um eine chronische Erkrankung handelt(Bell, 2010), die mit einer mittleren Prävalenzrate von 3-5% (Dopheide & Pliszka, 2009) häufiger ist, als beispielsweise bipolare oder schizophrene Erkrankungen (Hesslinger, et al., 2003). Kennzeichen erwachsener Patienten sind starke psychosoziale Beeinträchtigungen (geringere Bildung, geringerer sozioökonomischer Status, Arbeitslosigkeit...) und häufig auftretende komorbide Erkrankungen. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität dieser Patienten ist aufgrund der vielfältigen Beeinträchtigungen stark reduziert, und die klinische Versorgung dieser Patienten ist schlecht (Hesslinger, et al., 2003).

## 1.2 Diagnostik der ADHS im Erwachsenenalter

An dieser Stelle richtet sich der Fokus der vorliegenden Arbeit auf die bereits eingangs kurz erwähnte diagnostische Herausforderung, die diese Störung mit sich bringt(Bell, 2010). Die effektive und effiziente Behandlung einer Erkrankung setzt eine reliable und valide Diagnostik voraus. Warum ist dieses Thema in Bezug auf die ADHS im Erwachsenenalter von Bedeutung? Die Bedeutung dieses Themas erschließt sich bei

genauerer Betrachtung der folgenden drei Punkte: 1.) Die ADHS im Erwachsenenalter ist eine chronische Erkrankung mit Beginn in der Kindheit. Nach den diagnostischen Kriterien des DSM-IV müssen einige Symptome der Unaufmerksamkeit und/oder der Hyperaktivität/Impulsivität bereits vor dem 7ten Lebensjahr vorhanden gewesen sein. 2.) Das Symptombild bleibt nicht konstant, sondern ändert sich mit dem Erwachsenwerden. 3.) Bei fast jedem zweiten Patienten mit ADHS im Erwachsenenalter treten Symptome anderer psychischer Störungen auf (Bell, 2010). Aus diesen drei Punkten leiten sich spezifische diagnostische Schwierigkeiten ab, die sich durchaus von der Diagnostik anderer psychischer Erkrankungen unterscheiden.

Zu 1.) Dieser Punkt macht bereits einen zentralen Unterschied zwischen der Diagnostik der ADHS im Erwachsenenalter und beispielsweise der Diagnostik von Angst- oder Zwangsstörungen, Depression oder Schizophrenie bei Erwachsenen deutlich. Denn kann eine Diagnose im Kindesalter nicht zuverlässig gestellt werden, ist es notwendig, diese retrospektiv zu rekonstruieren. Diese Notwendigkeit stellt sich bei den anderen genannten psychischen Erkrankungen nicht. Offensichtlich drängt sich an dieser Stelle die Frage auf, inwieweit die Angaben eines beispielsweise 45-jährigen Mannes bzgl. seiner ADHS Symptomatik vor seinem 7ten Lebensjahr verlässlich und diagnostisch tatsächlich verwertbar sind, zumal diese Person bereits ca. 40 Jahre mit diesen Symptomen lebt. Auf psychologischer Ebene wird deutlich, dass an dieser Stelle des diagnostischen Prozesses Artefakte hinzukommen, die durch Gedächtnisprozesse sowie Prozesse der Identitätsentwicklung, was auch die Integration von „Symptomen“ in das Selbstkonzept betrifft, verursacht werden. Dies führt oftmals dazu, dass Patienten bestimmte Symptome als normalen Teil ihres Lebens ansehen, ohne sich darüber bewusst zu sein, dass sie an einer Erkrankung leiden. Auf der anderen Seite gibt es Personen, die unter bestimmten Aspekten ihres Lebens leiden, sich dies Schwierigkeiten jedoch nicht erklären können. Wenn diese Patienten von einer Erkrankung hören, die ihre aktuellen Schwierigkeiten erklären könnte, werden oftmals auch im Kindesalter solche Beschwerden angegeben, obwohl in Zeugnissen oder anderen Fremdanamnestischen Informationsquellen keine Evidenzen dafür vorliegen. Letztlich bedingt dieser Punkt die Rate falsch positiv bzw. falsch negativ klassifizierter Personen, wenn nicht alle zu Verfügung stehenden Informationsquellen genutzt und zu einem Bild integriert werden.

Zu 2.): Der zweite Punkt betrifft die Tatsache, dass die im DSM-IV formulierten Symptome die Symptome der erwachsenen Patienten nicht adäquat abbilden, da sich die Symptomatik über den Verlauf der Zeit verändert. So gibt es, wie bereits erwähnt, erste Evidenzen dafür, dass das Symptom der Unaufmerksamkeit überdauernder ist, wohingegen die Hyperaktivität/Impulsivität mit dem Erwachsenwerden eher ausklingt bzw. sich verändert (Rösler & Retz, 2006). Die für Kinder typische motorische Unruhe weicht vielfach einer inneren Unruhe im Erwachsenenalter. Die Impulsivität im Erwachsenenalter hat ebenso ihre eigene Ausdrucksform: so meiden Betroffene beispielsweise lange Theaterbesuche, das Lesen anspruchsvoller Literatur oder langes

Anstehen(Rösler & Retz, 2006). Als typisch für Erwachsene mit einer ADHS gelten ferner eine vermehrte Reizoffenheit, Konzentrationsstörungen, leichte Ablenkbarkeit, schlechtes Zeitmanagement. Folge dieser Symptome sind sekundäre Probleme wie häufige Wechsel des Arbeitsplatzes, Partnerschaftsprobleme und finanzielle Schwierigkeiten. Aus den unter diesem Punkt genannten Veränderungen des Erscheinungsbildes der ADHS ergeben sich zwei konkrete Schwierigkeiten. Die erste offensichtliche Schwierigkeit liegt darin, dass es bislang trotz zahlreicher diagnostischer Verfahren für die ADHS im Erwachsenenalter keinen diagnostischen Standard gibt. So kann die Diagnose beispielsweise nach den Wender-Utah-Kriterien vergeben werden oder nach den DSM-IV Kriterien (McGough & Barkley, 2004). Beide Verfahren finden in der Wissenschaft häufig Anwendung, unterscheiden sich jedoch in ihrem diagnostischen Ergebnis. So sind beispielsweise die Wender-Utah-Kriterien restriktiver, weil sie als notwendige Bedingung für die Vergabe der Diagnose das Vorhandensein von Symptomen der Unaufmerksamkeit und der Hyperaktivität/Impulsivität voraussetzen. Dies hat zur Folge, dass mit diesen Kriterien ausschließlich der kombinierte Typus diagnostiziert wird. Nach den DSM-IV Kriterien ist es jedoch auch möglich, den vorwiegend unaufmerksamen Typus zu diagnostizieren. Eine Aussage über die entwicklungsbezogene Veränderung von Symptomen ist dann nicht möglich(McGough & Barkley, 2004). Das DSM-IV betreffend ist darüber hinaus zu erwähnen, dass spezifische Diagnosekriterien für eine ADHS im Erwachsenenalter bislang fehlen. Dementsprechend wurde die Reliabilität und die Validität des diagnostischen Konzepts der ADHS im Erwachsenenalter durch die Expertengruppe der WHO und der American Psychiatric Association in Feldstudien bislang nicht gesichert (Rösler & Retz, 2006).Die zweite Schwierigkeit betrifft einen eher praktischen Aspekt. Im Erwachsenenalter scheinen sich mehr Symptome auf einer intrapsychischen Ebene abzuspielen. So weicht beispielsweise die Hyperaktivität einem Gefühl der inneren Unruhe. Dies ist im Vergleich zu beobachtbarem Verhalten wesentlich schwerer zu erfassen und zu beurteilen.

Zu 3.) Der dritte und letzte Punkt bezieht sich wiederum mehr auf einen praktischen Anteil. Differentialdiagnostische Überlegungen müssen in jedem diagnostischen Prozess angestellt werden. Die konkrete Schwierigkeit, die sich bei der ADHS ergibt, liegt in der Ähnlichkeit der Symptome zu anderen psychischen Erkrankungen. So berichten depressive Patienten beispielsweise auch, unter Konzentrationsstörung, motorischer Unruhe oder Entscheidungsschwierigkeiten zu leiden. Patienten mit Angststörungen leiden ebenfalls unter Unruhe und Anspannung. Die Symptomatik von Patienten mit einer Borderline-Persönlichkeitsstörung hat sonders? viele Gemeinsamkeiten mit der einer ADHS: Konzentrationsstörungen, impulsives Verhalten, Wutausbrüche und Stimmungsschwankungen. Bei Patienten, die unter einer Substanzabhängigkeit leiden können in Phasen, in denen nicht konsumiert wird, ADHS-typische Symptome mit Entzugssymptomen vermischt, bzw. verwechselt werden. In Phasen in denen konsumiert wird, ist wiederum die dämpfende Wirkung des Alkohols zu berücksichtigen. Am Beispiel einer komorbid Alkoholabhängigkeit, aber

auch bei anderen Substanzabhängigkeiten, wird deutlich, wie schwierig eine differentialdiagnostische Abgrenzung von einer ADHS bei Erwachsenen ist.

Bei Berücksichtigung der drei genannten Punkte wird erkennbar, dass eine reliable und valide Diagnostik der ADHS im Erwachsenenalter ein aufwändiges Unterfangen ist, das mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden ist. Dieser Aufwand stellt niedergelassene Ärzte und Psychotherapeuten vor die schwierige Entscheidung, den Nutzen aufwändiger Diagnostik gegen betriebswirtschaftliche Kosten abzuwägen. Hieraus resultiert möglicherweise die niedrige Prävalenz dieser Erkrankung in der medizinischen Erstversorgung dieser Patienten. Diese beträgt mit 0.04% nur 1/85 der tatsächlichen Population (Aragones et al., 2010). In Anbetracht der Kosten die diese Patienten durch Arbeitsausfälle und Fehlbehandlungen aufgrund falscher Diagnostik verursachen (Das, Cherbuin, Butterworth, Anstey, & Easteal, 2012; Hodgkins, Montejano, Sasane, & Huse, 2011; Schlander, Trott, & Schwarz, 2010), wird deutlich, dass an dieser Stelle dringender Handlungsbedarf besteht. Aber nicht nur in der ambulanten und stationären Versorgung ergeben sich Probleme aufgrund der Diagnostik, auch in der Wissenschaft ist beispielsweise die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aufgrund verschiedener Diagnoseverfahren limitiert. Dies erschwert die Generalisierbarkeit und Aussagekraft empirischer Ergebnisse (McGough & Barkley, 2004).

Das bislang gezeichnete Bild der ADHS im Erwachsenenalter mag den Eindruck eines „undankbaren“ Störungsbildes vermitteln. Es erscheint schwer und nur mit großem Zeitaufwand zu diagnostizieren zu sein. Des Weiteren erscheinen Forschungsergebnisse aufgrund der genannten Schwierigkeiten als leicht kritisierbar. Das ist jedoch nur eine Perspektive, aus der diese Störung betrachtet werden kann. Bei Betrachtung dieser Störung aus einer ressourcenorientierten Perspektive wird letztlich die Notwendigkeit weiterer Forschung deutlich. An dieser Stelle scheint vor allem die Erforschung von Grundlagen wesentlich zur Lösung der bisher genannten Probleme beitragen zu können. In diesem Zusammenhang ist vor allem die ganzheitliche Betrachtung der einzelnen Symptombereiche von Bedeutung. Es gibt viele Studien, die Verhaltensdaten, bildgebende Methoden oder andere biologische Datenebenen verwenden. Es gibt jedoch kaum Studien, die versuchen diese Datenebenen zu integrieren. Das ist jedoch ein Zusammenhang, der zum besseren, ganzheitlichen Verständnis dringend notwendig ist. So soll es mittlerweile möglich sein, durch Verfahren wie quantitative Elektroenzephalographie (QEEG) mit 90% Sensitivität und 94% Spezifität Erwachsene ADHS-Patienten von Gesunden zu unterscheiden (McGough & Barkley, 2004). Bislang bringen diese Verfahren jedoch keinen nennenswerten Mehrgewinn, da die diagnostischen Kriterien keine QEEG Parameter berücksichtigen bzw. beinhalten. Des Weiteren sind die angegebenen Werte zu Sensitivität und Spezifität kritisch zu hinterfragen, da diese Werte teilweise höher liegen als die Werte klassischer diagnostischer Verfahren wie zum Beispiel die der ADHS-SB. Es stellt sich somit die Frage, an welchen Verfahren die QEEG Parameter validiert wurden. Letztlich

dienen Verfahren wie das QEEG bislang nur der Bestätigung bereits gestellter Diagnosen. Dies würde sich jedoch ändern, sobald für bestimmte Verhaltensdefizite wie z.B. Unaufmerksamkeit, konkrete neuropsychologische Korrelate gefunden würden. Damit könnten diagnostische Notwendigkeitsaussagen getroffen werden, die Defizite in konkreten Verhaltensweisen benennen die mit spezifischen neuropsychologischen Auffälligkeiten koinzidieren. Auf der einen Seite würde eine solche Information die Qualität diagnostischer Prozesse wesentlich verbessern, auf der anderen Seite würde sich ein detaillierteres multimodales Störungsverständnis entwickeln, von dem Patienten und Therapeuten gleichermaßen profitieren könnten. Daraus ließen sich wiederum spezifischere Interventionen ableiten, die im Behandlungserfolg größere Effektstärken erzielten, beispielsweise die Wahl des zu verändernden EEG-Parameters bei einer Neurofeedbacktherapie.

Die Probleme, die dieses Störungsbild mit sich bringt, auf der einen, den Nutzen klarer Diagnostik auf der anderen Seite, verdeutlicht die Notwendigkeit und den Sinn von integrativer Grundlagenforschung in Bezug auf die ADHS im Erwachsenenalter.

Da die Unaufmerksamkeit eines der Kernsymptome dieser Störung ist und der *Unaufmerksame Typus* dieser Störung der zeitlich am längsten bestehende ist (Hart, Lahey, Loeber, Applegate, & Frick, 1995; Sobanski, Bruggemann, et al., 2008) und wahrscheinlich die größten psychischen und psychosozialen Beeinträchtigungen mit sich bringt (Bell, 2010), ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, das Symptom der Unaufmerksamkeit genauer zu untersuchen. Zu diesem Zweck sollen erstmals in Bezug auf diese Störung Verhaltensdaten mit EEG-Daten kombiniert erhoben werden. Ein erster möglicher Lösungsansatz für die beschriebenen Probleme zeichnet sich an dieser Stelle ab. Im nächsten Kapitel soll das Verständnis der Unaufmerksamkeit bei ADHS präzisiert werden, um daraus Möglichkeiten abzuleiten, wie ein solches Symptom im Rahmen experimentalpsychologischer Methoden operationalisiert werden kann.

### 1.3 Unaufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS

Befunde, die das Verständnis von Unaufmerksamkeit im pathologischen Sinne bei Erwachsenen mit einer ADHS präzisieren, gibt es bislang nicht. Daher besteht ein erster Ansatzpunkt in der genaueren Betrachtung der Symptombeschreibung, wie sie in den diagnostischen Instrumenten vorliegt. Für diesen Zweck eignen sich die Wender-Utah-Kriterien, die speziell für die Diagnostik von erwachsenen ADHS-Patienten formuliert wurden. Im Wender-Reimher-Interview, das in den Homburger ADHS Skalen für Erwachsene verwendet wird, sind diese Kriterien in Frageform formuliert. Es handelt sich um 12 Fragen zu Symptomen, die zu 5 Kategorien zusammen gefasst sind. Die Fragen sind in Tabelle 1 aufgelistet. Welche Merkmale von Unaufmerksamkeit fallen bei näherer Betrachtung der in Tabelle 1 genannten Fragen auf?

Zwei zentrale Prozesse scheinen wesentlich zu der Unaufmerksamkeits-Problematik beizutragen. Der erste Prozess spiegelt die Schwierigkeit oder Unfähigkeit

*Tabelle 1. Auflistung der Interview-Fragen aus dem Wender-Reimherr-Interview. (Aus Homburger ADHS-Skalen für Erwachsene (Rösler, Retz-Junginger, Retz, & Stieglitz, 2008))*

Kategorie	Frage
1.	1. Haben Sie Probleme sich zu konzentrieren? 2. Sind Sie häufig geistesabwesend? 3. Sind Sie vielfach ein Tagträumer?
2	4. Lassen Sie sich leicht ablenken? 5. Fällt es Ihnen schwer etwas zu tun, wenn Sie abgelenkt werden?
3	6. Haben Sie Schwierigkeiten bei Unterhaltungen zuzuhören? 7. Beschweren sich andere, dass Sie nicht zuhören, wenn Sie mit Ihnen sprechen?
4	8. Haben Sie Probleme aufzupassen, wenn Sie in der Kirche, Schule, bei Gericht, auf Vorträgen oder Konferenzen lange zuhören müssen?
5	9. Haben Sie Probleme, sich beim Lesen zu konzentrieren? 10. Vermeiden Sie es zu lesen, wenn kein spezielles Interesse vorliegt? 11. Müssen Sie häufig noch einmal nachlesen, weil Ihre Gedanken abschweifen? 12. Haben Sie Probleme Gelesenes zusammenzufassen?

wider, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum auf ein bestimmtes Objekt (*Daueraufmerksamkeit*), eine Situation oder Tätigkeit gerichtet zu halten. Der zweite Prozess spiegelt die Unfähigkeit wieder, irrelevante Reize auszublenden bzw. zu ignorieren und sich nicht von diesen ablenken zu lassen. Der zweite, für die vorliegende Arbeit wesentliche Prozess, wird in der Kognitionspsychologie als *selektive Aufmerksamkeit* bezeichnet.

Eine weitere Quelle, die Aufschluss über die Art und Weise der Aufmerksamkeitsproblematik geben kann, findet sich in Studien zum Autofahrverhalten von erwachsenen ADHS-Patienten. Hierzu zählen Studien, die Erwachsene mit einer ADHS mit Gesunden hinsichtlich der Anzahl der Unfälle, des Verlusts des Führerscheins sowie sonstiger Delikte vergleichen (Barkley, Guevremont, Anastopoulos, DuPaul, & Shelton, 1993; Murphy & Barkley, 1996), sowie Studien, die den Einfluss von Methylphenidat auf das Fahrverhalten der betroffenen Personengruppe untersuchen (Cox, Humphrey, Merkel, Penberthy, & Kovatchev, 2004; Cox, Merkel, Kovatchev, & Seward, 2000; Cox, Merkel, Penberthy, Kovatchev, & Hankin, 2004). Die Ergebnisse sind, dass die Patienten signifikant mehr Unfälle haben, signifikant häufiger den Führerschein entzogen bekommen und signifikant häufiger angezeigt werden als die gesunden Probanden. Aussagen darüber, welche kognitiven Prozesse bzw. welche Faktoren der Psychopathologie der Patienten für diese Defizite verantwortlich zeichnen, machen diese Studien leider nicht. In einer Pilotstudie von Beck und Kollegen (Beck, Warnke, Kruger, & Barglik, 1996) wurde neben der Erhebung des spezifischen Verkehrsverhaltens (Verkehrsunfälle, sonstige Verkehrsverstöße) noch eine computergestützte Leistungsdiagnostik durchgeführt, unter Verwendung des Peripheren Wahrnehmungstests (PVT) sowie des Reaktiven Dauerbelastungstests (RST 3). Beim PVT werden dem Probanden in der Peripherie Reize dargeboten, während seine Aufmerksamkeit zentral durch eine Trackingaufgabe gebunden ist. Beim PST 3 werden unterschiedliche Reize präsentiert, auf die spezifisch motorische Reaktionen erfolgen müssen. Die Autoren konnten anhand dieser Tests feststellen, dass Defizite im Bereich der selektiven Aufmerksamkeit und des Reaktionsvermögens vermittelnde Faktoren für die erhöhte Unfallgefährdung darstellen.

Cox und Kollegen (2004) führten eine Untersuchung am Fahrsimulator durch und konnten einen positiven Einfluss von Methylphenidat auf das Fahrverhalten bzw. die Fahrleistung von erwachsenen Patienten mit einer ADHS nachweisen. Die Verwendung eines Fahrsimulators hat den Vorteil standardisierter Verkehrssituationen, die anhand psychologischer Begrifflichkeiten kategorisiert werden können. So teilten die Autoren die abhängigen Variablen in drei Kategorien ein: die erste Kategorie war die Kontrollvariable und bestand aus der Fahrgeschwindigkeit. Die zweite Kategorie wurde „Impulsivität“ genannt und beinhaltete Verhaltensweisen wie „jemanden mit dem Auto zu schneiden“ oder „zu dicht aufzufahren“ u.ä.. Die dritte Kategorie wurde „Unaufmerksamkeit“ genannt und beinhaltete folgende Situationen: „Abgelenkt durch Autointerieur (CD, Radio...)“, abgelenkt durch äußere Situation (Verkehrsfluss, Fußgänger...), „Falsch gefahren“, „Ein Signal wurde übersehen“ etc. Interessanterweise unterschieden sich die beiden Gruppen (Medikation vs. keine Medikation) nur in der Kategorie „Unaufmerksamkeit“ signifikant. Die Autoren konnten somit zeigen, dass eine retardierte Gabe von Methylphenidat die Fahrleistung von Erwachsenen mit einer ADHS verbessert. Die Verbesserung findet laut den Autoren über eine Reduzierung der Unaufmerksamkeit statt. Der positive Einfluss von Methylphenidat auf die Leistung beim Autofahren bei erwachsenen Patienten mit einer ADHS konnte auch durch andere

Studien nachgewiesen werden (Cox, et al., 2000; Cox, Merkel, et al., 2004; Sobanski, Sabljic, et al., 2008). Hierbei zeigten sich Verbesserungen in der realen Straßenverkehrssituation, im Fahrsimulator als auch in Tests, deren kognitive Anforderungen denjenigen beim Autofahren ähneln.

Die bislang geschilderten Befunde machen deutlich, dass bei Erwachsenen mit einer ADHS Prozesse der selektiven Aufmerksamkeit betroffen zu sein scheinen. Offensichtlich haben die Patienten Schwierigkeiten, irrelevante Reize auszublenden und ihre Aufmerksamkeit selektiv auf relevante Reize zu lenken. Dies scheint ein Defizit zu sein, welches vor allem bei Tätigkeiten wie dem Autofahren, die zu einem Großteil automatisiert ablaufen, zu massiven Schwierigkeiten zu führen. An dieser Stelle wird eine weitere Differenzierung von Aufmerksamkeitsprozessen sinnvoll. Denn die selektive Beachtung relevanter Reize kann auf zwei unterschiedliche Art und Weise geschehen. So kann sich eine Person beispielweise während einer Mathematik-Prüfung ganz bewusst auf die Prüfung konzentrieren und alle anderen Reize wie z.B. Nebensitzer oder störende Geräusche ausblenden. Diese explizite Form der Aufmerksamkeitslenkung unterscheidet sich prinzipiell von einer impliziten Aufmerksamkeitslenkung. Die implizite Form der Aufmerksamkeitslenkung findet sich typischerweise bei gut gelernten, automatisierten Tätigkeiten wie beispielsweise dem Autofahren. Der Bezug zu den Befunden der Patienten mit einer ADHS beim Autofahren legt nun die Annahme nahe, dass bei den Patienten vor allem diese implizite Aufmerksamkeit betroffen zu sein scheint, da es zu Tätigkeiten, bei denen vor allem explizite Aufmerksamkeitsprozesse beteiligt sind, keine entsprechenden Befunde gibt. In Anbetracht dieses Unterschieds, der sich bislang jedoch nur auf einer phänomenologischen Ebene andeutet, wäre es daher sinnvoll, anhand bewährter Untersuchungsmethoden diese beiden Formen der Aufmerksamkeit (explizite vs. implizite Aufmerksamkeit) bei Erwachsenen mit einer ADHS zu differenzieren. Der Aufschluss darüber, ob eine ganz bestimmte Form der Aufmerksamkeit betroffen ist, könnte wesentlich zur Verbesserung der Diagnostik dieser Störung beitragen.

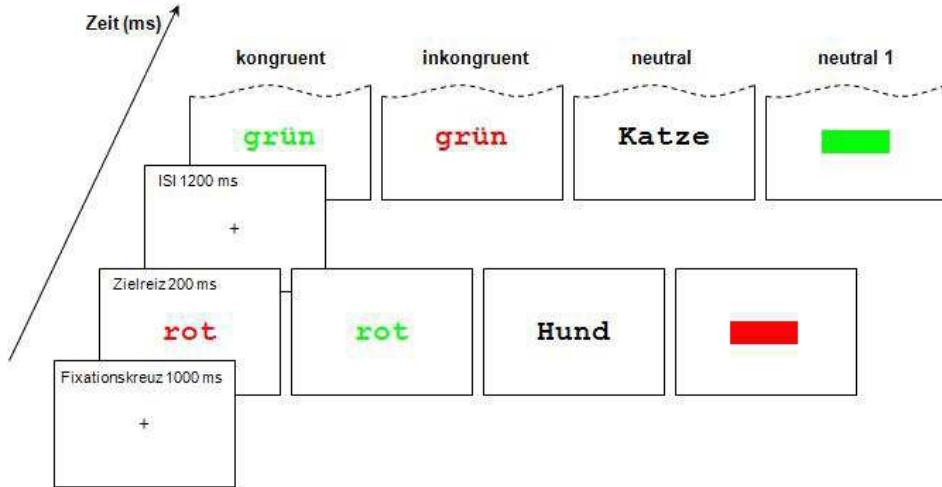
## 1.4 Untersuchung impliziter und expliziter Aufmerksamkeitsprozesse durch Inkompatibilitätsaufgaben

Nachdem dargestellt wurde, dass der Unterschied zwischen impliziter und expliziter Aufmerksamkeit bzw. Aufmerksamkeitslenkung darin besteht, ob diese eher unbewusst, automatisch oder bewusst und kontrolliert geschieht, stellt sich die Frage, wie diese beiden Formen der Aufmerksamkeitslenkung experimentell untersucht werden können. Für die Untersuchung expliziter und impliziter Aufmerksamkeitsprozesse werden in der Kognitionspsychologie seit langem sogenannte Inkompatibilitätsaufgaben eingesetzt. Bei derartigen Aufgaben muss auf Reize reagiert werden, die für die Reaktion zugleich relevante und irrelevante Merkmale beinhalten. Die irrelevanten Eigenschaften behindern das adäquate Reagieren und machen den Einfluss unterschiedlicher Aufmerksamkeitsprozesse auf der Verhaltens- und auf der elektrophysiologischen Ebene sichtbar. Im Folgenden werden zwei typische Inkompatibilitätsaufgaben vorgestellt.

### 1.4.1 Das Stroop-Paradigma

Eine der bekanntesten Inkompatibilitätsaufgaben ist die Stroop-Aufgabe (siehe Abbildung 1), bei der farbig gedruckte Wörter präsentiert werden. Die Farbe soll durch das Drücken einer entsprechenden Taste benannt werden, z.B. die linke Taste für die Farbe Rot und die rechte Taste für die Farbe Grün. Eine „kongruente Bedingung“ liegt dann vor, wenn das Wort selbst den Namen dieser Farbe angibt, also z.B. das Wort „ROT“ in roter Farbe gedruckt ist, und die Versuchsperson daher die linke Taste drücken muss. Eine „inkongruente Bedingung“ liegt dagegen dann vor, wenn die Bedeutung des Wortes mit der zu benennenden Farbe nicht übereinstimmt, z.B. das Wort „GRÜN“ in roter Farbe geschrieben ist. Hier soll die Versuchsperson nun auch die linke Taste drücken, da sie ja die Wortfarbe benennen soll, jedoch stimmt der Inhalt des gedruckten Wortes nicht mit dieser Antwort überein (Inkompatibilität). Besteht zwischen der Wortbedeutung und der zu benennenden Eigenschaft (Druckfarbe rot oder grün) keine inhaltliche Verknüpfung bzw. Ähnlichkeit, dann wird die Bedingung als *neutral* bezeichnet, z.B. das Wort „Katze“ in grüner Farbe geschrieben.

Beim Stroop-Paradigma zeigen sich typischerweise folgende Ergebnisse: Die Reaktionszeit ist in der kongruenten Bedingung kürzer, in der inkongruenten dagegen länger als in der neutralen Bedingung. Die Differenz der Reaktionszeit zwischen kongruenter und neutraler Bedingung wird als Kongruenzeffekt bezeichnet. Der Unterschied in der Reaktionszeit zwischen inkongruenter und neutraler Bedingung wird als – Stroop-Interferenz – bzw. als – Inkongruenz-Effekt – bezeichnet (Stroop, 1935; MacLeod, 1991). Zur Maximierung dieses Effekts wird in vielen Studien auch die



*Abbildung 1. Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Stroop-Experiments, wie es in der vorliegenden Studie verwendet wurde. Das Fixationskreuz wurde zu Beginn des Versuchs zunächst für 1000 ms dargeboten, danach erschien der erste Zielreiz für eine Dauer von 200 ms. Nach weiteren 1200 ms erschien der nächste Zielreiz. Kongruente Zielreize waren diejenigen Reize, bei denen die Wortbedeutung mit der Wortfarbe übereinstimmte. Bei inkongruenten Zielreizen stimmte die Wortbedeutung mit der Wortfarbe nicht überein. Bei den neutralen Reizen bestand zwischen Wortbedeutung und Wortfarbe kein Zusammenhang. Die „neutral 1“ Zielreize unterschieden sich insofern von den neutralen Zielreizen, als sie lediglich den kognitiven Prozess der Farbwahrnehmung bzw. Benennung ansprachen und nicht den automatischen Prozess der Worterkennung bzw. des Wortlesens. (ISI = Interstimulusintervall).*

Differenz zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung berechnet (Tillman & Wiens, 2011).

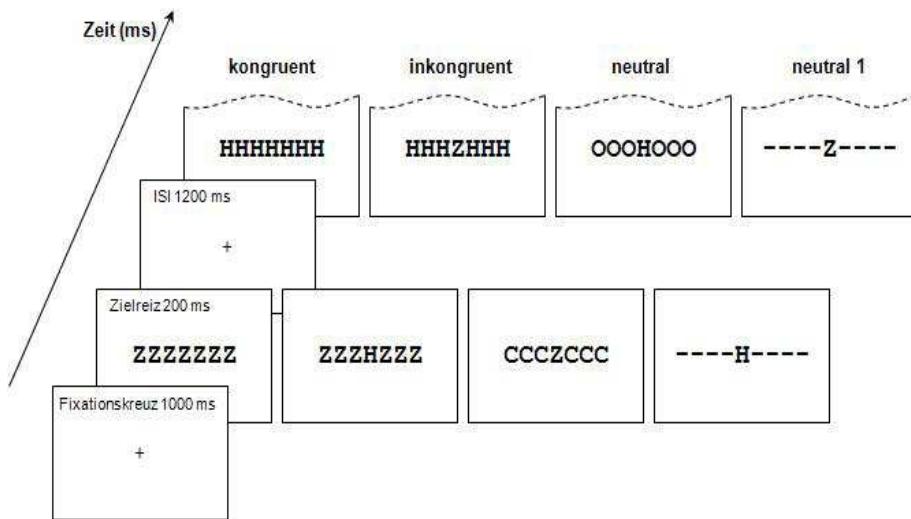
Die für die Aufgabe irrelevante Wortbedeutung übt einen starken Einfluss auf das Benennen der Wortfarbe aus (Stroop, 1935). Offensichtlich ist Lesen ein automatisierter Prozess, der sich durch eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit und eine wesentlich geringere Beeinträchtigung bei parallel ablaufenden Prozessen als bei der Benennung von Farbe unterscheidet (Cattell, 1986). Die Farbe zu benennen, stellt dagegen einen bewussten Prozess dar. Inkongruente Wörter erzeugen erst dann eine Interferenz, wenn sie bewusst wahrgenommen und entsprechend semantisch verarbeitet werden (Cheesman & Merikle, 1984). Der Stroop-Effekt beschränkt sich nicht nur auf Farbwörter, sondern konnte auch bei Ziffernfolgen und der Benennung der jeweiligen Anzahl, bei Ortsangaben und der Positionsbenennung sowie bei Wörtern, die in Bilder eingebettet waren, nachgewiesen werden (MacLeod, 1991).

Das Prinzip des Stroop-Paradigmas beruht somit auf folgendem Prozess: es wird ein Reiz dargeboten, der Informationen auf zwei unterschiedliche Arten und Weisen transportiert, die in ihrem Bedeutungsgehalt konkurrieren. Auf der einen Seite erhält der Proband die Information über eine Farbe über die Bedeutung des Wortes. Auf der anderen Seite über die Druckfarbe des Wortes selbst. Die Instruktion, die der Proband

enthält, nämlich nur die Druckfarbe per Tastendruck zu benennen, ist letztlich entscheidend dafür, welche Information (Wortbedeutung vs. Wortfarbe) für die Antwort verwendet wird. Da nur die Wortfarbe relevant ist, die Wortbedeutung jedoch automatisch, ebenfalls kognitiv verarbeitet wird, muss der Proband die Wortbedeutung aktiv unterdrücken und seine Aufmerksamkeit nur der Wortfarbe zuwenden, um keine falschen Reaktionen abzugeben. Diese selektive Aufmerksamkeitszuwendung zur Wortfarbe und die gleichzeitige Hemmung des Einflusses der Wortbedeutung finden beim Stroop-Paradigma demnach auf einer bewussten Ebene statt. Daher sind beim Stroop-Paradigma vor allem explizite Prozesse der Aufmerksamkeitslenkung beteiligt.

### 1.4.2 Das Flanker-Paradigma

Neben dem Stroop-Test gilt auch das Flankierreiz-Paradigma (kurz: Flanker-Paradigma; siehe Abbildung 2) als klassische Methode, um Interferenzeffekte zu untersuchen (Eriksen & Eriksen, 1974). Hier wird eine ungerade Zahl an Buchstaben in einer Linie dargeboten (z.B. CCCHCCC, SSSKSSS). Der Proband muss für den Buchstaben in der Mitte eine einfache Klassifikationsentscheidung treffen, die flankierenden Reize („Flanker“) ignorieren und die rechte (bei C und S) oder linke Taste (bei H und K) drücken. In der kongruenten Bedingung (HHHKHHH oder CCCSCCC) erfordern der Ziel- und der Flankierreiz dieselbe Reaktion. In der inkongruenten Bedingung (SSSHSSS oder



*Abbildung 2. Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Flanker-Experiments, wie es in der vorliegenden Studie verwendet wurde. Das Fixationskreuz wurde zu Beginn des Versuchs zunächst für 1000 ms dargeboten, danach erschien der erste Zielreiz, für eine Dauer von 200 ms. Nach weiteren 1200 ms erschien der nächste Zielreiz. Kongruente Zielreize waren diejenigen Reize, bei denen die flankierenden Reize mit dem Zielreiz (Buchstabe in der Mitte des Bildschirms „H“ oder „Z“) identisch waren. Bei inkongruenten Reizen wurde der Zielreiz von dem jeweils konkurrierenden Zielreiz umgeben. Bei den neutralen Reizen war der flankierende Reiz ein für die Antwort irrelevanter Reiz. Bei den „neutral 1“ Reizen wurde lediglich der Zielreiz dargeboten, flankiert von vier Bindestrichen pro Seite um die Reizbreite im visuellen Feld konstant zu halten. (ISI = Interstimulusintervall).*

KKKCKKK) provozieren Zielreiz und Flanker unterschiedliche Reaktionen. In der neutralen Bedingung wird der Zielreiz von neutralen Stimuli (z.B.XXXHXXX) flankiert.

Wie im Stroop-Paradigma gibt es auch beim Flanker-Paradigma einen Kongruenz- sowie einen Inkongruenzeffekt. Dies weist darauf hin, dass die Identifikation des Zielreizes durch die flankierenden Reize trotz ihrer Irrelevanz für die Aufgabenbearbeitung beeinflusst wird. Interferenz entsteht demnach dadurch, dass die Aufmerksamkeit unwillkürlich auf die flankierenden Reize gelenkt wird.

Beim Flanker-Paradigma werden die Reize nicht semantisch verarbeitet, da die Reize keine semantische Bedeutung besitzen. Das heißt, bei dieser Aufgabe geht es darum, auf welche Reizposition die Aufmerksamkeit gelenkt wird und welcher Reiz dadurch entsprechend wahrgenommen wird und für die Antwortgabe entscheidend ist. Diese Lenkung bzw. Kontrolle der Aufmerksamkeit benötigt keine bewussten, kognitiven Kapazitäten, sondern kann auf der Ebene der Wahrnehmung automatisch stattfinden. Daher sind beim Flanker-Paradigma vor allem implizite Prozess der Aufmerksamkeitslenkung beteiligt.

In beiden Paradigmen stellt die Fokussierung auf die relevante Reizeigenschaft bzw. den relevanten Reiz die primäre Aufgabe dar. Der Unterschied besteht darin, dass die Präsentation irrelevanter Information im Stroop-Paradigma explizit und im Flanker-Paradigma implizit zu Störungen in der Aufmerksamkeitskontrolle führt. Dies führt in den inkongruenten Bedingungen auf der Verhaltensebene zu längeren Reaktionszeiten und höhere Fehlerraten.

## 1.5 Psychophysiologie der Inkompatibilitätsaufgaben

Die Störung der Aufmerksamkeit, wie sie bei Inkompatibilitätsaufgaben stattfindet, hat Korrelate auf der Verhaltens- als auch auf der Elektrophysiologischen-Ebenen. Die Korrelate auf der Verhaltensebene wie Reaktionszeit (RZ) oder Fehlerraten wurden bereits kurz beschrieben. Anhand dieser Korrelate ist es jedoch schwer, Aussagen über Informationsverarbeitungsprozesse zu treffen, die möglicherweise bei solchen Inkompatibilitätsaufgaben beteiligt sind. Das EEG hingegen kann bei dieser Art von Aufgaben unterschiedliche Aufmerksamkeitsmechanismen differenziert erfassen. Die kognitive Verarbeitung von aufgabenirrelevanten, störenden oder nicht beachteten Stimuli lässt sich anhand der verschiedenen Komponenten der ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) abbilden (Kotchoubey, 2006). EKP können als Manifestationen der Gehirnaktivität betrachtet werden, die im Rahmen der Reaktion auf ein bestimmtes Ereignis oder in der Vorbereitung auf ein bestimmtes Ereignis auftreten (Coles, Gratton, & Fabiani, 1990). Ein besonderer Vorteil ist die hohe zeitliche Auflösung des EEG. Diese Potentiale werden annähernd im selben Augenblick erfasst, in dem die Person einen bestimmten Reiz wahrnimmt oder eine bestimmte Handlung vorbereitet macht. Für die vorliegende Studie sind drei EKP von zentraler Bedeutung und sollen daher im weiteren Verlauf separat dargestellt werden: Die P300-Latenz, das Lateralisierte Bereitschaftspotential (Lateralized Readiness Potential (LRP)) und die Fehlernegativierung (Error Related Negativity (ERN)).

### 1.5.1 Die P300-Latenz

Die P300 ist eine Komponente die ca. 300 ms nach der Darbietung eines Stimulus eine maximale Amplitude hat. Sie bildet den Prozess der Stimulusevaluation ab. Diese Komponente tritt mit größerer Amplitude auf, wenn ein Reiz nicht den Erwartungen entspricht und als Folge das gespeicherte Reizmuster korrigiert werden muss (Birbaumer & Schmidt, 2010). Die Zeit, die für den Prozess der Stimulusevaluation benötigt wird, manifestiert sich in der P300-Latenz(Duncan-Johnson, 1981; Magliero, Bashore, Coles, & Donchin, 1984). Diese Latenz ist stärker davon abhängig, wie leicht ein Reiz identifiziert werden kann und weniger davon, wie groß die Inkompatibilität zwischen Reiz und Reaktion ist (Magliero, et al., 1984).

Der Befund von Magliero et al.(1984) lässt sich auf das Stroop-Paradigma übertragen. Die Schwierigkeit im Stroop-Paradigma besteht, wie bereits weiter oben beschrieben, in der Inkompatibilität zwischen Wortbedeutung und Wortfarbe und nicht in der Schwierigkeit, den Stimulus zu identifizieren (Ilan & Polich, 1999). Die P300-Latenz in einem manuellen Stroop-Task variiert nach Ilan und Polich (1999) daher auch nicht mit den Bedingungen (kongruent, inkongruent und neutral) trotz der Tatsache, dass die Autoren einen Stroop-Effekt fanden und die RZ in der kongruenten Bedingung signifikant kürzer als in der inkongruenten Bedingung war. Die Autoren gehen daher davon aus, dass der Unterschied der RZ zwischen den Bedingungen „kongruent“ und „inkongruent“ auf

einen Prozess zurückzuführen sein muss, der zeitlich nach der Stimulusevaluation einsetzt. Dieser Befund wird von weiteren Studien bestätigt (z.B. Shen, 2006). So variierte die P300-Latenz ebenfalls nicht mit den Kongruenz-Bedingungen (Shen, 2006). Der Autor geht davon aus, dass für die Stroop-Interferenz vor allem antwortbezogene Prozesse verantwortlich sind. Rosenfeld und Skogsberg (2006) verwendeten ebenfalls das Stroop-Paradigma und variierten die Häufigkeit der inkongruenten Stimuli, ohne eine Korrelation zwischen der P300-Latenz und der RZ zu finden. Auch sie interpretieren ihr Ergebnis dahingehend, dass die Stroop-Interferenz auf Antwortentscheidungsprozesse zurückzuführen ist.

Die Befunde zur P300-Latenz beim Flanker-Paradigma zeichnen ein anderes Bild. Beim Flanker-Paradigma zeigt sich typischerweise eine Verzögerung der P300-Latenz bei inkompatiblen bzw. inkongruenten Stimuli. In einer Studie, die sich mit Informationsverarbeitungsmodellen beschäftigte (Smid, Mulder, & Mulder, 1990), wurde das Flanker-Paradigma zusammen mit der P300 wie auch weiteren EKP-Komponenten eingesetzt. Die P300 in der Studie von Smid und Kollegen (1990) diente dabei als Maß für die Dauer des Prozesses der Stimulusevaluation. Sie fanden längere P300-Latzenzen bei den inkompatiblen Durchgängen als bei den neutralen sowie längere P300-Latzenzen bei den kompatibeln Durchgängen im Vergleich zu jenen, in denen nur der Zielreiz dargeboten wurde. In einer weiteren Studie von Gratton und Kollegen (Gabriele Gratton, Coles, & Donchin, 1992) konnten ebenfalls eine verlängerte P300-Latenz für inkompatible Reize gefunden werden. Auch Studien, die das Flanker-Paradigma zur Untersuchung psychiatrischer Krankheitsbilder verwendeten, fanden eine verzögerte P300-Latenz bei inkompatiblen Reizen (Neuhaus et al., 2007). Neuhaus und Kollegen verglichen beispielsweise schizophrene Patienten mit gesunden Probanden anhand des Flanker-Paradigmas. Die P300-Latenz diente dabei als abhängige Variable. Für die Gesunden konnten Neuhaus und Kollegen zeigen, dass die P300-Latenz im Vergleich zu den anderen Reizbedingungen für die inkongruente Reizbedingung am größten war. Bei den Patienten hingegen zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Bei einem Gruppenvergleich. Interessanterweise zeigten die schizophrenen Patienten eine signifikant kürzere P300-Latenz bei den inkongruenten Reizen als die Gesunden. Die Autoren interpretieren diesen Befund dahingehend, dass schizophrene Patienten eine mangelnde Anpassung an die Reizbedingung zeigen. In einer weiteren Studie wurde anhand des Flanker-Paradigmas der Einfluss von Schlafentzug auf die kognitive Leistung beim Fehlermonitoring untersucht (Hsieh, Li, & Tsai, 2010). Unabhängig vom Schlafentzug fand sich ebenfalls eine verzögerte P300-Latenz. Auch Studien, die den Einfluss von Alter auf die Wahrnehmung untersuchen, finden beim Flanker-Paradigma für inkongruente Reize eine verzögerte P300-Latenz (Zeef, Sonke, Kok, Buitenhuis, & Kenemans, 1996).

### 1.5.2 Das Lateralisierte Bereitschaftspotential

Entscheidungsprozesse können auf neuronaler Ebene anhand des lateralisierten Bereitschaftspotentials (LRP) erfasst werden. Das LRP erhält man durch Messung der Gehirnaktivität über dem motorischen Kortex, indem ein Subtraktions- und Durchschnittsverfahren angewendet wird (Coles, 1989; Gratton et al., 1988). Dabei stellt das LRP die Differenz zwischen der Aktivität in dem kontralateral mit der reagierenden Hand verbundenen kortikalen Areal und dem ipsilateralen, also mit dem der reagierenden Hand nicht verbundenen kortikalen Areal dar. Das LRP lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$LRP = \frac{\text{Mittelwert}(C4 - C3)\text{linke Hand} + \text{Mittelwert}(C3 - C4)\text{rechte Hand}}{2}$$

Ist die Differenz vor einer Bewegungsausführung negativ, dann wurde der richtige Antwortkanal aktiviert. Ist die Differenz positiv, dann wurde der falsche Antwortkanal aktiviert. Ein positives LRP in Durchgängen mit korrekter Verhaltensantwort reflektiert den Antwortkonflikt, das heißt der falsche Antwortkanal wurde vorbereitet, aber dann wurde doch richtig geantwortet (Gratton et al., 1988).

Das eben beschriebene Ergebnismuster findet sich typischerweise bei Inkompatibilitätsaufgaben, so auch beim Stroop-Paradigma. Szűcs und Kollegen (Szűcs, Soltész, Bryce, & Whitebread, 2009) beispielsweise, wendeten einen Tiergrößen-Stroop-Test an. Die Aufgabe bei diesem Test besteht darin, dasjenige von zwei dargebotenen Tieren durch einen Tastendruck zu bestimmen, welches in der realen Welt größer ist. In der kongruenten Bedingung wurde das Tier, welches tatsächlich größer war, auch größer auf dem Bildschirm dargeboten. In der inkongruenten Bedingung wurde das Tier, welches tatsächlich größer war, kleiner als das Vergleichstier dargeboten. Die Autoren fanden dabei für das Zeitintervall zwischen 200 und 300 ms bei inkongruenten Durchgängen eine signifikante Positivierung, aber nicht für die kongruente Bedingung. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Bryce und Kollegen (Bryce, Szűcs, Soltész, & Whitebread, 2011). Sie fanden für inkongruente Bedingungen ebenfalls in einem Zeitintervall um 200 bis 300 ms einen signifikanten Unterschied in die positive Richtung, nicht jedoch für die kongruente Bedingung.

In der bereits zitierten Studie von Smid und Kollegen (1990), die das Flanker-Paradigma verwendeten, wurde neben der P300-Latenz auch das LRP erhoben. Die Autoren fanden beim stimulusbezogenen LRP (S-LRP) eine Positivierung bei der inkompatiblen Reizbedingung. Dies zeigt, dass die Probanden zunächst den falschen Antwortkanal ausgewählt hatten. Smid und Kollegen überprüften dabei jeweils, inwieweit sich diese Positivierung von der Baseline unterscheidet. Dabei fanden sie heraus, dass dies nur bei den inkompatiblen Durchgängen der Fall war. Diese Positivierung, die die Aktivierung des falschen Antwortkanals wiederspiegelt, konnte

auch in anderen Studien gefunden werden (G. Gratton, Coles, Sirevaag, Eriksen, & Donchin, 1988; Taylor, Nobre, & Rushworth, 2007; Zeef, et al., 1996).

### 1.5.3 Die Fehlernegativierung

Eine weitere wichtige Komponente, die sowohl im Zusammenhang mit Inkompatibilitätsaufgaben als auch mit der ADHS bei Erwachsenen interessant zu untersuchen ist, stellt die Fehlernegativierung (Error Related Negativity (ERN)) dar (Falkenstein, Hohnsbein, Hoormann, & Blanke, 1991; Gehring, Goss, Coles, & Meyer, 1993). Dabei handelt es sich um eine starke Negativierung des EEG nach einer falschen Reaktion bei Wahlreaktionsaufgaben. Die ERN hat ihr Maximum typischerweise in fronto-zentralen Hirnarealen und erreicht ihren Höhepunkt im Zeitintervall zwischen 0 bis 100 ms nach dem Beginn der Bewegung, gemessen mit dem Elektromyogramm (EMG) (Vidal, Burle, Bonnet, Grapperon, & Hasbroucq, 2003). Die ERN spiegelt dabei einen Prozess wider, der für die Fehlerdetektion und die Fehlerkompensation verantwortlich ist (Gehring, et al., 1993). Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die Amplitudengröße der ERN mit der Anzahl der Fehler zusammenhängt. Das heißt, dass die Amplitude umso größer ist, desto weniger Fehler gemacht werden (Herrmann, Römmeler, Ehils, & Fallgatter, 2004).

Wie bereits erwähnt, sind Wahlreaktionsaufgaben typische experimentelle Designs, um die ERN zu untersuchen. So untersuchten West und Travers (West & Travers, 2008) die ERN beispielweise anhand eines Zahlen-Stroop-Tests. Dieser Test basiert auf demselben Prinzip wie der Farbenennungs-Stroop-Test. Beim Zahlen-Stroop-Test werden Zahlen dargeboten und die Aufgabe der Probanden besteht darin, die Anzahl der im Display dargebotenen Ziffern zu zählen bzw. benennen. Bei kongruenten Durchgängen stimmt die Anzahl der Ziffern mit dem Wert der dargebotenen Ziffer überein, bei inkongruenten Durchgängen nicht. Die Autoren verglichen Intrusionsfehler (falsche Reaktionen, die im vorangegangenen Durchgang richtig gewesen wären) mit inkongruenten Durchgängen, bei denen jedoch eine richtige Antwort gegeben wurde. Bei diesem Vergleich fanden sie eine ERN bei den Elektrodenpositionen Fz und Cz. Diese ERN tritt jedoch nicht nur beim Zahlen-Stroop-Test auf, sondern auch bei dem bereits erwähnten Farbenennungs-Stroop-Test. Diesen Test führten Hirsh und Inzlicht (2010) durch. Sie fanden bei falschen Antworten ebenfalls eine ERN und konnten darüber hinaus noch nachweisen, dass die ERN signifikant mit der akademischen Leistungen der Studienteilnehmer (Studenten) korreliert. Teilnehmer mit guten Noten hatten eine stärkere ERN als Teilnehmer mit weniger guten Noten. Masaki und Kollegen (Masaki, Murphy, Desjardins, & Segalowitz, 2012) manipulierten das Ausmaß der Interferenz zwischen Stimulus und Reaktion anhand eines räumlichen Stroop-Tasks. Sie fanden ebenfalls bei falschen Antworten eine ERN und konnten darüber hinaus nachweisen, dass die Amplitude mit zunehmender Stimulus-Antwort Interferenz negativer wird. Die Größe der ERN war in Durchgängen, bei denen eine falsche Antwort gegeben wurde

und Durchgängen, bei denen zunächst die falsche Reaktion initiiert wurde, dann jedoch eine Korrektur stattfand, nicht verschieden.

Ähnlich wie beim Stroop-Paradigma kann die ERN beim Flanker-Paradigma untersucht werden. Auch hier findet sich eine ERN bei falschen Antworten. So fanden beispielweise Tanaka und Kollegen (Tanaka, Masaki, Takasawa, & Yamazaki, 2002; Tanaka, Mochizuki, Masaki, Takasawa, & Yamazaki, 2005), die ebenfalls den Flanker-Task verwendeten, eine ERN bei falsche Antworten. Auch in klinischen Studien wird die ERN in Zusammenhang mit dem Flanker-Task untersucht. Ruchsow und Kollegen (2006) konnten zeigen, dass die ERN bei depressiven Teilnehmern signifikant geringer war als bei Gesunden. Wie bereits für das Stroop-Paradigma beschrieben, wurde auch für das Flanker-Paradigma untersucht, inwieweit sich die ERN durch eine Manipulation der Interferenz im Flanker-Task beeinflussen lässt. Danielmeier und Kollegen (Danielmeier, Wessel, Steinhauser, & Ullsperger, 2009) verwendeten eine Pfeilversion des Flanker-Paradigmas. Das Ausmaß der Interferenz manipulierten die Autoren dabei durch die Entfernung der flankierenden Reize vom Zielreiz. Es zeigte sich entgegen der Erwartung, dass die ERN größer ist, wenn die Distanz zwischen Flanker und Zielreiz groß ist. Somit ist bei einem geringeren Reiz-Reaktionskonflikt die ERN größer als bei einem starken Reiz-Reaktions-Konflikt. Eine Studie, die sich ebenfalls mit dem Monitoring von konfliktierenden Handlungsimpulsen beschäftigte, verwendete ebenfalls das Flanker-Paradigma und untersuchte u.a. die ERN (Larson, Clayson, & Baldwin, 2012). Dabei fanden diese Autoren, dass die ERN bei inkongruenten Durchgängen größer ist, als bei kongruenten Durchgängen.

Die Befunde zu den EKP der Inkompatibilitätsaufgaben lassen sich folgender Maßen zusammenfassen. In Bezug auf die P300-Latenz, zeigt sich beim Stroop-Paradigma keine verlängerte P300-Latenz, obwohl es auf Verhaltensebene einen Inkongruenzeffekt bei den RZ gibt. Beim Flanker-Paradigma zeigt sich der Inkongruenzeffekt sowohl in der RZ als auch in einer verlängerten P300-Latenz bei inkongruenten Reizen. In Bezug auf das LRP zeigt sich sowohl beim Stroop-Paradigma als auch beim Flanker-Paradigma eine Positivierung des LRP bei inkongruenten Reizen. Die ERN zeigt sich ebenfalls bei beiden Paradigmen, nach falschen Antworten.

## 1.6 Inkompatibilitätsaufgaben bei Erwachsenen mit einer ADHS

Es gibt keine Studie, die versucht, durch die Anwendung unterschiedlicher Aufmerksamkeitsparadigmen die Aufmerksamkeitsprozesse bei Erwachsenen mit einer ADHS zu spezifizieren.

Drei Metaanalysen beschäftigen sich mit Untersuchungen zum Stroop-Effekt bei einer ADHS (Lansbergen, Kenemans, & van Engeland, 2007; Schwartz & Verhaeghen, 2008; van Mourik, Oosterlaan, & Sergeant, 2005). Diese Metaanalysen beziehen sich sowohl auf Studien mit Kindern als auch mit Erwachsenen mit einer ADHS. Van Mourik und Kollegen (2005) und auch Schwartz und Verhaeghen (2008) stellen fest, dass es keinen Unterschied in der Interferenzkontrolle beim Stroop-Paradigma zwischen Erwachsenen mit einer ADHS und gesunden Kontrollpersonen gibt. Lansbergen und Kollegen (2007) hingegen finden bei den Patienten einen größeren Interferenzeffekt als bei Kontrollpersonen, wobei der Unterschied eine mittlere Effektstärke von .24 hat. Weitere Forschung zu diesem Thema wird vor allem dann notwendig, wenn die Studien, die in die Metaanalysen aufgenommen wurden, genauer betrachtet werden. So schlossen van Mourik und Kollegen (2005) sowie Schwartz und Verhaeghen (2008) alle Studien ein, die einen Stroop-Test verwendet haben, unabhängig davon, ob es sich um einen computerisierten oder einen nicht computerisierten Test handelte. Damit ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Studien nicht gegeben. Lansbergen und Kollegen (2007), die diesen Aspekt der unzureichenden Differenzierung der Art der Test-Applikation in vorangehenden Metaanalysen kritisieren, nahmen eine solche Unterscheidung vor. Von den 19 Studien in dieser Meta-Analyse wurde nur in drei Studien eine computerisierte Version des Stroop-Tests angewandt, wobei bei zwei dieser Studien erwachsene Patienten untersucht worden waren. Lansbergen und Kollegen (2007) stellen fest, dass die computerisierte Form des Tests sensitiver ist als die Karten-Version, wobei das Verhältnis vom computerisierten zum nicht computerisierten Test 3:16 beträgt! Des Weiteren wird deutlich, dass es einen Mangel an Studien bei Erwachsenen mit einer ADHS gibt. Ein weiterer Kritikpunkt zeigt sich in den erfassten abhängigen Variablen. In allen Studien, die in die Metaanalyse einbezogen wurden, war die einzige abhängige Variable die RZ. Somit lässt sich schwer überprüfen, ob Reaktionszeitunterschiede auf gewisse Fehlervermeidungsstrategien (z.B. Speed-Accuracy-Trad-Off) zurückzuführen sind.

Neben den genannten Kritikpunkten lässt sich anhand der Meta-Analyse(n) festhalten, dass die Befundlage zu Erwachsenen mit ADHS sehr gering ist. Des Weiteren ist festzuhalten, dass bei Erwachsenen mit einer ADHS bei der RZ wohl ein stärkerer Interferenz-Effekt auftritt. Ferner zeigt sich, dass der Unterschied zwischen Gesunden und Erwachsenen mit einer ADHS unabhängig vom Alter besteht. Weitere Studien bestätigen die Ergebnisse. Oncü und Olmez (2004) fanden längere RZ sowie mehr Fehler

bei den Erwachsenen mit einer ADHS als bei Gesunden. Des Weiteren fanden sie einen größeren Interferenz-Effekt bei den Erwachsenen mit einer ADHS. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen King und Kollegen (King, Colla, Brass, Heuser, & von Cramon, 2007) nach einem computerisierten Stroop-Test. Die Patienten hatten eine größere RZ und machten signifikant mehr Fehler. Des Weiteren hatten die Patienten einen größeren Interferenzeffekt bei den RZ als die Gesunden.

Anders als beim Stroop-Paradigma, liegt zum Flanker-Paradigma für die Patientenpopulation der Erwachsenen noch keine Metaanalyse vor. Es gibt jedoch Metaanalysen für ADHS im Kindesalter(z.B. Mullane, Corkum, Klein, & McLaughlin, 2009). Mullane und Kollegen (2009) schlossen 12 Studien mit insgesamt 272 Kindern mit einer ADHS ein. Dabei fanden sie sowohl für die RZ als auch für die PK, einen stärkeren Inkongruenzeffekt im Vergleich zu den Kontrollprobanden. Die Ergebnisse der wenigen Originalstudien zum Flanker-Paradigma bei Erwachsenen mit einer ADHS zeigen in dieselbe Richtung. So fanden beispielsweise Herrmann und Kollegen (Herrmann et al., 2009) bei Erwachsenen ähnliche Ergebnisse, wie in der zuvor genannten Metaanalyse für Kinder berichtet wurde. Die Patienten zeigten längere Reaktionszeiten, mehr Fehler und insgesamt für diese beiden abhängigen Maße einen stärkeren Inkongruenzeffekt als die gesunden Kontrollpersonen. In einer fMRI Studie von Vasic und Kollegen (Vasic et al., 2012), die sich hauptsächlich mit der Fehlerverarbeitung beschäftigte, wurde eine Kombination aus einem Flanker-Task und einer Go/No-Go-Aufgabe verwendet. Im Vergleich von 14 Erwachsenen mit einer ADHS mit 12 gesunden Kontrollpersonen zeigte sich weder bei den bildgebenden Daten noch bei den Verhaltensdaten ein Unterschied.

Es wird deutlich, dass weitere Forschung dringend notwendig ist. In Bezug auf das Flanker-Paradigma gibt es Studien, die darauf hinweisen, dass Patienten mit einer ADHS einen größeren Inkongruenzeffekt haben als Gesunde. Die Befunde bei Kindern mit einer ADHS zeigen stark in diese Richtung. Die Befunde zu den Erwachsenen lassen keine eindeutige Aussage zu: teilweise wurden größere Inkongruenzeffekte für das Flanker-Paradigma gefunden, teilweise nicht.

## 1.7 Ereigniskorrelierte Potentiale bei einer ADHS

Da es bislang kaum Studien gibt, die sich eingehend mit den EKP bei ADHS beschäftigen, erscheint eine Aufgliederung der Ergebnisse nach Befunden zum Stroop- und zum Flanker-Paradigma, wie es für die Verhaltensdaten erfolgte, an dieser Stelle nicht mehr sinnvoll. Im Folgenden werden daher Studien vorgestellt, die sich mit denjenigen EKP beschäftigen, die für die vorliegende Arbeit wichtig sind. Dabei werden auch Studien verwendet, die andere Untersuchungsparadigmen verwenden als das Stroop- oder Flanker-Paradigma.

Während es zur P300 als auch zur ERN bereits Studien sowohl für ADHS im Kindes- als auch im Erwachsenenalter gibt, ist das LRP bei ADHS noch nicht untersucht. Die Studien, die sich mit der P300 beschäftigen, verwenden jedoch weniger spezifische Untersuchungsparadigmen. Des Weiteren richtet sich das Interesse der meisten Studien auf die Amplitude und nicht auf die P300-Latenz. Eine Metaanalyse zur P300-Amplitude bei Erwachsenen mit einer ADHS (Szuroomi, Czobor, Komlosi, & Bitter, 2011), umfasste 8 Studien. Alle Studien verwendeten eine Go/NoGo-Aufgabe, bei der Reize entweder auditiv oder visuell dargeboten wurden. Im Ergebnis haben Erwachsene mit einer ADHS im Vergleich zu Gesunden eine kleinere Amplitude. Die Autoren interpretieren diesen Befund dahingehend, dass bei Erwachsenen mit einer ADHS eine Dysfunktion im ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerk vorliegen könnte. Obwohl die Metaanalyse keine Aussage über die Latenzunterschiede macht, beinhaltet sie jedoch eine Studie (McPherson & Salamat, 2004), in der neben der Amplitude auch die Latenz untersucht wurde. In einer auditiven Version des Continuous Performance Tests wurden Töne dargeboten. Nur bei einer bestimmten Abfolge der Töne mussten die Probanden eine Taste zu drücken, ansonsten jedoch nicht. Die P300-Latenz war bei den Patienten signifikant größer als bei den Gesunden. In einer weiteren Studie (Braverman et al., 2006) wurde ebenfalls die P300-Latenz mit dem Test „Test of Variables of Attention (TOVA)“ untersucht. Eine größere P300-Latenz zeigte sich bei Erwachsenen mit einer ADHS.

Die Befundlage zur P300 bei Erwachsenen mit einer ADHS macht deutlich, dass es sich hierbei um eine EKP-Komponente handelt, die mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Rolle bei der Aufmerksamkeitsproblematik von Erwachsenen mit einer ADHS spielt. Bei Kindern mit einer ADHS gibt es bereits zahlreiche Studien zur P300 und einige Autoren gehen davon aus, dass es sich bei der P300 möglicherweise um einen Endophänotyp der ADHS handelt (Doyle et al., 2005; Szuroomi, et al., 2011).

Bislang gibt es bei Erwachsenen mit einer ADHS jedoch keine Untersuchung zur P300 in Zusammenhang mit Interferenzaufgaben. Dabei stellen gerade diese Aufgaben wegen ihres konflikthaften Charakters Anforderungen an das Aufmerksamkeitssystem der Patienten, die den Aufgaben im Alltag sehr nahe kommen (vergleiche beispielsweise die Studien zum Autofahren). Des Weiteren gibt es keine Studie, die unterschiedliche

Aufmerksamkeitsaufgaben und damit unterschiedliche Aufmerksamkeitsprozesse bei Erwachsenen mit einer ADHS in Bezug auf die P300 vergleicht.

Dass sich Erwachsene mit einer ADHS von Gesunden in Bezug auf die Fehlerverarbeitung unterscheiden sollten, legen Ergebnisse bei Patienten im Kindesalter nahe. So verglichen beispielsweise Zhang und Kollegen (Zhang, Wang, Cai, & Yan, 2009) eine Gruppe von Kindern mit ADHS, eine Gruppe von Kindern ohne ADHS und eine Gruppe von Erwachsenen, ebenfalls ohne ADHS. Die Aufgabe der Probanden bestand in einer einfachen Go/NoGo-Aufgabe. Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in Bezug auf die Amplitude der ERN, aber die Latenz war bei den Kindern mit einer ADHS größer als bei den beiden anderen Gruppen. Herrmann und Kollegen (2009) fanden bei Erwachsenen mit einer ADHS eine kleinere ERN-Amplitude als bei Gesunden. Der Unterschied in der Amplitudengröße der ERN besteht vor allem bei jüngeren Personen und wird bei älteren Personen kleiner. In einer Übersichtsarbeit berichten Balogh und Kollegen (Balogh et al., 2010) ebenfalls eine kleinere ERN bei Erwachsenen mit einer ADHS im Vergleich zu Gesunden.

Zusammengefasst zeigt sich in Bezug auf die P300 ein relativ klares Bild dahingehend, dass die Latenz der P300 bei Erwachsenen mit einer ADHS im Vergleich zu Gesunden verzögert ist. Bei der ERN ist die Befundlage weniger einheitlich. Manche Studien finden einen Unterschied in der Größe der Amplitude zwischen Gesunden und Erwachsenen mit einer ADHS, andere wiederum berichten nur einen Unterschied in der Latenz dieser Komponente. Damit ist deutlich, dass weitere Untersuchungen der EKP erforderlich sind.

## 1.8 Theoretische Überlegungen

Bislang wurden die Befunde zu Inkompatibilitätsaufgaben auf Verhaltens- als auch auf der Ebene der EKP dargestellt, und zwar sowohl für Gesunde als auch für Erwachsene mit einer ADHS erläutert. Nach dieser Menge an empirischen Ergebnissen zu den unterschiedlichen EKP-Komponenten scheint eine Zusammenfassung notwendig: Inkompatibilitätsaufgaben gehen mit typischen Ergebnismustern einher. Auf der Verhaltensebene zeigen sich bei inkongruenten Reizen typischerweise längere RZ und mehr Fehler als bei kongruenten Reizen. Patienten mit einer ADHS scheinen anfälliger für die Inkongruenz zu sein und zeigen bei diesen Aufgaben schlechtere Leistungen und größere Effekte als Gesunde.

Auch bei den EKP zeigen sich typische Ergebnismuster. So ist beispielsweise beim Stroop-Paradigma die Latenz der P300 nicht größer, wohingegen beim Flanker-Paradigma eine solche zu finden ist. In Bezug auf das LRP zeigt sich bei beiden Paradigmen eine Positivierung des LRP in der inkongruenten Bedingung. Diese Positivierung spiegelt die kurzfristige Auswahl des falschen Antwortkanals bei korrekten Antworten wider. Des Weiteren zeigte sich bei den beiden Paradigmen für falsche Antworten eine ERN. Bei Patienten mit einer ADHS findet sich im Vergleich zu Gesunden, eine größere Latenz der P300 sowie eine geringer ausgeprägte ERN. Zum LRP stehen bislang bei ADHS-Patienten keine Daten zur Verfügung.

Die bisher genannten Befunde machen deutlich, dass es typische Ergebnisse in Bezug auf die EKP gibt, sowohl für das Stroop- als auch für das Flanker-Paradigma. Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse der bislang dargestellten Studien, dass es in Bezug auf die EKP systematische Unterschiede zwischen Erwachsenen mit einer ADHS und Gesunden zu geben scheint. In Kapitel 1.4.2 wurde ausgeführt, dass beim Stroop-Paradigma explizite Prozesse der Aufmerksamkeitsablenkung wirksam sind und beim Flanker-Paradigma implizite Prozesse. Wie lässt sich diese begriffliche Unterscheidung nun auf Ebene der EKP nachvollziehen und welche Annahmen leitet sich daraus für die Aufmerksamkeitsprobleme der Erwachsene mit einer ADHS ab?

Zur Beantwortung dieser Fragen ist es notwendig, sich mit der inhaltlichen Bedeutung der EKP zu beschäftigen. Diese wiederum hängt stark damit zusammen, welche Vorstellung wir davon haben, wie unsere Informationsverarbeitung abläuft. Eines der Standardmodelle der Informationsverarbeitung aus der kognitiven Psychologie ist das serielle Stufenmodell, ein Modell welches bis heute noch Grundlage zahlreicher Studien ist. Eine sehr einfache Form dieses Modells, welches auf Sternberg (S. Sternberg, 1969) zurückgeht, lässt sich anhand von vier Verarbeitungsstufen beschreiben, die zwischen der Darbietung eines Reizes und der Ausführung der motorischen Reaktion stattfinden. Die erste Stufe kann als – Stimulusidentifikation –, die zweite als – Abruf gespeicherter Informationen aus dem Kurzzeitgedächtnis –, die dritte Stufe als – Reaktionsauswahl – und die vierte Stufe als – motorische Vorbereitung – bezeichnet

werden. Bei Informationsverarbeitungsmodellen ist es wichtig zu berücksichtigen, dass diese Modelle versuchen, Verhalten bei bestimmten Aufgaben zu erklären. Ihre Generalisierbarkeit auf andere vor allem komplexere Aufgaben bzw. eine Handlung ist entsprechend eingeschränkt. Dennoch besitzen diese Modelle eine wichtige Funktion, um Verhalten und die zugrundliegenden mentalen Prozesse besser zu verstehen. Viele Studien beschäftigten sich nun mit der Aufgabe, diesen Verarbeitungsstufen oder „mentalnen Prozessen“ EKP zuzuordnen (für eine Übersicht siehe Meyer, Osman, Irwin, & Yantis, 1988). So wird beispielsweise die P300 Prozessen der Stimulusidentifikation zugeordnet (Duncan-Johnson, 1981; Magliero, et al., 1984). Es ist jedoch bis heute nicht geklärt ist, ob die EKP mentale Prozesse widerspiegeln (z.B. Stimulusevaluation) oder natürliche Folge der Anwesenheit bestimmter Reize in einer Situation sind (Kotchoubey, 2002). Dabei kommt Kotchoubey zu folgendem Fazit „*Whenever the effects of hypothetical cognitive variables on the late event related potentials components can be separated from the effects of environmental information, the latter prove to be larger than the former ...*“ (Kotchoubey, 2002, S. 145). Dieser Aussage zu Folge sind EKP eher Folge der Wahrnehmung von situativen Merkmalen. Wie lässt sich dieser Befund auf die Informationsverarbeitungsmodelle übertragen? Nach Kotchoubey gibt es zwei Möglichkeiten, wie es zu Handlungen kommen kann. Auf der einen Seite kann es direkt von der Wahrnehmung zur Handlung kommen. Dieser Prozess findet dann statt, wenn die wahrgenommene Situation alle für die Reaktion relevanten Informationen beinhaltet. Eben dieser Prozess sollte sich nach Kotchoubey auch in den EKP wiederspiegeln. Liegen jedoch zu wenige Informationen vor, um eine Handlung initiieren zu können, dann sind zusätzliche mentale Prozesse nötig, um die Handlung ausführen zu können. Dieser Prozess sollte nach Kotchoubey in den EKP eher nicht sichtbar sein. Kotchoubey bezeichnet den ersten Prozess als sensomotorisch, den zweiten als exekutiv bzw. kognitiv. Das Modell welches Kotchoubey vorschlägt wird auch als Ebenen-Modell der Informationsverarbeitung bezeichnet, da es sozusagen Ebenen gibt, bei denen höhere kognitive Prozesse nicht beteiligt sind und Ebenen der Informationsverarbeitung, bei denen höhere kognitive Prozesse beteiligt sind. Ein ähnliches Modell wurde bereits von Atkinson und Kollegen postuliert (Atkinson, Hermann, & Wescourt, 1974; Atkinson & Juola, 1974). Anhand eines Beispiel soll verdeutlicht werden, in welcher Art und Weise diese beiden Informationsverarbeitungsprozesse von statten gehen. Anhand der Experimente von Sternberg zur Gedächtnisspanne (z.B. Saul Sternberg, 1975), lassen sich diese beiden Prozesse gut veranschaulichen. Sternberg führte ein Experiment durch, bei dem den Probanden 1 bis 7 Items dargeboten wurden, die sie sich merken sollten. Zur Überprüfung dieser Gedächtnisaufgabe wurden den Probanden im Anschluss wiederum Items dargeboten, wobei sie erkennen mussten, ob es sich bei dem Item um eines der zuvor dargebotenen handelte oder nicht. Die sensomotorische Lösung dieser Aufgabe besteht nun darin, dass die Probanden sofort den Grad der Ähnlichkeit des dargebotenen Items mit den zuvor gelernten abschätzen. Anhand dieser Strategie ist eine erfolgreiche Aufteilung in sehr ähnliche vs. sehr unähnliche Items in den meisten Fällen möglich. Was jedoch, wenn die Items sich sehr ähnlich sind oder die Anzahl der Items so groß ist, dass eine solche Aufteilung nicht mehr zielführend ist? An dieser Stelle

müssten die Probanden jedes einzelne Item in Gedanken durchgehen und mit dem dargebotenen vergleichen. Hierbei handelt es sich um eine kognitive Operation, die jedoch nur dann stattfindet, wenn die Erfolgsaussichten auf der sensomotorischen Ebene zu gering sind.

Wie lassen sich die Befunde von Kotchoubey und Kollegen nun auf die beiden in der vorliegenden Studie verwendeten Untersuchungsparadigmen übertragen? Beim Flanker-Paradigma scheint die Zuordnung noch recht einfach. Der Proband erhält alle notwendigen Informationen, die er für die Reaktion braucht, durch den visuellen Reiz. Die Schwierigkeit besteht sozusagen darin, nur den reaktionsrelevanten Reiz, also den in der Mitte dargebotenen, zur Handlungsinitiierung zu verwenden. Dieser Prozess sollte nach Kotchoubey auf der sensomotorischen Ebene stattfinden. Beim Stroop-Paradigma ist die Aufgabe etwas komplexer. Hier sind prinzipiell ebenfalls alle für die Reaktion relevanten Informationen durch den Reiz gegeben. Das Problem beim Stroop-Paradigma besteht darin, dass die Information, die wir über das Lesen des Wortes erhalten, unser Informationsverarbeitungssystem schneller oder zumindest gleichschnell erreicht, wie die Information über die Wortfarbe. Die Differenzierung, welche dieser beiden Informationen relevant für die Einleitung der Handlung ist, ist eine Aufgabe, die auf sensomotorischer Ebene nicht mehr zu lösen ist. An dieser Stelle sind „höhere“ kognitive Prozesse notwendig, um dieses Problems zu lösen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Paradigmen besteht demzufolge darin, welche Informationsverarbeitungsprozesse beteiligt sind. Das Flanker-Paradigma sollte nach Kotchoubey vor allem sensomotorische Prozesse beanspruchen, wohingegen das Stroop-Paradigma auch kognitive Prozesse beansprucht. Des Weiteren leitet sich aus der Annahme Kotchoubays ab, dass Prozesse auf der sensomotorischen Ebene eher automatisch und unbewusst ablaufen, da die Aufmerksamkeitsablenkung beim Flanker-Paradigma implizit stattfindet. Die Prozesse auf der kognitiven bzw. exekutiven Ebenen scheinen eher bewusst abzulaufen, da die Aufmerksamkeitsablenkung im Stroop-Paradigma explizit abläuft.

Nachdem anhand der Theorie von Kotchoubey der Unterschied zwischen dem Stroop- und dem Flanker-Paradigma erläutert wurde, bleibt zuletzt zu klären, weswegen diese beiden Forschungsparadigmen zusammen mit ADHS bei Erwachsenen angewandt werden. In Kapitel 1.3 wurde bereits deutlich, dass Erwachsene mit einer ADHS offensichtlich ein Defizit im Bereich der selektiven Aufmerksamkeit haben. Anhand der Ergebnisse von Studien zu dem Thema Autofahren und ADHS wurde des Weiteren deutlich, dass die Patienten vor allem Schwierigkeit darin zu haben scheinen, irrelevante Reize auszublenden. Dieses Defizit zeichnet sich experimentalpsychologisch bei den Befunden zu Studien ab, die die Leistung von Erwachsenen mit einer ADHS bei Inkompatibilitätsaufgaben untersuchen. Diese Studien zeigen, dass der Inkongruenzeffekt bei ADHS-Patienten größer ist als bei Gesunden. Wie bei den Studien zum Autofahren, so ist auch die Herausforderung bei diesen Aufgaben, reaktionsrelevante Reize zu verarbeiten und diese Verarbeitung nicht von Störreizen

beeinflussen zu lassen. Dabei findet die Verarbeitung beim Flanker-Paradigma eher auf der sensomotorischen Ebene statt und die Verarbeitung beim Stroop-Paradigma auf der kognitiven bzw. exekutiven Ebene. Da es sich beim Autofahren um eine gut geübte Tätigkeit handelt und die meisten Informationen wie z.B. Abstand zum vorderen Fahrzeug oder Geschwindigkeitslimitierung automatisch wahrgenommen und verarbeitet werden, liegt die Annahme nahe, dass Autofahren zum größten Teil auf der sensomotorischen Ebene stattfindet. Es stellt sich die Frage, ob bei Erwachsenen mit einer ADHS die sensomotorische Verarbeitung bzw. Aufmerksamkeitslenkung stärker beeinträchtigt ist als die exekutive Verarbeitung bzw. Aufmerksamkeitslenkung. Dieser Frage soll in der vorliegenden Studie nachgegangen werden.

## 1.9 Hypothesen

- I. Der Inkongruenzeffekt ist bei Erwachsenen mit einer ADHS insgesamt (über das Stroop- und das Flanker-Paradigma gemittelt) stärker ausgeprägt als bei gesunden Kontrollpersonen.

### Verhaltensebene:

Dieser Gruppenunterschied zeigt sich vor allem in der inkongruenten Bedingung, da in dieser Bedingung die Aufmerksamkeitsablenkung am größten ist und die Patienten in dieser Bedingung daher am stärksten beeinträchtigt sein müssten. Auf der Verhaltensebene reagieren die Patienten in der inkongruenten Bedingung langsamer und machen mehr Fehler als die Gesunden.

### Ebene der EKP:

Die P300-Latenz ist in der inkongruenten Bedingung bei den Patienten größer als bei den Gesunden.

In Bezug auf das LRP zeigen die Patienten in der inkongruenten Bedingung eine stärkere Positivierung als die Gesunden.

- II. In der inkongruenten Bedingung ist der Gruppenunterschied (ADHS vs. Gesunde) beim Flanker-Paradigma (implizite Aufmerksamkeit; vorwiegend sensomotorische Kontrolle) größer als beim Stroop-Paradigma (explizite Aufmerksamkeit; vorwiegend exekutive Kontrolle). Dies zeigt sich sowohl auf der Verhaltens- als auch auf der elektrophysiologischen Ebene.

### Verhaltensebene:

Hier machen die Patienten in der inkongruenten Bedingung mehr Fehler und reagieren langsamer als die Gesunden. Dieser Unterschied ist für die inkongruente Bedingung des Flanker-Paradigmas stärker ausgeprägt, als für die inkongruente Bedingung des Stroop-Paradigmas.

### Ebene der EKP:

Die P300-Latenz der Patienten ist in der inkongruenten Bedingung größer als die der Gesunden. Dieser Unterschied ist für die inkongruente Bedingung des Flanker-Paradigmas stärker ausgeprägt, als für die inkongruente Bedingung des Stroop-Paradigmas.

In Bezug auf das LRP zeigen die Patienten in der inkongruenten Bedingung eine stärkere Positivierung als die Gesunden. Dieser Unterschied ist für die inkongruente Bedingung des Flanker-Paradigmas stärker ausgeprägt, als für die inkongruente Bedingung des Stroop-Paradigmas.

- III. In der inkongruenten Bedingung zeigen die Patienten eine geringere Fehlernegativierung als die Gesunden. Dieser Unterschied ist für das Flanker-Paradigma (implizite Aufmerksamkeit; vorwiegend sensomotorische Kontrolle) stärker ausgeprägt als beim Stroop-Paradigma (explizite Aufmerksamkeit; vorwiegend exekutive Kontrolle).
- IV. Insgesamt ist die Fehlernegativierung im Flanker-Paradigma geringer als im Stroop-Paradigma, da diese vorwiegend der sensomotorischen und nicht der exekutiven Kontrolle unterliegt.

## 2 Methode

Die Untersuchung fand am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen statt. Die finanzielle Förderung erfolgte durch das Evangelische Studienwerk e.V. Villigst, durch die Christoph-Dornier-Stiftung sowie durch das Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie. Die Studie wurde von der Ethikkommission des Instituts für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie begutachtet und bewilligt.

### 2.1 Rekrutierung und Studienablauf

An der Studie nahmen 20 gesunde Personen sowie 20 erwachsene Personen mit der Diagnose einer ADHS teil. Die Rekrutierung der Patienten fand anhand von Zeitungsannoncen sowie durch die Kooperation mit niedergelassenen Psychiatern, psychiatrischen Ambulanzen sowie Selbsthilfegruppen statt. Die gesunden Probanden wurden über universitäre Rundmails und Aushänge in universitären Einrichtungen rekrutiert.

Den potentiellen Patienten wurde per Post die Einverständniserklärung (siehe Anhang A) sowie die Screening-Fragebögen WURS-K und ADHS-SB zugeschickt (102 Personen wurden angeschrieben). Nachdem die Einverständniserklärung unterschrieben zurückgesendet wurde und das Screening auffällig war (bei 51 Personen war das Screening auffällig), wurden die Patienten zu einer ausführlichen Diagnostik eingeladen (Dauer 3-4 Stunden). Dieser Termin dauerte zwei bis drei Stunden. Im Rahmen dieser Diagnostik fand eine Abklärung von Störungen auf Achse I anhand des Strukturierten Klinischen Interviews nach DSM-IV (SKID-I) statt. Die ausführliche Diagnostik der ADHS erfolgte ebenfalls an diesem Termin (Wender-Reimherr-Interviews (WRI)). Zur Abklärung einer eventuell vorliegenden Borderline-Störung füllten die Patienten die Kurzform der Borderline Symptom Checkliste (BSL-K) aus. Die Abklärung der Einnahme von Medikamenten mit zentralnervöser Wirkung sowie das Vorliegen neurologischer Erkrankungen erfolgten ebenfalls an diesem Termin. Darüberhinaus bearbeiteten die Patienten den Aufmerksamkeitsbelastungstest (D2) sowie den Continuous Performance Task (CPT). An einem zweiten Termin fanden die Intelligenztestung (CFT-20-R) sowie die Untersuchung anhand der experimentellen Paradigmen statt (Dauer 2-3 Stunden)(20 Personen erfüllten die Diagnose einer ADHS im Erwachsenenalter). Der Ablauf für die Gesunden war identisch. Lediglich die Diagnostik anhand des WRI entfiel für die Gesunden. Die genannten diagnostischen Verfahren werden im weiteren Verlauf genauer beschrieben.

## 2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Personen, die unter einer aktuellen Substanzabhängigkeit, einer psychotischen oder neurologischen Störung litten, die Diagnose einer aktuellen Major Depression oder dissoziativen Störung nach DSM-IV aufwiesen oder Medikamente mit zentralnervöser Wirkung einnahmen, wurden von der weiteren Teilnahme an der Studie ausgeschlossen. Dies war aufgrund der Abweichungen nötig, die sich bei diesen Störungen im EEG ergeben und einen Vergleich zwischen Patienten mit ADHS und den gesunden Kontrollprobanden behindern könnten. Linkshänder mussten aus demselben Grund ausgeschlossen werden. Ebenfalls ausgeschlossen waren Menschen, die auffällige Werte in der Kurzform der Borderline Symptom Checkliste (BSL-K) erreichten. Des Weiteren wurden nur Probanden in die Studie eingeschlossen, die im CFT-20-R einen Intelligenzquotienten von 80 und größer aufwiesen. In der Experimentalgruppe war die Diagnose einer ADHS Voraussetzung.

Für die Teilnahme erhielten die Patienten einen Bericht auf der Basis der ausführlichen Eingangsdiagnostik. Den gesunden Teilnehmer wurde eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 50 € gezahlt.

## 2.3 Beschreibung der Stichprobe

Die Gruppe der Gesunden wurde zur Gruppe der Patienten hinsichtlich des Geschlechts, des Alters sowie der Bildung paarweise parallelisiert (yokedcontrol). Dementsprechend befanden sich in beiden Gruppen die gleiche Anzahl an Männern und Frauen mit gleichem Bildungsniveau. Das Bildungsniveau wurde in 6 Kategorien eingeteilt (Keine Berufsausbildung, Hauptschulabschluss, Realschulabschluss, Student, abgeschlossene Berufsausbildung, abgeschlossenes Studium). Bei der Zuordnung in Bezug auf das Alter wurde eine Abweichung von +/- 2 Jahren toleriert. In beiden Gruppen befanden sich somit je 9 Männer und 11 Frauen. Eine Person pro Gruppe hatte einen Realschulabschluss, fünf Personen befanden sich noch im Studium, sieben hatten eine abgeschlossene Berufsausbildung und sieben ein abgeschlossenes Hochschulstudium. Die Patienten waren im Schnitt  $M = 36.7$  ( $SD = 10.79$ ) Jahre alt. Die Gesunden  $M = 37.1$  ( $SD = 10.53$ ). Der Unterschied wurde statistisch nicht signifikant. Die Intelligenzwerte betreffend unterschieden sich die beiden Gruppen ebenfalls statistisch nicht signifikant. Es zeigte sich jedoch ein Trend dahingehend, dass die Gesunden mit einem mittleren Intelligenzquotienten von  $M = 113.6$  ( $SD = 17.14$ ) leicht intelligenter waren als die Patienten mit einem mittleren Intelligenzquotienten von  $M = 102.4$  ( $SD = 19.22$ ) [ $t = -1.94$ ,  $df = 38$ ,  $p = .06$ ].

## 2.4 Studiendesign und statistische Auswertung

Wie bereits im Theorieteil dargestellt, wurde die Fragestellung anhand von zwei kognitionspsychologischen Paradigmen untersucht. Beide Paradigmen beinhalteten vier

Kategorien von Reizen „kongruente“, „inkongruente“, „neutrale“ sowie „neutral1“ Reize. Jeder Proband musste beide Paradigmen bearbeiten. Die Reihenfolge, mit welchem Paradigma die Probanden beginnen, wurde über die Probanden ausbalanciert. Entsprechend startete die Hälfte der Teilnehmer mit dem Stroop-Paradigma, die andere Hälfte mit dem Flanker-Paradigma. Insgesamt ergibt sich für die vorliegende Studie daraus ein Design aus den Faktoren Gruppe, Experiment und Bedingung. Beim Faktor Gruppe handelte es sich um einen Zwischensubjekt-Faktor, beim Faktor Experiment sowie beim Faktor Bedingung, jeweils um Innersubjekt-Faktoren mit Messwiederholung.

Die statistische Auswertung wird zu den Ergebnissen im Ergebnisteil detailliert beschrieben.

## 2.5 Diagnostik

### 2.5.1 Homburger ADHS-Skalen für Erwachsene (HASE)

Die Homburger ADHS-Skalen für Erwachsene (HASE, (Rösler, Retz-Junginger, Retz, & Stieglitz, 2008) sind eine Zusammenstellung verschiedener Testverfahren (Selbst- und Fremdbeurteilung sowie Klinisches Interview), die eine reliablen und validen Diagnostik der ADHS im Erwachsenenalter ermöglichen sollen. Die HASE besteht aus vier Untertests: - Wender Utah Rating Scale-Kurzform (WURS-K) -, - Wender-Reimherr-Interview (WRI) -, - ADHS Selbstbeurteilungsskala (ADHS-SB) -, - ADHS diagnostische Checkliste für Experten (ADHS-DC) -. Die beiden zuerst genannten Verfahren gehen auf Testverfahren aus dem anglo-amerikanischen Sprachraum zurück, die WURS-K auf die gleichnamige Wender Utah Rating Scale von Wender(Wender, 1995). Das WRI geht auf die Wender-Reimherr Adult Attention Deficit Disorder Scale(Wender, 1995) zurück. Beide Verfahren wurden übersetzt und an deutschen Stichproben psychometrisch validiert (Retz-Junginger et al., 2003; Retz-Junginger et al., 2002; Retz-Junginger et al., 2007; Rösler et al., 2008). Die beiden anderen Skalen (ADHS-SB, ADHS-DC) wurden von den Autoren der HASE selbst entwickelt und lehnen sich an die 18 DSM-IV bzw. ICD-10 Kriterien an, die den psychopathologischen ADHS-Status erheben. Beide Verfahren wurden an einer deutschen Stichprobe psychometrisch validiert (Rösler & Retz, 2006; Rösler et al., 2004).Die ADHS-DC wurde in der aktuellen Studie nicht verwendet, da die diagnostischen Informationen ohnehin zusammengetragen wurden und die ADHS-DC daher keinen diagnostischen Mehrwert brachte. In Tabelle 2sind die in der HASE verwendeten Testverfahren noch einmal aufgelistet sowie die Durchführungsart, Itemanzahl und Beschreibung der Skalierungsart sowie die Testdauer.

Nachfolgend werden die einzelnen Testverfahren die in Tabelle 2 zu sehen sind, detailliert beschrieben.

### 2.5.1.1 Wender Utah Rating Scale Kurzform(WURS-K)

Die WURS-K dient der Feststellung von ADHS-Symptomen im Kindesalter. Die Aufgabe des Patienten besteht darin, rückblickend eine Einstufung des Schwergrads spezifischer Symptome vorzunehmen. Die WURS-K besteht aus 25 Merkmalen, davon sind 4 Kontrollitems. Die Items sollen vom Patienten hinsichtlich folgender Schweregrad-Dimensionen bewerten werden: „0“ = „nicht oder ganz gering ausgeprägt“, „1“ = gering ausgeprägt“, „2“ = „deutlich ausgeprägt“, „4“ = „stark ausgeprägt“. Die Auswertung erfolgt durch die Berechnung des Summenscores unter Auslassung der 4 Kontrollitems. Der maximale Summenwert, der erzielt werden kann, ist 84. Ab einem Cut-Off von  $\geq 30$  Punkten ist davon auszugehen, dass im Kindesalter eine Diagnose vorgelegen hat. Erzielt ein Proband ebenfalls hohe Werte bei den Kontrollitems ( $>10$ ) ist die Zuverlässigkeit der

*Tabelle 2. Auflistung der einzelnen Testverfahren der Homburger-ADHS-Skalen für Erwachsene.*

Diagnostik	Skala	Methode	Items	Zeit
<b>Stufe 1 Kindliche Symptome</b>	WURS-K	Selbstbeurteilung durch trainierten Experten	25 0-4 Skalierung	10 Min
<b>Stufe 2 DSM-IV Kriterien</b>	ADHS-DC + Verlaufsform	Fremdbeurteilung durch trainierten Experten	22 0-3 Skalierung	10 Min
<b>Stufe 2 DSM-IV Kriterien</b>	ADHS-SB	Selbstbeurteilung durch trainierten Experten	22 0-3 Skalierung	10 Min
<b>Stufe 3 Spezielle adulte ADHS Psychopathologie</b>	WRI + Verlaufsform	Interview durch trainierten Experten	28 0-2 Skalierung	20 Min

Beantwortung der WURS-K in Frage zu stellen und dementsprechend die Verwertbarkeit der Ergebnisse.

Zu den statistischen Gütekriterien dieses Verfahrens:

*Stabilität.* Bei einer Untersuchung der *Retest-Reliabilität* dieses Verfahrens bei unbehandelten Patienten ( $N = 110$ ), ergab sich über einen Zeitraum von 4 bis 11 Wochen ein Wert von .90.

*Innere Konsistenz.* Für Cronbach's $\alpha$  ergab sich ein Wert von .91 ( $N = 1629$ ) für die Gesamtskala (Stieglitz, 2000). Die Split-Half-Reliabilität beträgt .85 ( $N = 1629$ ).

*Dimensionalität.* Eine explorative Faktorenanalyse ergab eine fünffaktorielle Struktur mit folgenden psychopathologischen Bereichen: Aufmerksamkeitsstörungen, Überaktivität, Impulsivität, Angst, Depression. Diese fünf Faktoren klären 55 % der Varianz auf. Des Weiteren ließen sich noch die Faktoren Protestverhalten und Störung der sozialen Adaption isolieren.

*Konvergente und Divergente Validität.* Die Korrelation mit der 61 Items umfassenden Originalversion beträgt .94 ( $N = 577$ ).

*Sensitivität und Spezifität.* Bei einem Schwellenwert von 30 Punkten lag für eine männliche Stichprobe ( $N = 1302$ ) die Sensitivität bei 85% und die Spezifität bei 76% (Retz-Junginger et al., 2003). Bei einer Studie an Frauen wurden für den optimalen Schwellenwert wiederum 30 Punkte ermittelt, hier betrug die Sensitivität 93% und die Spezifität 92% (Retz-Junginger et al., 2007).

Die Bearbeitungsdauer der WURS-K beträgt ca. 10 Minuten.

#### 2.5.1.2 Wender-Reimherr-Interview (WRI)

Das WRI ist ein strukturiertes Interview, das sich an den von Wender (Wender, 1995) entwickelten Utah-Kriterien orientiert. Die Originalfassung wird als Wender-Reimherr Adult ADHD Symptome Rating Scale (WRAADDS) bezeichnet. Das WRI besteht aus sieben psychopathologischen Teilskalen. Vier der Skalen beziehen sich auf leicht zugängliches, direkt beobachtbares Verhalten wie Aufmerksamkeitsstörungen, Hyperaktivität und Impulsivität. Die restlichen vier Skalen erfassen eher Aspekte des psychischen Erlebens des Patienten (Desorganisation, affektive Labilität, emotionale Übererregbarkeit, Temperamentseigenschaften „hottemper“). Diesen Teilskalen sind insgesamt 28 psychopathologische Merkmale zugeordnet, so dass pro Subskala 3-5 Items zur Verfügung stehen. Die 28 psychopathologischen Merkmale können von 0 bis 2 skaliert werden (0 = „nicht vorhanden“, 1 = „leicht vorhanden“, 2 = mittel bis schwer“). Durch Summation der einzelnen Werte pro Item resultieren 7 Subskalenwerte. Darüber hinaus verfügt das WRI noch über ein globales Bewertungssystem, das sich auf die klinische Bewertung des Störungsgrades der 7 Subskalen bezieht. Anhand dieser Globalbewertung sollen vor allem Interaktionen zwischen den Symptomen sowie weitere Wirkfaktoren, die im jeweiligen Symptombereich eine Rolle spielen, erfasst werden. Die Globalbewertung wird anhand einer vierstufigen Skala (0 = „nicht vorhanden“ bis 4 = „sehr schwer“) vorgenommen. Aus der Summe der 7 Globalbewertungen geht der WRI-Gesamtwert hervor.

Für die Vergabe einer Diagnose anhand des WRI müssen die Symptombereiche der Aufmerksamkeitsstörung sowie der Hyperaktivität als vorhanden gesehen werden. Des Weiteren müssen von den restlichen 5 Subskalen 2 als gegeben bewertet werden. Eine Subskala bzw. ein Symptombereich gilt dann als erfüllt, wenn der Summenwert der Skala der Anzahl der Items, aus denen die Skala zusammengesetzt ist, entspricht. Bei Subskalen, die aus 3 bzw. 4 Items bestehen, müsste der Summenwert dementsprechend 3 oder 4 betragen.

Gesamtwerte von unter 30 treten nur bei Patienten auf, bei denen eine effiziente Behandlung durchgeführt worden ist. Bei einer unbehandelten Patientenpopulation treten Summenwerte von 40, in Ausnahmefällen auch höhere Werte, auf. Bei Werten bis 20 liegt keine ADHS vor (Rösler, Retz-Junginger, et al., 2008). Die Item und teststatistischen Kennwerte sind Tabelle 3 zu entnehmen.

*Interrater-Reliabilität.* Die Interrater-Reliabilität wurde sowohl für die WRI-Diagnose als auch für den WRI-Gesamtwert berechnet. Dabei ist die Interrater-Reliabilität bzgl. der WRI-Diagnose mit Kappa = 1.0 als sehr gut zu bewerten. Ebenso ist die Interrater-Reliabilität für den WRI-Gesamtwert mit einem Intraclass Korrelationskoeffizienten von 0.92 als sehr gut zu bewerten.

*Validität.* Eine Kreuzvalidierung mit anderen Verfahren gibt es nicht. Die Autoren der HASE beziehen sich bei ihren Angaben zur Validität auf einen Vergleich zwischen den DSM-IV- und den Utah-Kriterien für ADHS. Hier ist anzumerken, dass die Utah-Kriterien ein engeres ADHS Konzept vertreten als die DSM-IV Kriterien. Einer der Hauptunterschiede zwischen den beiden Verfahren besteht darin, dass für eine

*Tabelle 3. Übersicht über die innere Konsistenz der einzelnen Skalen des Wender-Reimherr-Interviews (Rösler, Retz-Junginger, et al., 2008).*

Skala	Cronbachs $\alpha$
WRI-1 Unaufmerksamkeit	.72
WRI2-Hyperaktivität	.60
WRI-3 Temperament	.68
WRI-4 Affektive Labilität	.69
WRI-5 Emotionale Überreagibilität	.60
WRI-6 Desorganisation	.67
WRI-7 Impulsivität	.64
WRI-Gesamtskala	.82

ADHS-Diagnose nach den Utah-Kriterien eine Kombination von Aufmerksamkeitsstörungen mit Hyperaktivität eine notwendige Bedingung ist. Bei den DSM-IV - Kriterien können beide Symptombereiche getrennt auftreten, was dann gegebenenfalls mit dem Zusatz überwiegend Unaufmerksamkeit (314.00) oder überwiegend Hyperaktivität/Impulsivität (314.01) kodiert wird. Bei einer vergleichenden Anwendung beider diagnostischen Konzepte bei derselben Stichprobe (168 Verdachtsfälle von ADHS) zeigte sich, dass nach den DSM-IV Kriterien 119 ADHS-Diagnosen vergeben wurden, nach den Utah-Kriterien waren es 93 Diagnosen. In 86 Fällen bestand Übereinstimmung zwischen den beiden diagnostischen Konzepten, in 7 Fällen wurde die Diagnose nur nach den Utah-Kriterien diagnostiziert, in 33 Fällen erfolgte die Diagnose nur nach den DSM-IV Kriterien (Rösler, Retz-Junginger, et al., 2008). Somit wurden nach den Utah-Kriterien 20% weniger an ADHS-Diagnosen zugelassen.

*Konvergente Validität.* Die Produktmoment-Korrelation zwischen dem WRI-Gesamtwert und dem Summenwert des ADHS-SB beträgt .70. Die Korrelation mit der WURS-K beträgt .47. Beide Korrelationen sind statistisch signifikant ( $p < .00$ ).

Zur Trennschärfe des Verfahrens geben die Autoren an, dass das WRI 70% der Nichtfälle (Spezifität) und 77% der Fälle (Sensitivität) korrekt klassifiziert. Die Gesamtklassifikation wurde mit 75.6% berechnet. Die Mittelwerte lagen für den WRI-

Gesamtwert für die ADHS-Fälle bei 38.8 bei Nichtfällen 26.8. Dieser Unterschied ist nach dem Mann-Whitney Test mit  $p = .000$  statistisch signifikant.

### 2.5.1.3 ADHS-Selbstbeurteilungsbogen (ADHS-SB)

Der ADHS-SB setzt sich aus den 18 Forschungskriterien zu ADHS im ICD-10 und den gleichlautenden DSM-IV Kriterien zusammen. Diese Diagnose-Kriterien wurden der Lebenssituation Erwachsener angepasst. Darüber hinaus beinhaltet der ADHS-SB 4 zusätzliche Kriterien, die sich auf Krankheitsbeginn, Symptomgeneralisierung sowie auf verschiedene Lebensbereiche und Leidensdruck beziehen. Die Bewertung der einzelnen Kriterien erfolgt anhand einer vierstufigen Skala (0 = nicht vorhanden, 1 = leicht, 2 = mittel, 3 = schwer).

Die Auswertung ist vom Ziel der Diagnostik abhängig. Steht beispielsweise eine Schweregradbestimmung im Vordergrund, so werden die Werte der einzelnen Items für die drei Syndrombereiche addiert, woraus sich ein Gesamtwert ergibt. Ist das Ziel eine klassifikatorische Diagnostik, erfolgt die Auswertung entsprechend dem Algorithmus aus ICD-10 oder DSM-IV. In der vorliegenden Studie entschieden wir für uns dafür, dass ein Item mit einem Wert von 2 als erfüllt angesehen werden kann. Dadurch soll die Auswertungsobjektivität erhöht werden, indem eine subjektive Interpretation eines Vergleichs mit den ICD-10 oder DSM-IV Kriterien entfällt. Hinweise auf eine Diagnose vom kombinierten Typus nach DSM-IV ergeben sich demnach dann, wenn mindestens 6 Merkmale der Unaufmerksamkeit und mindesten 6 Merkmale der Hyperaktivität/Impulsivität vorliegen. Für die Verdachtsdiagnose ADHS vom überwiegend unaufmerksamen und ADHS vom überwiegend hyperaktiv-impulsiven Typus müssen mindestens 6 Items des entsprechenden Bereichs erfüllt sein.

*Innere Konsistenz.* Die innere Konsistenz für die ADHS-SB wurde nach Cronbachs  $\alpha$  bestimmt und liegt zwischen .72 und .90.

*Retest-Reliabilität.* Bei einer Stichprobe von  $N = 30$  Patienten (Psychiatriepatienten mit teilweise Komorbiditäten), von denen 15 eine ADHS Diagnose hatten, lag die Korrelation für die Retest-Reliabilität in einem Bereich zwischen .78 und .89.

*Sensitivität und Spezifität.* Es werden drei unterschiedliche Wertepaare angegeben, je nach Fragestellung. Für die vorliegende Studie wurde ein Cut-Off Wert von 18 verwendet. Bei diesem Cut-Off Wert wird eine Sensitivität von .65 und eine Spezifität von .92 erzielt.

### 2.5.2 Strukturiertes Klinisches Interview nach DSM-IV

Beim SKID (Wittchen, Zaudig, & Fydrich, 1997) handelt es sich um ein halbstrukturiertes Interview, zur Diagnosestellung aktueller und früherer psychischer

Störungen gemäß des DSM-IV. Es besteht aus zwei Teilen: Das SKID-I dient der Erfassung von sogenannten Achse-I Störungen, das SKID-II dient der Erfassung von Persönlichkeitsstörungen (Achse II). Auch zur Beurteilung körperlicher Probleme (Achse III), psychosozialer Beeinträchtigungen (Achse IV) und für das Generelle Funktionsniveau (Achse V) steht beim SKID-I ein Codierungsschlüssel zur Verfügung. Zur Durchführung des SKID ist eine Schulung der Interviewer, die genaue Kenntnis der DSM-IV Kriterien und klinische Erfahrung erforderlich. Die Durchführungszeit des SKID-I beträgt je nach Anzahl psychopathologischer Auffälligkeiten bis zu 100 Minuten. In Tabelle 4 findet sich eine inhaltliche Übersicht über das SKID-I.

*Tabelle 4. Struktur des Strukturierten Klinischen Interviews nach DSM-IV Achse I.*

Eingangsdiagnostik	Explorationsleitfaden zur Erfassung des biographischen Kontextes, zum Überblick über derzeitige und frühere Beschwerden und zur Anamnese.	
	Screening-Fragebogen zu den psychischen Störungen auf Achse I	
Ausführliche Diagnostik nach den Kriterien des DSM-IV, unterteilt nach den Sektionen des DSM.	A	Affektive Syndrome
	B	Psychotische und Assoziierte Syndrome
	C	Differentialdiagnose Psychotischer Störungen
	D	Differentialdiagnose Affektiver Störungen
	E	Missbrauch und Abhängigkeit von Psychotropen Substanzen
	F	Angststörungen
	G	Somatoforme Störungen
	H	Essstörungen
	I	Anpassungsstörung (derzeitig)
	J	Optionale Störungen
Abschließende Bewertung	Beurteilungsbogen zur Einschätzung der psychosozialen Beeinträchtigung auf Achse IV und zur globalen Beurteilung der Leistungsfähigkeit auf Achse V. Detaillierte Liste mit Kodierungsschlüsseln zur Kennzeichnung von Medizinischen Krankheitsfaktoren gemäß Achse III.	
Berücksichtigung evtl. vorliegender körperlicher Krankheiten.	Detaillierte Liste mit Kodierungsschlüsseln zur Kennzeichnung von Medizinischen Krankheitsfaktoren gemäß Achse III.	

Das SKID diente in der vorliegenden Studie in erster Linie dazu, Erkrankungen zu identifizieren, deren Psychopathologie stark der einer ADHS im Erwachsenenalter ähnelt. Durch den Ausschluss solcher Erkrankungen bzw. Diagnosen sollten mögliche Symptom-Konfundierungen mit der ADHS im Erwachsenenalter vermieden werden. Aufgrund der Tatsache, dass bei vielen Achse I - Störungen begleitend Beeinträchtigungen der Konzentration auftreten, entschieden wir uns, im Interview alle

Sktionen abzufragen. Dementsprechend entfiel der Screening-Fragebogen. Ebenso entfiel der Fragebogen zum biographischen Kontext, da diese Daten bereits ausführlich im Rahmen der ADHS-Diagnostik erhoben wurden.

Um die Zeitdauer für die diagnostische Abklärung (4-5h) nicht noch weiter zu verlängern, entschieden wir uns dafür, das SKID II nicht zu verwenden. Ein weiterer Grund, weswegen das SKID II nicht angewandt wurde, lag darin, dass eine ADHS sich differentialdiagnostisch weniger mit Achse II - Störungen überschneidet als mit denen der Achse I. Die für die Ein- und Ausschlusskriterien relevanten Störungen auf Achse II wurden anhand anderer Verfahren abgedeckt, die weiter unten beschrieben werden.

### **2.5.3 D2 Aufmerksamkeitsbelastungstest**

Der D2 wurde verwendet, um den diagnostischen Eindruck der ADHS spezifischen Verfahren zu erhärten. Der Test D2 misst die Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung einer Person unter Zeitdruck. Der Test besteht aus 14 Zeilen mit je 47 Zeichen. Bei den Zeichen handelt es sich um die Buchstaben d und p die von 1-4 Strichen umgeben sein können. Die Striche können sich über und/oder unter den Reizen befinden. Die Aufgabe der Testperson ist es, alle d mit 2 Strichen durchzustreichen und alle anderen Zeichen dabei ohne Markierung zu hinterlassen. Pro Zeile hat die Testperson 20 s Zeit, danach muss sie zur nächsten Zeile weitergehen. Durch die Anforderungen, die dieser Test stellt, werden sowohl Quantität als auch Qualität der Leistung erfasst.

Ein wichtiges Maß der Quantität ist die Anzahl der bearbeiteten Zeichen (GZ), ein Maß der Qualität ist die Anzahl der Fehler. Die Fehler werden in zwei Kategorien unterteilt. Dies sind zum einen d mit 2 Strichen, die nicht erkannt wurden (Auslassungsfehler; F1) und zum anderen Zeichen, die fälschlicherweise angestrichen wurden (Verwechslungsfehler; F2). Diese beiden Maße werden zueinander ins Verhältnis gesetzt, woraus sich weitere zu interpretierende Kennwerte ergeben. Eine Darstellung aller Kennwerte des D2-Tests findet sich in Tabelle 5.

*Teststatistische Kennwerte.* Die Reliabilitätskoeffizienten für GZ-F sowie für GZ-2F betragen  $r = .96$  bzw.  $r = .95$ . Die Korrelation der Werte GZ-F (einfach korrelierte Mengenleistung) und GZ-2F (doppelt korrigierte Mengenleistung) sowie mit der KL (Konzentrationsleistung) liegen alle in einem Bereich von  $r > .93$ , sehr hoch (Mittelwert  $r > .93$ ).

*Tabelle 5. Übersicht über die Ergebnisvariablen des D2-Tests, wie sie in der vorliegenden Arbeit verwendet wurden.*

Kennwert	Interpretation
Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen (GZ)	Lässt Rückschlüsse über die Arbeitsgeschwindigkeit der Testperson zu.
Summe der Fehler (F)	Lässt Rückschlüsse über die Arbeitssorgfalt der Testperson zu.
Fehler Prozent (%)	Setzt die Arbeitsgeschwindigkeit und die Sorgfalt der Testperson miteinander ins Verhältnis. Je größer GZ und je kleiner F, desto besser.
Differenz zwischen der Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen (GZ) und der Summe der Fehler (F) (GZ-F).	
Konzentrationsleistung (KL)	Der seit 1994 neu eingeführte Konzentrationsleistungswert (KL) besteht aus der Summe aller zutreffend durchgestrichenen Zeichen, abzüglich der Verwechslungsfehler (F2). KL entspricht besser dem Sinn und Geist des Tests und seiner Anweisungen als der früher übliche Messwert (GZ - 2F).
Der Wert ist verfälschungsresistent	
Schwankungsbreite	Vergleicht die Zeile mit der größten Anzahl bearbeiteter Zeichen mit der Zeile mit der geringsten Anzahl bearbeiteter Zeichen. Aus diesem Ergebnis lassen sich Rückschlüsse über die Stabilität der Konzentrationsleistung der Testperson ziehen.
Vergleich 1. Testhälfte vs. 2. Testhälfte	Anhand dieses Vergleichs lassen sich z.B. Übungs- oder Ermüdungseffekte erkennen.

#### 2.5.4 Continuous-Performance Task (CPT)

Der CPT wurde verwendet, um den diagnostischen Eindruck der ADHS spezifischen Verfahren zu erhärten. Der CPT ist ein Testverfahren zur Erfassung der selektiven Aufmerksamkeit, der Daueraufmerksamkeit sowie des impulsiven Verhaltens.

Der Test findet computergestützt statt. Er setzt sich aus zwei Testhälften zusammen, die jeweils ca. 15 min dauern. Während des Tests werden dem Probanden über den Bildschirm 5 Buchstaben dargeboten (H, O, T, X, Z). Die Aufgabe des Probanden besteht darin, immer eine Taste zu drücken, wenn ein „O“ auf ein „X“ folgt.

Bei dieser Aufgabe lassen sich zwei Fehlerarten unterscheiden. Zum einen kann die Reaktion auf die Zielsequenz ausbleiben (Omissionsfehler), oder der Proband reagiert auf eine irrelevante Zielsequenz (Commissionsfehler). Anhand dieser beiden Fehlerarten lassen sich Rückschlüsse auf Aufmerksamkeitsdefizite und Impulsivität ziehen. Zusätzlich zu der Fehlerart werden bei dem Test noch die Reaktionszeiten für die korrekten Antworten erfasst sowie ein Variabilitätskoeffizient berechnet, der Aufschluss über die Gleichmäßigkeit der Leistung des Probanden gibt. Anhand der Zweiteilung des Tests lassen sich darüber hinaus Sequenz-Effekte, die durch Übung oder Ermüdung zustande kommen, untersuchen. Die Ausgabe der Ergebniswerte erfolgt anhand eines Profilblattes, anhand dessen die Einzelwerte miteinander verglichen und mit den Werten der entsprechend Normstichprobe in Bezug gesetzt werden können. In Tabelle 6 findet sich eine Übersicht über die Variablen, die durch den CPT erfasst werden.

*Tabelle 6. Übersicht über die durch den Continuous-Performance-Task gemessenen Variablen sowie deren Bedeutung.*

Name der gemessenen Variablen	Bedeutung der gemessenen Variablen
Reaktionszeit gesamt	Mittlere Reaktionszeit aller richtigen Antworten
Reaktionszeit Teil 1	Mittlere Reaktionszeit aller richtigen Antworten für die erste Testhälfte
Reaktionszeit Teil 2	Mittlere Reaktionszeit aller richtigen Antworten für die zweite Testhälfte
Variabilität Gesamt in %	Hohe Kontinuität der Arbeitsweise bei niedrigem Variabilitätswert.
Variabilität Teil 1	Variabilität in der ersten Testhälfte in %
Variabilität Teil 2	Variabilität in der zweiten Testhälfte in %
Omission Fehler Gesamt	Eine hohe Anzahl an Omissionsfehlern (übersehen relevanter Reize) spricht für eine Beeinträchtigte Aufmerksamkeit.
Omission Teil 1	Anzahl der Omissionsfehler in der ersten Testhälfte
Omission Teil 2	Anzahl der Omissionsfehler in der zweiten Testhälfte
Commission Fehler Gesamt	Eine hohe Anzahl an Comissionsfehlern (reagieren auf irrelevante Reize) spricht für impulsives Reagieren bei der Aufgabenlösung.
Commission Teil 1	Anzahl der Comissionsfehler in der ersten Testhälfte
Commission Teil 2	Anzahl der Comissionsfehler in der zweiten Testhälfte

*Teststatistische Kennwerte.* Die Reliabilitätswerte für den CPT liegen zwischen .70 bis .90 (Halperin, Sharma, Greenblatt, & Schwartz, 1991; Seidel & Joschko, 1990). Darüber hinaus gilt der Test auch in der Retestreliabilität nach zwei Wochen als reliabel (Seidel & Joschko, 1990).

Die Normierung wurde 2004 aktualisiert (PC: Normalpopulation 2004). Es wurden eine Gesamtnorm und altersspezifische Normen auf der Basis von N=986 Daten erstellt.

### **2.5.5 Grundintelligenzskala20-R (CFT 20-R)**

Der CFT 20-R(Weiß, 2006) ist ein sprachfreier Test zur Erfassung der Grundintelligenz. Er besteht aus zwei identisch aufgebauten Teilen, die aus vier unterschiedlichen Subtests zusammengesetzt sind: Reihenfolgenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen und topologische Schlussfolgerungen. Die Untertests werden hintereinander mit unterschiedlichen Zeitbegrenzungen präsentiert. Hierbei werden die Aufgaben dem Probanden in einem Testheft vorgelegt und pro Item fünf Antwortalternativen vorgeschlagen. In einem Antwortbogen soll der Teilnehmer dann seine Antwort eintragen. Diese kann mit Hilfe einer Schablone ausgewertet werden. Für jede richtige Antwort wird dem Probanden ein Rohpunkt zugeschrieben. Die Summenwerte aller vier Untertests werden zu einem Gesamtrohwert addiert, der mit Hilfe von Normtabellen in IQ-Punkte umgerechnet werden kann.

Studien zur Erfassung der Stabilität des Testes ergaben nach einem Zeitintervall von drei Monaten *Testwiederholungskoeffizienten* von .80 bis .82. Der Konsistenzkoeffizient für den Gesamttest beträgt .95.

Untersuchungen zur *faktoriellen Validität* des CFT 20-R ergaben, dass alle vier Subtests hoch auf dem Faktor „General Fluid Ability“ laden. Hinsichtlich der *konvergenten Validität* sind Korrelationen mit anderen Intelligenztests wie zum Beispiel dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder oder dem Coloured Progressive Matrices Test mit einem Durchschnitt von  $r = .64$  zufriedenstellend.

### **2.5.6 Borderline Symptom Checkliste Kurzform (BSL-K)**

Die BSL-K ist ein Selbstbewertungsinstrument zur quantitativen Erfassung von für eine Borderline-Erkrankung spezifischen Symptomen. Die Grundlage der in der BSL verwendeten Items bilden die diagnostischen Kriterien für Persönlichkeitsstörungen nach dem DSM-IV-R, das diagnostische Interview für Borderline Persönlichkeitsstörungen sowie die Meinung von Experten und Borderline Patienten(Bohus et al., 2009). Die BSL-K besteht aus 23 Items, die anhand einer fünfstufigen Likertskala (0 = überhaupt nicht bis 4 = sehr stark) bewertet werden können. Der relevante Bewertungszeitraum stellt die vorangegangene Woche dar. Zusätzlich zu den 23 Items wird anhand einer visuellen Analogskala die aktuelle psychische Befindlichkeit erfasst. Anhand einer 11 Items umfassenden Ergänzungsskala

werden die aktuellen dysfunktionalen Verhaltensweisen erfasst. Die Bewertung dieser Items findet wiederum anhand einer vierstufigen Likertskala von gar nicht über einmal in der letzten Woche, zweimal in der letzten Woche, täglich während der letzten Woche oder mehrmals täglich während der letzten Woche, statt. Die Bearbeitung der BSL-K dauert zwischen 5-10 min. Die Auswertung findet durch summieren der Werte für die einzelnen Items statt und die anschließende Berechnung des Mittelwerts. Nach Bohus (Bohus, et al., 2009) haben Borderline-Patienten einen durchschnittlichen Wert von 2.02 in der BSL-K. Ab einem Mittelwert von 1.7 kann davon ausgegangen werden, dass eine klinisch relevante Ausprägung der Symptomatik vorliegt.

*Teststatistische Kennwerte.* Für die BSL-K liegen noch keine Validierungsstudien vor, daher beziehen sich die im Folgenden genannten Werte auf die Langform (BSL) mit 95 Items. In einer Validierungsstudie(Bohus et al., 2007) zeigte sich eine interne Konsistenz für die BSL von Cronbachs  $\alpha = .97$ . Die Test-Retest Reliabilität in dieser Studie betrug  $r = .84$ . Bohus et al. (2007) konnten zeigen, dass die BSL-K signifikant zwischen Borderline-Patienten und Gesunden differenziert sowie zwischen Borderline-Patienten und Patienten mit anderen Achse I Störungen.

## 2.6 Technische Ausstattung und experimenteller Aufbau

Die Untersuchung fand in einem schallisolierten, abgedunkelten Labor statt. Die Reize wurden mit Hilfe des Systems zur Experimentalsteuerung „E-Prime“ von der Firma „Psychology Software Tools Inc.“ erzeugt und gesteuert. Dieses System läuft auf der Windows Betriebsebene. Die Reize erschienen auf einem 17“ Monitor mit einer Bildwiederholungsfrequenz von 60 Hz. Der Mittelpunkt des Computerbildschirms wurde durch ein Fixationskreuz markiert, das Fixationskreuz hatte einen Durchmesser von 1 cm. Die Betrachtungsdistanz der Probanden betrug 60 cm.

### 2.6.1 Stroop-Paradigma

#### 2.6.1.1 Apparatur und Reize

Die Reize im Stroop-Paradigma bestanden aus den Worten rot, grün, Hund, Katze, und einem —<sup>1</sup> (Balken). Die Reize wurden entweder in roter (RGB-Code: 255, 0, 0) oder grüner Farbe (RGB-Code: 0, 255, 0) auf grauem Hintergrund dargeboten. Alle Reize wurden in der Bildschirmmitte dargeboten. Die Reizgröße betrug für „grün“ 3.34° Sehwinkel für rot 2.38° Sehwinkel, für Hund 3.34° Sehwinkel, für Katze 4,3° Sehwinkel und für den Balken 3.5 cm. Die Antwort erfolgte mittels einer speziell dafür entwickelten Computertastatur, bei der die beiden Antworttasten der Taste „a“ und „l“ der entsprachen. Die Teilnehmer sollten die Reaktion nur mit dem Zeigefinger der rechten

---

<sup>1</sup> Dieser Reiz stellt eine zusätzliche neutrale Bedingung dar. Er dient vor allem zur Kontrolle der Stimulusgröße unabhängig von möglichen semantischen Inhalten.

bzw. linken Hand ausführen. Die Tastenbelegung wurde über die verschiedenen Versuchsbedingungen gleichmäßig verteilt, so dass 50 % der Probanden auf grüne Reize mit der linken Hand (Taste „A“), 50 % der Probanden mussten auf grüne Reize mit der rechten Hand (Taste „L“) reagieren müssen.

#### 2.6.1.2 Ablauf

Zunächst wurden die Elektroden vom Versuchsleiter angebracht. Im Anschluss daran wurden die Probanden vom Versuchsleiter instruiert. Auf zwei Din A4 Blättern (siehe Anhang B) wurden die Reize erläutert, die im Folgenden präsentiert werden würden sowie die geforderte richtige Reaktion. Auf dem zweiten Blatt wurde den Teilnehmern dann ein Beispielreiz gezeigt, zu dem sie angeben sollten, welche Reaktion die Richtige wäre.

Der zeitliche Ablauf des Stroop-Paradigmas wurde bereits schematisch in Abbildung 1 in der Einleitung der vorliegenden Arbeit veranschaulicht. Das Stroop-Experiment begann mit der Darbietung eines Fixationskreuzes für die Dauer von 1000 ms in der Mitte des Bildschirms. Dadurch sollten die Probanden auf das Erscheinen des Reizes an dieser Stelle vorbereitet werden. Nach den 1000 ms erschien der erste Reiz. Im Anschluss an diesen Reiz wurde wieder das Fixationskreuz für eine Dauer von 1200 ms dargeboten. Nach diesen 1200 ms erschien der nächste Reiz. Das Interstimulusintervall betrug konstant 1200ms. Die Zielreize (kongruent, inkongruent, neutral, neutral 1) wurden über alle Durchgänge randomisiert dargeboten und waren über alle Durchgänge gleichhäufig verteilt. Dadurch sollte Antworttendenzen bzw. Verzerrungen durch Wahrscheinlichkeitsschätzungen der Probanden vermieden werden. Der gesamte Versuch bestand aus 600 Reizdarbietungen, wobei jede Reizbedingung (kongruent, inkongruent, neutral, neutral 1) 150mal dargeboten wurde.

Vor Beginn des eigentlichen Experiments absolvierten die Teilnehmer einen Übungsdurchgang. Der Übungsdurchgang beinhaltete nur die Reize „Hund“ und „Katze“ in roter oder grüner Schriftfarbe. Die Reize mit der kritischen Manipulation kongruent bzw. inkongruent wurden nicht dargeboten, um einen Übungseffekt zu verhindern. Insgesamt bestand der Übungsdurchgang aus 40 Reizen (20 „Hund“ und 20 „Katze“). Für den Übungsdurchgang wurde ein Erkennungsleistungskriterium von 80 % festgelegt. Erreichte ein Teilnehmer dieses Kriterium nicht, musste er den Übungsdurchgang wiederholen. Eine Wiederholung war bis zu drei Mal möglich. Die gesamte Dauer des Experiments betrug einschließlich des Übungsdurchgangs ca. 45 Minuten.

### 2.6.2 Flanker-Paradigma

#### 2.6.2.1 Apparatur und Reize

Die Reize im Flanker-Paradigma bestanden aus den folgenden Buchstabenreihen (in Klammern ist die Reizgröße angegeben): HHHHHHH (5.92° Sehwinkel), HHHZHHH

(5.92° Sehwinkel), ZZZZZZ (5.92° Sehwinkel), ZZZHZZZ (5.72° Sehwinkel), CCCHCCC (5.92° Sehwinkel), CCCZCCC (5.72° Sehwinkel), OOOHOOO (5.92° Sehwinkel), OOOZOOO (5.92° Sehwinkel), ----H---- (9.24° Sehwinkel), ----Z---- (9.24° Sehwinkel)<sup>2</sup>. Alle Reize wurden in schwarz auf weißem Hintergrund dargeboten. Die Reize wurden wie beim Stroop-Paradigma in der Bildschirmmitte dargeboten. Die Antwort erfolgte auf die gleiche Weise wie bereits beim Stroop-Paradigma erläutert. Die Tastenbelegung wurde ebenfalls ausbalanciert, so dass 50 % der Teilnehmer auf das „H“ mit der linken Hand (Taste „A“) reagierten mussten, 50 % mussten auf diesen Reiz mit der rechten Hand (Taste „L“) reagieren.

#### 2.6.2.2 Ablauf

Der Ablauf war wie bereits beim Stroop-Paradigma beschrieben. Die Reihenfolge der beiden Paradigmen wurde über die Teilnehmer ausbalanciert, so dass eine Hälfte mit dem Stroop-Paradigma begann und die andere Hälfte mit dem Flanker-Paradigma. Eine schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Flanker-Experiments wurde bereits in Abbildung 2 der Einleitung dargestellt.

Das Vorgehen des Versuchsleiters genauso wie der zeitliche Ablauf des Flanker-Experiments war identisch zu dem beim Stroop-Paradigma. Der einzige Unterschied bestand in den Reizen. Beim Flanker-Paradigma hatten die Teilnehmer die Aufgabe, nur auf den in der Mitte des Bildschirms dargebotenen Reiz zu reagieren (entweder ein „H“ oder ein „Z“). Die Antwort erfolgte ausbalanciert mit dem Zeigefinger der rechten oder der linken Hand. Wie beim Stroop-Paradigma mussten die Teilnehmer auch beim Flanker-Paradigma zuvor einen Übungsdurchgang absolvieren. Das Erkennungsleistungskriterium betrug 80 %.

Im Anschluss an jedes Experiment mussten die Teilnehmer angeben, wie stark sie sich vom jeweils konkurrierenden Reiz abgelenkt fühlten. Beim Stroop-Paradigma war das die Wortbedeutung beim Benennen der Wortfarbe und beim Flanker-Paradigma waren dies die flankierenden Reize beim Benennen des zentralen Reizes. Die Einschätzung erfolgte anhand einer 4-stufigen Likertskaala, von „Ich fühlte mich nicht beeinträchtigt“ bis „Ich fühlte mich sehr stark beeinträchtigt“.

## 2.7 Aufzeichnung des Elektro-Enzephalo-Gramms (EEG)

Die Signale wurden mit einem BrainAmp Professional System (Brain Vision, Gilching) Signale an 28 aktiven Elektroden abgeleitet, die nach dem internationalen 10-

---

<sup>2</sup> Die beiden Reize ----H---- und ----Z----, stellen in Analogie zum Stroop-Paradigma ebenfalls eine zusätzliche neutrale Bedingung dar.

20-System(Klem, Luders, Jasper, & Elger, 1999) am Kopf angebracht wurden. Dies geschah mit Hilfe einer Elektrodenkappe (Easy Cap 32).

Es wurden folgende Elektrodenpositionen gewählt: Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, TP9, CP5, CP1, CP2, CP6, TP10, P7, P3, Pz, P4, P8 und Oz. Die Erdung (A1) wurde auf der Nasenspitze, die Referenz (A2) auf der Stirn befestigt. Die Elektroden Tp9 und Tp10 an den Mastoiden dienten als zusätzliche Referenzen. Zur Erhebung und Kontrolle der Augenbewegungen wurden mit weiteren 4 Elektroden das horizontale Elektrookulogramm (HEOG) und das vertikale Elektrookulogramm (VEOG) abgeleitet. Für das HEOG wurden Elektroden an der linken und rechten Schläfe der Probanden direkt neben dem Augenwinkel angebracht. Das VEOG wurde oberhalb und unterhalb des linken Auges befestigt.

Vor dem Anbringen der Elektroden wurden die Elektrodenpositionen mit Alkohol gereinigt und die Kopfhaut mit einem speziellen Gel aufgeraut, um den Übergangswiderstand zwischen den Elektroden und der Schädeloberfläche zu verringern. Die Öffnungen der Elektrodenkappe wurden mit Elektrolytgel gefüllt und die Elektroden an den entsprechenden Positionen befestigt. Vor der Datenaufzeichnung wurde der Übergangswiderstand zwischen der Elektroden und der Schädeloberfläche kontrolliert und unter 5 kOhm gehalten. Zusätzlich wurde das Rohsignal vor der Messung visuell auf Störungen geprüft.

Die Signale wurden mit der Software Brain Vision Recorder mit einer Abtastrate von 500 Hz aufgezeichnet und online mit einem Bandpassfilter von 0,032 – 70 Hz gefiltert. Außerdem wurde ein 50 Hz Notch-Filter eingesetzt, um Störungen des Stromnetzes herauszufiltern.

## 2.8 Aufbereitung der EEG-Daten für die statistische Auswertung

Die Vorbereitung der EEG-Daten für die statistische Auswertung wurde anhand des Programms BrainVisionAnalyzer 2.0 durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden die EEG-Daten, auf die an den Mastoiden angebrachten Elektroden referenziert und 40Hz tiefpassgefiltert. Im Anschluss wurde das EEG von Artefakten bereinigt, die durch Augenbewegungen verursacht worden waren. Dafür wurde der Algorithmus der „OcularCorrection IndependentComponent Analysis (OC-ICA)“ verwendet, der Bestandteil der Software BrainVisionAnalyzer 2.0 ist. In einem nächsten Schritt wurden die EEG-Daten entsprechend der vier experimentellen Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) segmentiert und Baseline-korrigiert. Anschließend erfolgte eine halbautomatische Artefaktkorrektur. Datenabschnitte wurden als Artefakten definiert, wenn sie Spannungsunterschiede größer als 50 µV/ms oder Spannungsunterschiede größer als 200 µV innerhalb eines Zeitintervalls von 200 ms beinhalteten. Datenabschnitte, deren Amplitude unter -100 µV oder über 100 µV lag, wurden ebenfalls von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Als geringste elektrische Aktivität wurden 0.5 µV toleriert. Zusätzlich zu diesen Parametern fand eine visuelle Kontrolle der EEG-Daten statt. Dabei wurden auffällige Intervalle gekennzeichnet und von der Analyse ausgeschlossen.

Zur Vorbereitung des Datenexports für die P300-Latenz fand eine weitere Segmentierung der Daten statt. Dabei wurden Durchgänge mit richtigen Antworten von Durchgängen mit falschen Antworten getrennt. Für die Auswertung der P300-Latenz wurden nur die Durchgänge mit den richtigen Antworten verwendet. Diese Durchgänge wurden gemittelt und im Anschluss diejenigen Elektrodenkanäle ausgewählt, die für die P300-Latenz von Relevanz waren (Cz, P3, Pz, P4). Im Anschluss daran wurde ein Tiefpassfilter von 30 Hz gesetzt. Die Identifizierung der P300 erfolgte anhand der „Peak Detection“ Funktion des BrainVisionAnalyzer 2.0. Die P300 wurde als positives Maximum in einem Zeitintervall zwischen 260 ms und 500 ms definiert. Die Identifizierung der P300 durch das Programm wurde manuell überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

Zur Vorbereitung des Datenexports für das LRP fand eine weitere Segmentierung der Daten statt. Bei dieser Segmentierung fand eine Trennung der Daten nach Reaktionen, die mit der linken oder der rechten Hand gegeben wurden, statt. Es wurden nur die Durchgänge mit den richtigen Antworten verwendet. Des Weiteren fand eine Segmentierung statt, nach welcher der zeitliche 0-Punkt auf dem Zeitpunkt der Reaktion lag. Insgesamt lagen somit zwei Versionen von Daten vor, die einen waren Stimulus bezogen, die anderen reaktionsbezogen. Im Anschluss an diese Prozeduren wurden die Mittelwerte pro Segmentierung pro Proband berechnet. Im Anschluss an die Mittelung erfolgte die Berechnung des LRP. Diese fand anhand der dafür vorbereiteten Funktion von BrainVisionAnalyzer 2.0 statt. Die Berechnung des LRP fand für alle

Elektrodenpaarungen statt. Relevant für die statistische Auswertung waren jedoch nur die Paare FC1FC2, FC5FC6 und C3C4. Die Berechnung des LRP wird beispielhaft für das Elektrodenpaar C3C4 veranschaulicht:

$$LRP = \frac{\text{Mittelwert}(C4 - C3) \text{ linke Hand} + \text{Mittelwert}(C3 - C4) \text{ rechte Hand}}{2}$$

Die Vorbereitung des Datenexports für die ERN fand in ähnlicher Weise wie bereits für die P300-Latenz statt. Für die ERN wurden nur diejenigen Datensegmente verwendet, in denen ein falscher Tastendruck erfolgte. Diese Segmente wurden zunächst Baseline-korrigiert und anschließend so segmentiert, dass der zeitliche 0-Punkt auf dem Zeitpunkt der Reaktion lag. Danach wurden die Daten gemittelt und alle nicht relevanten Kanäle deaktiviert. Es blieben die Kanäle Fz, FC1, FC2 und Cz. Für diese Kanäle erfolgte die Detektion der ERN anhand derselben „Peak Detection“ Funktion wie bei der P300-Latenz. Die ERN wurde als negatives Maximum, in einem Zeitintervall zwischen 0 ms bis 100 ms nach dem Tastendruck, definiert.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Störungsspezifische Testverfahren

Die störungsspezifischen Testverfahren umfassen die WURS-K, den ADHS-SB, das WRI die BSL-K sowie das SKID-I. Die Darstellung der Ergebnisse dieses Kapitels erfolgt Test für Test, wobei jeweils ein Vergleich zwischen den Patienten und Gesunden pro Test erfolgt. Lediglich beim WRI erübrigt sich dieser Vergleich, da dieses nur bei Patienten anzuwenden ist.

##### 3.1.1 WURS-K

Wie anhand von Abbildung 3 zu erkennen ist, unterscheiden sich bei der WURS-K die Gruppen deutlich voneinander. Bei der WURS-K erzielen die Patienten einen Wert von  $M = 42.1$ , die Gesunden erzielten einen Wert von  $M = 9.5$ . Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist mit  $t = 12.21$ ,  $df = 38$ ,  $p < .001$  und  $d = 3.9$  statistisch signifikant. Ein statistischer Vergleich der Mittelwertem mit dem Einstichprobentest für beide Gruppen mit dem im Manual angegebenen Cut-Off von 30 zeigte, dass die Patientengruppe signifikant über dem Cut-Off lag [ $t = 6.54$ ,  $df = 19$ ,  $p < .001$ ] und die Gruppe der Gesunden signifikant unter dem Cut-Off [ $t = -10.64$ ,  $df = 19$ ,  $p < .001$ ].

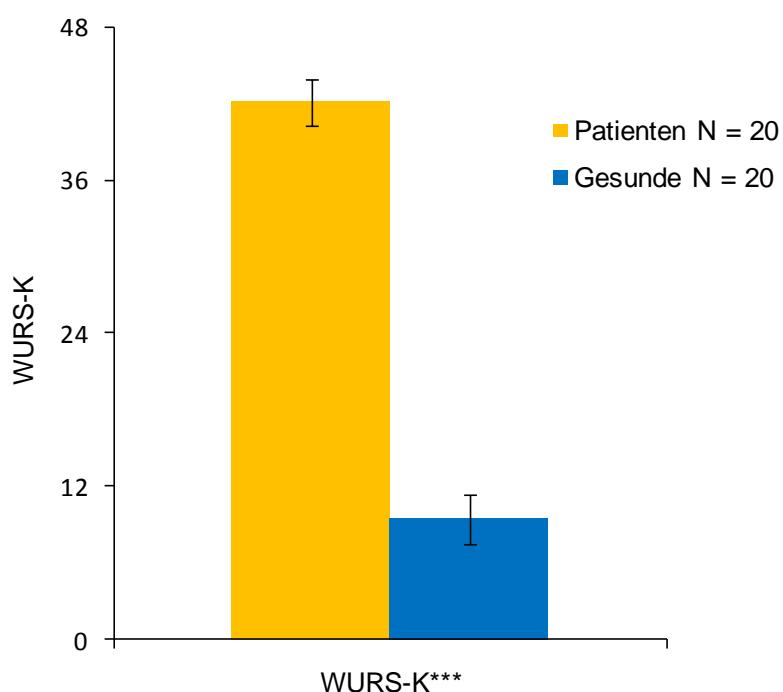


Abbildung 3. Mittelwert (+Standardfehler) der WURS-K für Patienten ( $n = 20$ ) und Gesunde ( $n = 20$ ). ( $***p < .001$ ).

### 3.1.2 ADHS-SB

Wie Abbildung 4 zeigt, ist das Bild für die Werte des ADHS-SB ähnlich wie für die WURS-K. Bei diesem Testverfahren liegen die Patienten für den Bereich Unaufmerksamkeit mit  $M = 19.7$  über den Gesunden  $M = 3.6$ . Dieser Unterschied ist statistisch signifikant [ $t = 15.78$ ,  $df = 19$ ,  $p < .001$ ,  $d = 5.0$ ]. Auch im Bereich Überaktivität liegen die Patienten mit  $M = 8.7$  ebenfalls deutlich über den Gesunden  $M = .9$ . Dieser Unterschied ist ebenfalls statistisch signifikant [ $t = 6.63$ ,  $df = 23.04$ ,  $p < .001$ ,  $d = 3.0$ ]. Bei den Werten für die Impulsivität lagen die Patienten mit einem Wert von  $M = 6.6$  ebenfalls über den Gesunden  $M = 1.8$ . Dieser Unterschied ist ebenfalls statistisch signifikant [ $t = 7.12$ ,  $df = 38$ ,  $p < .001$ ,  $d = 2.2$ ]. Die signifikanten Unterschiede in den Subskalen des ADHS-SB bzw. den Syndrombereichen zeichnen sich konsequenterweise auch im Unterschied des Gesamtsummenwertes ab. Hier erzielen die Patienten einen Wert von  $M = 35$ , die Gesunden einen Wert von  $M = 6.15$ . Dieser Unterschied ist wie die zuvor genannten, ebenfalls statistisch signifikant [ $t = 17.90$ ,  $df = 38$ ,  $p < .001$ ,  $d = 5.7$ ]. In der klassifikatorischen Auswertung des ADHS-SB erfüllten 9 Patienten die Kriterien für den Unaufmerksamen-Typus, 2 Patienten erfüllten die Kriterien für den Hyperaktiv/Impulsiven-Typus und 9 Patienten erfüllten die Kriterien für den Kombinierten-Typus. Von den Gesunden erfüllte niemand eine diagnostische Kategorie.

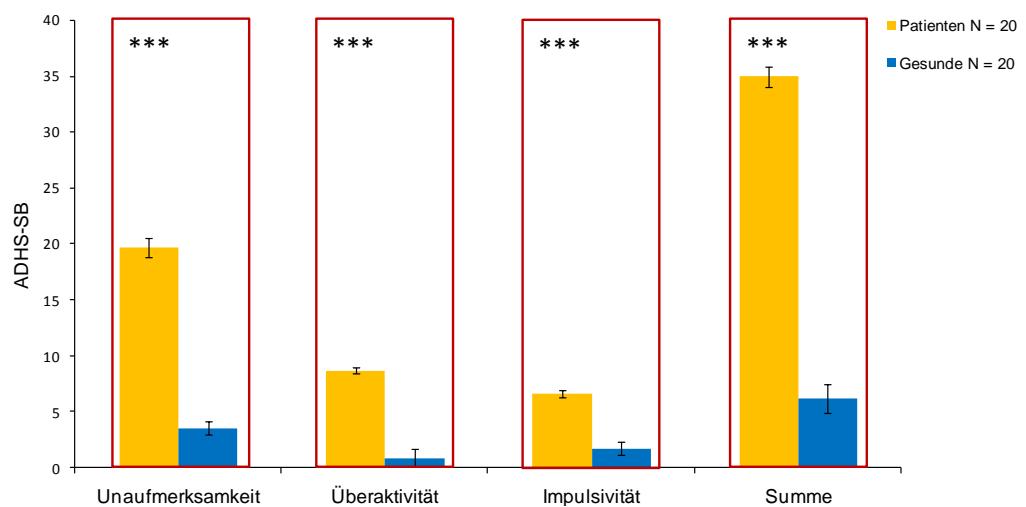


Abbildung 4. Mittlere Summenwerte (+Standardabweichung) im ADHS-SB für Patienten ( $n = 20$ ) und Gesunde ( $n = 20$ ) für die 3 Syndrombereiche (Unaufmerksamkeit, Überaktivität, Impulsivität) und den Gesamtsummenwertes. (\*\*\*) $p < .001$

### 3.1.3 WRI

Die Ergebnisse des WRI sind wie bereits erwähnt, nur für die Patienten anzugeben, da das WRI nur dann angewendet wird, wenn eine Person in beiden Screening-Verfahren (WURS-K und ADHS-SB) auffällige Werte erzielt. In Tabelle 7 finden sich die detaillierten Ergebnisse zu diesem Testverfahren. Alle 20 Patienten erfüllten die klassifikatorische Diagnose einer ADHS im Erwachsenenalter.

*Tabelle 7. Im Wender-Reinherr-Interview (WRI) erfragte Symptombereiche zusammen mit der Anzahl der Items pro Symptombereich. Angegebenen ist der mittlere Summenwert pro Symptombereich, der mittlere Schweregrad pro Symptombereich sowie eine klassifikatorische Angabe über die Anzahl der Patienten in Prozent, die den jeweiligen Symptombereich erfüllen bzw. nicht erfüllen. In Klammern befindet sich jeweils die absolute Anzahl der Personen die den Symptombereich erfüllen bzw. nicht erfüllen. Schweregradeinteilung: 0 = nicht vorhanden, 1 = leicht, 2 = mittel, 3 = schwer, 4 = sehr schwer.*

	Anzahl Items	Mittelwert Symptombereich	Mittlerer Schweregrad	Klassifikatorische Angabe	
				Symptombereich erfüllt	Symptombereich nicht erfüllt
Unaufmerksamkeit	5	8.55	.73	100 % (N = 20)	0 % (N = 0)
Überaktivität/ Rastlosigkeit	3	3.85	.83	100 % (N = 20)	0 % (N = 0)
Temperament	3	3.10	.93	65 % (N = 13)	35 % (N = 7)
Affektive Labilität	4	5.60	1.17	85 % (N = 17)	15 % (N = 3)
Emotionale Überreagibilität	3	3.55	1.19	65 % (N = 13)	35 % (N = 7)
Desorganisation	5	7.90	1.15	90 % (N = 18)	10 % (N = 2)
Impulsivität	5	6.65	1.06	85 % (N = 17)	15 % (N = 3)

### 3.1.4 BSL-K

Bei der BSL-K zeigte sich ebenfalls eine deutliche Differenzierung zwischen den Gesunden und den Patienten. Die Patienten erzielten einen Mittelwert von  $M = .88$  und liegen damit signifikant über den Gesunden  $M = .16$  [ $t = 6.77$ ,  $df = 38$ ,  $p < .001$ ,  $d = 2.1$ ]. Der Cut-Off, ab dem von einer klinisch relevanten Ausprägung von Borderline- Symptomen gesprochen werden kann, liegt bei 1.7. Sowohl der Mittelwert der Patientengruppe, als auch der Mittelwert der Gesunden liegt signifikant unter dem angegebenen Cut-Off [Patienten:  $t = -8.14$ ,  $df = 19$ ,  $p < .001$ ; Gesunde:  $t = -41.75$ ,  $df = 19$ ,  $p < .001$ ].

### 3.1.5 SKID-I

Die SKID-I Diagnosen werden für beide Gruppen getrennt aufgeführt. Insgesamt hatten 10 der 20 Patienten außer der ADHS-Diagnose keine weitere psychiatrische Diagnose. Drei Patienten hatten eine Major Depressive Episode, aktuell vollremittiert. Einer der drei Patienten bekam zusätzlich die aktuelle Diagnose einer sozialen Phobie. Neben diesem Patienten erhielten zwei weitere Patienten die Diagnose einer sozialen Phobie ohne eine weitere Diagnose. Eine Patientin erfüllte aktuell die Diagnose einer Agoraphobie ohne Panikstörung, ein weiterer Patient erfüllte die Diagnose einer Panikstörung sowie die Diagnose einer rezidivierenden depressiven Störung, aktuell vollremittiert. Die Diagnose einer rezidivierenden depressiven Episode erfüllten weitere drei Patienten. Der Zustand bei allen drei Patienten war vollremittiert. Einer dieser drei Patienten erhielt zusätzlich die Diagnose einer rezidierten Bulimia Nervosa.

Bei der Kontrollgruppe erhielten drei Personen die Diagnose einer rezidivierenden depressiven Störung. Bei allen dreien war der aktuelle Zustand vollremittiert. Einer der drei Patienten erfüllte zusätzlich die Diagnose einer Anorexia Nervosa, aktuell ebenfalls remittiert. Ansonsten lagen keine weiteren Diagnosen vor.

Eine Übersicht für Ergebnisse der WURS-K, des ADHS-SB, der BSL-K sowie des SKID-I für beide Gruppen, findet sich in Tabelle 8.

*Tabelle 8. Ergebnisse der WURS-K, des ADHS-SB, der BSL-K sowie des SKID für die Patienten und die Gesunden (\*\* zweiseitig  $p < .001$ )*

Fragebogenverfahren	Gesunde	Patienten	t-Wert	df	Cohen's d
WURS-K Mittelwert	9.5	42.1	12.21***	38	3.9
ADHS-SB	6.15	35	17.90***	38	5.7
Gesamtsummenwert					
BSL-K	.16	.88	6.77***	38	2.1
SKID-I Diagnosen (DSM IV)	Anzahl Diagnosen Gesunden	Anzahl Diagnosen Patienten			Aktueller Zustand
Major Depressive Episode	0	3			vollremittiert
Soziale Phobie	0	3			vorliegend
Agoraphobie ohne Panikstörung	0	1			vorliegend
Panikstörung	0	1			vorliegend
Rezidivierende depressive Störung	3	4			vollremittiert
BulimiaNervosa	0	1			vollremittiert
Anorexia Nervosa	1	0			vollremittiert

## 3.2 Aufmerksamkeitsspezifische Testverfahren

### 3.2.1 D2

Die Ergebnisdarstellung des D2 bezieht sich aus Gründen der Übersichtlichkeit nur auf die berechneten Prozentränge. Ein Vergleich der beiden Gruppen zeigte bei einseitiger Testung zwei signifikante Unterschiede. So war bei den Patienten der Prozentrang für die Summe der Fehler mit  $M = 41.30$  (31.35) signifikant unter dem Prozentrang der Gesunden  $M = 58.33$  [ $t = -1.89$ ,  $df = 38$ ,  $p = .033$ ,  $d = .60$ ]. Bei dem prozentualen Anteil der Fehler an der Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen (Fehler Prozent), zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied [ $t = -2.01$ ,  $df = 33.61$ ,  $p = .026$ ,  $d = .64$ ]. Bei diesem Maß erzielten die Patienten einen Prozentrang von  $M = 41.72$ , die Gesunden einen Prozentrang von  $M = 59.89$ . Damit lagen die Patienten wiederum signifikant unter den Gesunden. Für eine Übersicht der Prozentränge über alle abhängigen Variablen des D2 (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9. D2 Prozentränge sowie der t-Werte für die Patienten ( $n = 20$ ) und die Gesunden ( $n = 20$ ). GZ = Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen, GZ-F = Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen minus Anzahl der Fehler, KL = Konzentrationsleistungswert, SB = Schwankungsbreite. (\* einseitig  $p < .05$ ).

D2 Prozentränge	Patienten	Gesunde	t-Werte
GZ	52.00 (26.90)	46.17 (23.58)	.73
Fehler Summe	41.30 (31.35)	58.33 (25.22)	-1.89*
Fehler Prozent	41.72 (33.31)	59.89 (22.82)	-2.01*
GZ-F	48.65 (28.80)	49.67 (23.86)	-.12
KL	47.85 (30.90)	54.72 (23.57)	-.79
SB	13.40 (5.57)	12.28 (3.81)	.74

### 3.2.2 CPT

Die Ergebnisse des CPT werden für die normierten Werte berichtet. Je größer der Normwert, desto schlechter die Leistung. Eine schlechtere Leistung bedeutet langsamere Reaktionszeiten, mehr Fehler und eine größere Schwankung der Leistung über die Testdauer. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 graphisch veranschaulicht. Der Normbereich liegt zwischen 3 und 7 (siehe die roten Linien in Abbildung 5). Der Großteil der Werte liegt sowohl für die Gruppe der Patienten als auch für die Gruppe der Gesunden im Normbereich. Lediglich bei den Reaktionszeiten liegen die Patienten leicht über der Norm, d.h. sie reagieren langsamer als die Normalpopulation. Der Kurvenverlauf veranschaulicht, dass die Patienten durchweg schlechter abschneiden als die Gesunden. Signifikante Unterschiede zeigten sich bei einseitiger Testung für folgende abhängige Variablen: RZ gesamt, RZ zweite Testhälfte, Variabilität gesamt, Variabilität erste und zweite Testhälfte, Omissionsfehler gesamt, Omissionsfehler zweite Testhälfte, Comissionsfehler gesamt sowie

Comissionsfehler der ersten und zweiten Testhälfte. Bei allen genannten Variablen zeigten die Patienten eine signifikant schlechtere Leistung als die Gesunden. Für eine Übersicht über die statistisch signifikanten Unterschiede sowie der statistischen Werte siehe Tabelle 10.

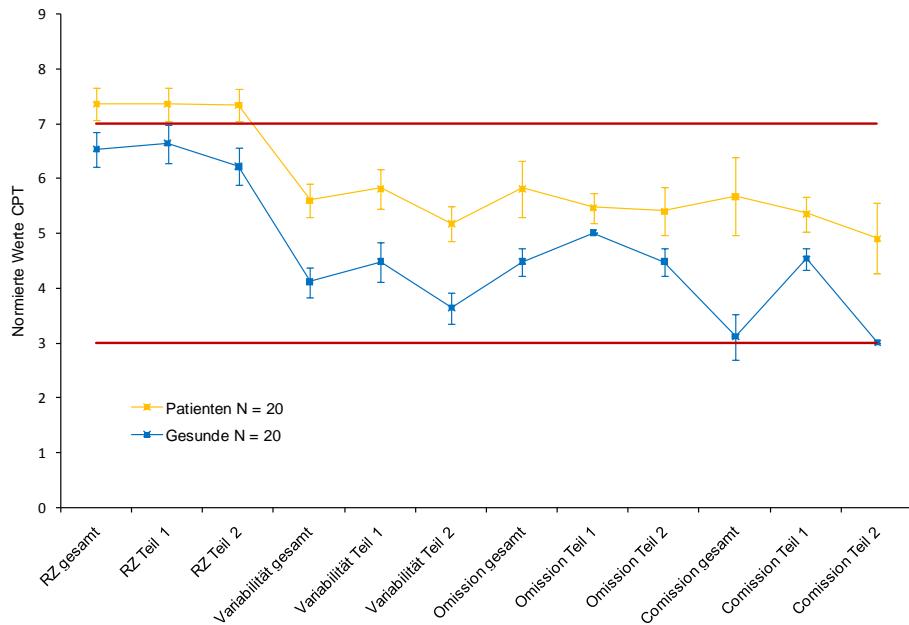


Abbildung 5. Normierte Werte für den Continuous Performance Task (CPT) für die Patienten ( $n = 20$ ) und die Gesunden ( $n = 20$ ). Der Normbereich liegt zwischen den roten Linien. Die vertikalen Linien durch die Datenpunkte stellen die Standardfehler der Mittelwerte dar.

Tabelle 10. Normierte Werte (Standardabweichung) des Continuous-Performance-Task (CPT) für die Gesunden ( $n = 20$ ) und die Patienten ( $n = 20$ ) sowie die zugehörigen t-Werte und die Freiheitsgrade (df). RZ = Reaktionszeit, VA = Variabilität, OM = Omissionsfehler, CO = Comissionsfehler. Die Angaben Teil 1 und Teil 2 beziehen sich auf die erste und zweite Testhälfte. (\* einseitig  $p < .05$ , \*Levene-Test auf Varianzhomogenität wurde verletzt).

	Gesunde	Patienten	t-Wert	Cohen's d
RZ gesamt	6.53 (1.43)	7.35 (1.31)	-1.89°	.60
RZ Teil 1	6.63 (1.56)	7.35 (1.35)	-1.56	.49
RZ Teil 2	6.21 (1.51)	7.34 (1.31)	-2.52°	.80
VA gesamt	4.11 (1.21)	5.59 (1.40)	-3.60°	1.13
VA Teil 1	4.47 (1.63)	5.81 (1.64)	-2.58°	.82
VA Teil 2	3.63 (1.27)	5.17 (1.41)	-3.63°	1.15
OM gesamt	4.47 (1.09)	5.81 (2.28)	-2.36°*	.75
OM Teil 1	5.00 (.00)	5.46 (1.23)	-1.68*	.53
OM Teil 2	4.47 (1.09)	5.40 (1.96)	-1.84°*	.59
CO gesamt	3.11 (1.86)	5.67 (3.16)	-3.13°*	.99
CO Teil 1	4.53 (0.88)	5.35 (1.39)	-2.23°*	.70
CO Teil 2	3.00 (.00)	4.90 (2.88)	-2.94°*	.93

### 3.3 Ergebnisse der experimentellen Paradigmen: Verhaltensdaten

Im Folgenden werden die für die vorliegende Arbeit zentralen Ergebnisse der experimentellen Paradigmen (Stroop und Flanker) dargestellt. Zunächst werden die Verhaltensdaten (Reaktionszeiten (RZ) und Prozent richtiger Antworten (PK)) dargestellt. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse der EEG-Messung beschrieben.

Zunächst wurden alle Daten in die Auswertung einbezogen. Für eine zweite Analyse wurden alle Daten, die sich zwei Standardabweichungen über oder unter dem jeweiligen Mittelwert befanden, als Ausreißer klassifiziert und von der Berechnung ausgeschlossen. Die Verteilung der Ausreißer ist Tabelle 11 zu entnehmen. Die fehlenden Werte wurden nicht ersetzt.

*Tabelle 11. Verteilung der Anzahl der Ausreißer in Prozent über die Gruppen (Patienten und Gesunde), die experimentellen Paradigmen (Stroop und Flanker) und Variablen. Als Ausreißer wurden alle Werte klassifiziert, die 2 Standardabweichungen über oder unter dem Mittelwert lagen.*

Stroop-Paradigma		Flanker-Paradigma	
	Prozent Korrekt	Reaktionszeit	Prozent Korrekt
Gesunde	5.00%	2.50%	6.25%
Patienten	5.00%	2.50%	5.00%

#### 3.3.1 Stroop-Paradigma

##### 3.3.1.1 Gesunde

Da es sich bei den verwendeten experimentellen Paradigmen um Inkongruenzaufgaben handelte, wurde in einem ersten Schritt überprüft, ob die experimentelle Manipulation zur Erzeugung dieses Inkongruenzeffekts wirksam war. Hierfür fanden zunächst Analysen für jedes Experiment und jede Gruppe einzeln statt. Die Berechnung erfolgte anhand einer Varianzanalyse mit Messwiederholung. Das zugrunde liegende Design bestand aus dem Faktor Bedingung mit den vier Stufen kongruent, inkongruent, neutral und neutral1. Da für den Inkongruenzeffekt lediglich die Faktorstufen kongruent und inkongruent relevant sind, werden nur für diesen Vergleich die statistischen Werte angegeben.

In Tabelle 12 finden sich die Mittelwerte für die PK für das Stroop-Paradigma mit und ohne Ausreißer für die Gesunden, und zwar für die vier experimentellen Bedingungen. Wie anhand von Tabelle 12 zu erkennen ist, unterschieden sich die Werte der einzelnen Bedingungen nur sehr gering voneinander, entsprechend zeigte sich sowohl bei dem Datenset mit Ausreißern, als auch bei dem Datenset ohne Ausreißer, kein signifikanter Effekt.

Die Mittelwerte für die RZ für beide Datensets finden sich analog zu den PK in Tabelle 13. Anhand der Daten in Tabelle 13 ist zu erkennen, dass sich die RZ deutlicher unterscheiden.

*Tabelle 12. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten (Standardabweichung) der Gesunden im Stroop-Paradigma, für die 4 experimental Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

Bedingung	Alle Daten	2 Standardabweichungen
	(N = 20)	Ausreißer (N = 16)
Kongruent	95.85% (3.6)	96.50% (2.7)
Inkongruent	91.90% (20.2)	97.00% (2.6)
Neutral	96.10% (3.1)	96.56% (2.6)
neutral1	92.50% (18.0)	97.25% (2.1)

Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).

unterscheiden. Des Weiteren ist zu erkennen, dass die Differenz der Reaktionszeiten zwischen Durchgängen mit kongruenten und inkongruenten Reizen bei dem Datenset, das Ausreißer ausschließt, größer ist. Dieser Unterschied spiegelt sich in der statistischen Auswertung wider. So zeigte sich für die Daten mit Ausreißern kein signifikanter Effekt für den Faktor Bedingung. Für das Datenset ohne Ausreißer zeigte sich ein signifikanter Effekt [ $F(3, 45) = 5.06, p < .001, \eta^2 = .25$ ]. Eine Analyse der Innersubjektkontraste zeigte, dass die RZ bei der inkongruenten Bedingung mit einem Mittelwert von  $M = 462\text{ms}$  signifikant über dem Mittelwert der kongruenten Bedingung liegt ( $M = 452\text{ms}$ ) [ $F(1, 15) = 8.58, p = .01, \eta^2 = .36$ ].

*Tabelle 13. Mittelwerte der Reaktionszeiten in Millisekunden (Standardabweichung) der Gesunden beim Stroop-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

Bedingung	Alle Daten	2 Standardabweichungen
	(N = 20)	Ausreißer (N = 16)
Kongruent	473ms (68)	452ms (55)
Inkongruent	478ms (72)	462ms (63)
Neutral	490ms (83)	465ms (63)
neutral1	483ms (74)	458ms (58)

Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).

### 3.3.1.2 Patienten

Die Auswertung für Patienten erfolgte in derselben Weise wie für die Gesunden. In Tabelle 14 sind die Mittelwerte der PK der 4 experimentellen Bedingungen für beide Datensets (mit und ohne Ausreißer) dargestellt. Für das Datenset mit Ausreißern zeigte sich ein signifikanter Effekt für die experimentellen Bedingungen [ $F(3, 57) = 3.86, p = .01, \eta^2 = .17$ ]. Es zeigte sich, dass der Mittelwerte der kongruenten Bedingung ( $M = 89.50\%$ )

signifikant über dem der inkongruenten Bedingung ( $M = 91.50\%$ ) lag [ $F(1,19) = 5.24, p = .03, \eta^2 = .22$ ]. Bei der Auswertung für das Datenset ohne Ausreißer zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Effekt [ $F(3,51) = 4.96, p < .001, \eta^2 = .23$ ]. Hier zeigte sich ebenfalls, dass der Mittelwert der kongruenten Bedingung ( $M = 94.44\%$ ) signifikant über dem der inkongruenten ( $M = 92\%$ ) lag [ $F(1,17) = 10.02, p < .001, \eta^2 = .37$ ].

Bei den RZ konnten sowohl für das Datenset mit als auch für das Datenset ohne Ausreißer statistisch signifikante Unterschiede gefunden werden. Bei dem Datenset mit Ausreißern, ist der Effekt mit  $F(3, 57) = 4.95, E^G = .70, p = .01$  und  $\eta^2 = .21$  signifikant. Die RZ der Durchgänge mit inkongruenten Reizen lag signifikant über der mit kongruenten Reizen [ $F(1,19) = 13.43, p < .001, \eta^2 = .41$ ]. Bei dem Datenset ohne Ausreißer wurde der Effekt ebenfalls signifikant [ $F(3,51) = 4.20, p = .01$  und  $\eta^2 = .20$ ]. Die Patienten waren bei der kongruenten Bedingung signifikant schneller ( $M = 474ms$ ) als bei der inkongruenten

*Tabelle 14. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten (Standardabweichung) der Patienten beim Stroop-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

Bedingung	Alle Daten (N = 20)	2 Standardabweichungen Ausreißer (N = 18)
Kongruent	91.50% (11.1)	94.44% (4.8)
inkongruent	89.50% (9.9)	92.00% (6.0)
Neutral	91.30% (10.3)	93.89% (5.3)
neutral1	91.65% (9.9)	94.28% (4.3)

Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).

Bedingung ( $M = 489ms$ ) [ $F(1,17) = 12.93, p < .001, \eta^2 = .43$ ]. Für eine Übersicht über die Mittelwerte dieser RZ siehe Tabelle 15.

*Tabelle 15. Mittelwerte der Reaktionszeiten (Standardabweichung) der Patienten beim Stroop-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

Bedingung	Alle Daten (N = 20)	2 Standardabweichungen Ausreißer (N = 18)
Kongruent	471ms (57)	474ms (53)
Inkongruent	485ms (63)	489ms (58)
Neutral	477ms (61)	481ms (56)
neutral1	470ms (59)	476ms (55)

Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).

<sup>G</sup> Greenhouse-Geisser Epsilon

### 3.3.2 Flanker-Paradigma

#### 3.3.2.1 Gesunde

Beim Flanker-Paradigma zeigte sich für die Gesunden bei den PK kein signifikanter Effekt für das Datenset mit Ausreißern. Bei dem Datenset ohne Ausreißer zeigte sich ein signifikanter Effekt [ $F(3,45) = 27.76$ ,  $E^G = .47$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .65$ ]. Der Mittelwert der inkongruenten Bedingung lag mit  $M = 91.69\%$  signifikant unter dem der kongruenten Bedingung  $M = 97.75\%$  [ $F(1,15) = 34.33$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .70$ ]. Des Weiteren zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen neutral und inkongruent ( $p < .001$ )

*Tabelle 16. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten (Standardabweichung) der Gesunden beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

<b>Bedingung</b>	<b>Alle Daten</b>	<b>2 Standardabweichungen</b>
	<b>(N = 20)</b>	<b>Ausreißer (N = 16)</b>
Kongruent	96.80% (2.7)	97.75% (1.4)
inkongruent	91.20% (6.1)	91.69% (4.6)
Neutral	96.25% (3.2)	96.94% (2.3)
neutral1	91.85% (20.4)	96.94% (2.6)

Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).

sowie zwischen den Bedingungen neutral1 und neutral ( $p < .001$ ). In Tabelle 16 sind die entsprechenden Mittelwerte dargestellt.

Die Mittelwerte der RZ der Gesunden für das Flanker-Paradigma finden sich in Tabelle 17. Bei den Reaktionszeiten zeigte sich sowohl für das Datenset mit Ausreißern ein statistisch signifikanter Effekt [ $F(3,57) = 16.55$ ,  $E^G = .63$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .47$ ] als auch für das Datenset ohne Ausreißer [ $F(3,45) = 35.38$ ,  $E^G = .64$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .70$ ]. Für die Daten mit

*Tabelle 17. Mittelwerte der Reaktionszeiten (Standardabweichung) der Gesunden beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

<b>Bedingung</b>	<b>Alle Daten</b>	<b>2 Standardabweichungen</b>
	<b>(N = 20)</b>	<b>Ausreißer (N = 16)</b>
Kongruent	516ms (57)	516ms (57)
Inkongruent	555ms (66)	547ms (57)
Neutral	525ms (59)	525ms (59)
neutral1	515ms (68)	515ms (68)

Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).

<sup>G</sup> Greenhouse-Geisser Epsilon

<sup>G</sup> Greenhouse-Geisser Epsilon

<sup>G</sup> Greenhouse-Geisser Epsilon

Ausreißern wurde der Unterschied zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung mit  $F(3,57) = 16.55$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .47$  signifikant. Die Gesunden reagierten in der kongruenten Bedingung signifikant schneller ( $M = 516\text{ms}$ ) als in der inkongruenten Bedingung ( $M = 555\text{ms}$ ). Die anderen Faktorstufen unterschieden sich ebenfalls signifikant voneinander. Bei dem Datenset ohne Ausreißer unterschieden sich ebenfalls alle Bedingungen signifikant voneinander. Der für die Studie wesentliche Unterschied der kongruenten vs. der inkongruenten Bedingung, ist mit  $F(1,15) = 44.02$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .75$  signifikant. In der kongruenten Bedingung reagierten die Personen mit  $M = 516\text{ms}$  signifikant schneller als in der inkongruenten Bedingung  $M = 547\text{ms}$ .

### 3.3.2.2 Patienten

Die Mittelwerte der Patienten für die PK beim Flanker-Paradigma finden sich in Tabelle 18. Wie anhand der Tabelle zu erkennen ist, gibt es v.a. zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung deutliche Unterschiede in beiden Datensets. Entsprechend zeigte sich ein signifikanter Effekt bei den Daten mit Ausreißern [ $F(3,57) = 15.83$ ,  $E^G = .58$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .46$ ] sowie bei den Daten ohne Ausreißer [ $F(3,48) = 11.52$ ,  $E^G = .51$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .42$ ]. Der für die vorliegende Studie relevante Unterschied zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung wurde bei den Daten mit Ausreißern mit  $F(1,19) = 21.89$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .54$  signifikant. Die Leistung der Pat. war bei Durchgängen mit inkongruenten Reizen signifikant schlechter ( $M = 85.55\%$ ) als bei Durchgängen mit

*Tabelle 18. Mittelwerte der Prozent korrekter Antworten(Standardabweichung) der Patienten beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungenkongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

<b>Bedingung</b>	<b>Alle Daten</b>	<b>2 Standardabweichungen</b>
	<b>(N = 20)</b>	<b>Ausreißer (N = 17)</b>
Kongruent	92.10% (9.2)	95.35% (4.2)
inkongruent	85.55% (13.0)	89.88% (8.0)
Neutral	89.10% (10.2)	92.41% (6.1)
neutral1	90.95% (9.1)	94.00% (4.9)

Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).

kongruenten Reizen ( $M = 92.10\%$ ). Darüber hinaus unterschied sich die Bedingung neutral signifikant von der Bedingung neutral1. Bei dem Datenset ohne Ausreißer ist der Unterschied zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung mit  $F(1,16) = 16.02$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .50$  signifikant. Die Patienten waren in der inkongruenten Bedingung ( $M = 89.88\%$ ) signifikant schlechter als in der kongruenten Bedingung ( $M = 95.35\%$ ).

<sup>6</sup> Greenhouse-Geisser Epsilon

<sup>6</sup> Greenhouse-Geisser Epsilon

Ein ähnliches Bild zeichnete sich bei den RZ ab (siehe Tabelle 19). Hier ist der Effekt

*Tabelle 19. Mittelwerte der Reaktionszeiten (Standardabweichung) der Patienten beim Flanker-Paradigma, für die 4 Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral, neutral1.*

Bedingung	Alle Daten	2 Standardabweichungen
	(N = 20)	Ausreißer (N = 17)
Kongruent	531ms (62)	531ms (51)
Inkongruent	570ms (69)	568ms (53)
Neutral	534ms (63)	532ms (47)
neutral1	517ms (60)	517ms (50)

*Anmerkung: Es sind die Mittelwerte für beide Datensets dargestellt (mit und ohne Ausreißer).*

bei den Daten mit Ausreißern mit  $F(3,57) = 74.49$ ,  $E^G = .68$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .80$  signifikant. Wiederum unterschieden sich alle Faktorstufen signifikant voneinander. Der Unterschied zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung ist mit  $F(1,19) = 81.08$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .81$  signifikant. Die Patienten reagierten bei inkongruenten Reizen signifikant langsamer ( $M = 570ms$ ) als bei kongruenten Reizen ( $M = 531ms$ ). Für die Daten ohne Ausreißer wurde der Effekt mit  $F(3,48) = 72.46$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .82$  signifikant. Der Unterschied zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung wurde mit  $F(1,16) = 80.30$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .83$  signifikant. Die Patienten reagierten auf die inkongruenten Reize signifikant langsamer ( $M = 568ms$ ) als auf die kongruenten Reize ( $M = 531ms$ ).

---

<sup>6</sup> Greenhouse-Geisser Epsilon

### 3.3.3 Ergebnisse Stroop- und Flanker-Paradigma: Gruppenvergleich

Für die in diesem Kapitel beschriebenen Daten, wurde wie im vorangegangenen Kapitel ebenfalls, eine Ausreißer-Analyse durchgeführt. Da es bei den Daten mit Ausreißern deutliche Abweichungen gab, werden hier nur die Ergebnisse der Daten ohne Ausreißer dargestellt, also ohne Probanden, bei denen alle Werte über und unterhalb von zwei Standardabweichungen lagen.

#### 3.3.3.1 Gruppenvergleich Prozent korrekter Antworten (PK): Inkongruenzeffekt

Für den Vergleich des Mittelwerts des Inkongruenzeffekts über beide Paradigmen, wurde der Inkongruenzeffekt zunächst separat für jedes Paradigma als Differenz der kongruenten minus der inkongruenten Durchgänge berechnet und anschließend über beide Paradigmen gemittelt. Anschließend wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Bei diesem Vergleich war der Inkongruenzeffekt der Patienten signifikant größer [ $t = -2.03$ ,  $df = 37$ ,  $p < .05$ ,  $d = .65$ ]. In Abbildung 6 sind die Ergebnisse graphisch veranschaulicht.

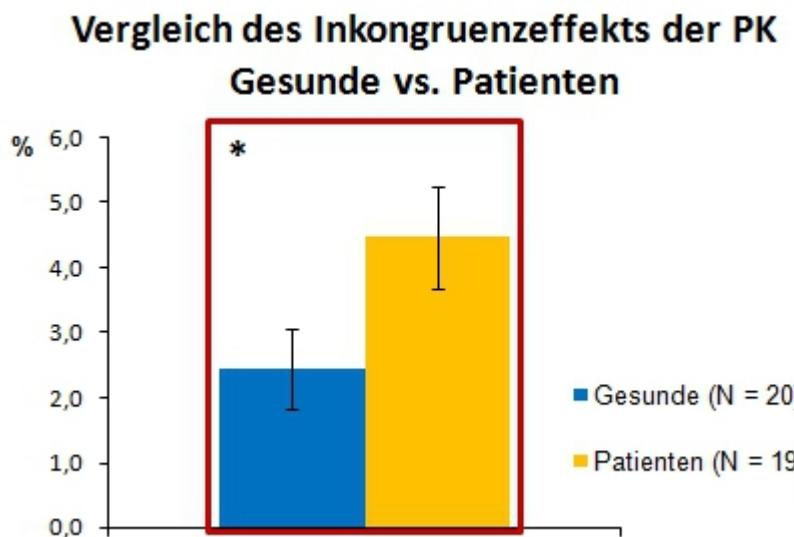


Abbildung 6. Größe des Inkongruenzeffekts (Standardfehler) Gesunde vs. Patienten, gemittelt über das Stroop- und das Flanker-Paradigma. (\* $p < .05$ ).

Das Procedere beim Vergleich der inkongruenten Bedingung verlief analog zu dem Vergleich des Inkongruenzeffekts. Hier zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied [ $t = 2.48$ ,  $df = 37$ ,  $p = .02$ ,  $d = .80$ ]. Die PK der Patienten lag mit  $M = 89.1\%$  signifikant unter den PK der Gesunden ( $M = 94.1\%$ ).

### 3.3.3.2 Gruppenvergleich Prozent korrekter Antworten (PK): Stroop vs. Flanker

Anhand einer Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde überprüft, ob der Gruppenunterschied beim Flanker-Paradigma größer ist als beim Stroop-Paradigma. Die Varianzanalyse bestand aus dem Zwischensubjektfaktor Gruppe (Gesunde vs. Patienten), dem Innersubjektfaktor Paradigma (Stroop vs. Flanker) sowie dem Innersubjektfaktor Bedingung (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1). Die beiden zuletzt genannten Faktoren waren Messwiederholungsfaktoren.

Für die PK zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor Experiment (Stroop vs. Flanker) mit  $F(1,28) = 5.53$ ,  $p = .03$  und  $\eta^2 = .17$ . Wie anhand von Abbildung 7 zu erkennen ist, liegen die PK beim Stroop-Paradigma mit einem Mittelwert von 94.6% über den PK des Flanker-Paradigmas ( $M = 93.2\%$ ). Für den Faktor Bedingung (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) zeigte sich ebenfalls ein Haupteffekt [ $F(2,55) = 29.02$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .51$ ]. Der für die vorliegende Studie relevante Kontrast zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung ist mit  $F(1,28) = 44.28$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .61$  signifikant. Der Mittelwert der kongruenten Bedingung lag mit  $M = 96.5\%$  signifikant über der inkongruenten Bedingung ( $M = 93.1\%$ ). Ein weiterer Haupteffekt zeigte sich im Zwischensubjektfaktor Gruppe. Dieser ist mit  $F(1,28) = 7.96$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .22$  signifikant. Wie anhand von Abbildung 7 zu erkennen ist, liegt die Leistung der Patienten bei beiden Experimenten unter derjenigen der Gesunden ( $M = 91.9\%$  vs.  $M = 95.8\%$ ). Des Weiteren zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Experiment und Bedingung [ $F(3,84) = 11.34$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .30$ ]. Die Interaktionen zwischen Gruppe x Experiment, Gruppe x Bedingung sowie Gruppe x Experiment x Bedingung wurden nicht signifikant.

Zur Überprüfung, auf welchen Faktorenstufen sich die beiden Gruppen unterscheiden, wurden post-hoc einzelne Varianzanalysen mit Messwiederholung für beide Experimente getrennt gerechnet. Das zugrunde liegende Design dieser Analysen bestand aus den Faktoren Gruppe (Gesunde vs. Patienten) und Bedingung (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1).

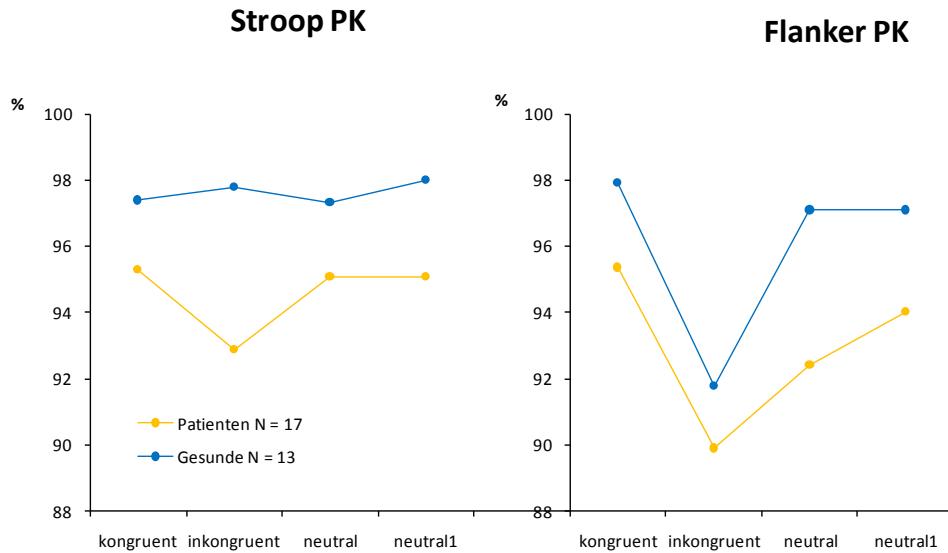


Abbildung 7. Prozent korrekter Antworten (PK) (Gesunde vs. Patienten) für das Stroop-Paradigma (links) und das Flanker-Paradigma (rechts).

Für die Analyse des Stroop-Paradigmas zeigte sich dabei ein Haupteffekt für den Faktor Bedingung [ $F(3,102) = 4.24, p < .001, \eta^2 = .11$ ], und den Faktor Gruppe [ $F(1,34) = 6.17, p = .02, \eta^2 = .15$ ] sowie eine signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Gruppe [ $F(3,280) = 4.40, p < .001, \eta^2 = .11$ ]. Bei einer Analyse der Innersubjektkontraste zeigte sich des Weiteren, dass die Interaktion aus Gruppe und Bedingung nur bei einem Vergleich der inkongruenten mit der kongruenten Bedingung signifikant ist [ $F(3,280) = 10.78, p < .001, \eta^2 = .24$ ]. Für eine weitere Überprüfung des Haupteffekts Gruppe wurden t-Tests zwischen den Gruppen für die einzelnen experimentellen Bedingungen gerechnet. Bei dieser Analyse zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen für die inkongruente Bedingung [ $t = 2.97, df = 36, p < .001, d = 0.96$ ]. Der Mittelwert der Gesunden ( $M = 96.4\%$ ) lag signifikant über dem der Patienten ( $M = 91.1\%$ ). Nach einer Bonferroni-Holm Korrektur des  $\alpha$ -Fehlerniveaus zeigten sich keine weiteren signifikanten Unterschiede für das Stroop-Paradigma zwischen den Gruppen.

Für das Flanker-Paradigma zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor Bedingung [ $F(3,102) = 32.34, p < .001, \eta^2 = .49$ ] und den Faktor Gruppe [ $F(1,34) = 5.96, p = .02, \eta^2 = .15$ ]. Die Interaktion Gruppe x Bedingung ist beim Flanker-Paradigma nicht signifikant. Zur weiteren Überprüfung des Faktors Gruppe wurden t-Tests zwischen den Gruppen für die einzelnen Bedingungen gerechnet. Beim Flanker-Paradigma zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen für die kongruente Bedingung [ $t = 2.34, df = 35, p = .03^\alpha, d = 0.78$ ]. Der Mittelwert der Gesunden ( $M = 97.4\%$ ) lag über dem der Patienten ( $M = 93.5\%$ ). Des Weiteren zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in der neutralen Bedingung [ $t = 3.20, df = 36, p < .001^\alpha, d = 1.03$ ]. Auch in dieser Bedingung lag der Mittelwert der Gesunden ( $M = 96.7\%$ ) über dem der Patienten ( $M = 90.5\%$ ). Der

Unterschied zwischen den Gruppen in der neutral1 Bedingung wurde ebenfalls signifikant [ $t = 2.34$ ,  $df = 36$ ,  $p = .03^a$ ,  $d = .76$ ]. In dieser Bedingung lag der Mittelwert der Gesunden ( $M = 96.4\%$ ) wieder über dem der Patienten ( $M = 92.3\%$ ).

Die Interaktion zwischen Experiment und Bedingung wurde post-hoc anhand einzelner t-Tests spezifiziert. Wie Abbildung 7 zeigt, scheint diese Interaktion vor allem auf die Bedingungen kongruent und inkongruent bei den experimentellen Paradigmen zurückzuführen zu sein. Für eine weitere Überprüfung wurde daher der Inkongruenzeffekt als Differenz zwischen den kongruenten minus den inkongruenten Durchgängen berechnet.

Ein Vergleich des Inkongruenzeffekts für die Gruppen in Abhängigkeit vom experimentellen Paradigma anhand eines t-Tests für abhängige Stichproben zeigte, dass die Gesunden beim Flanker-Paradigma mit  $t = 5.50$ ,  $p < .001$  und  $df = 15$  einen signifikant größeren Inkongruenzeffekt aufwiesen als beim Stroop-Paradigma<sup>1</sup> ( $d = 1.7$ ). Für die Gruppe der Patienten zeigte sich derselbe Unterschied. Hier war der Inkongruenzeffekt im Flanker-Paradigma mit ebenfalls signifikant größer als beim Stroop-Paradigma [ $t = 2.3$ ,  $df = 18$ ,  $p = .03$ ,  $d = .77$ ].

Bei einem Vergleich des Inkongruenzeffekts zwischen den experimentellen Paradigmen, für jede Gruppe einzeln gerechnet, zeigte sich nur beim Stroop-Paradigma für die PK, ein signifikanter Unterschied. Hier war der Inkongruenzeffekt bei den Patienten signifikant größer als bei den Gesunden [ $t = -3.55$ ,  $df = 28.23$ ,  $p = < .001$ ,  $d = 1.2$ ].

### *3.3.3.3 Gruppenvergleich Reaktionszeiten (RZ): Inkongruenzeffekt:*

Das statistische Procedere verlief für die RZ nach dem gleichen Schema wie für die PK. Hier gab es weder zwischen den Gruppen, über beide Paradigmen gemittelt, noch bei einem isolierten Gruppenvergleich einen signifikanten Unterschied.

### *3.3.3.4 Gruppenvergleich Reaktionszeiten (RZ): Stroop vs. Flanker*

Für die RZ zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Experiment [ $F(1,28) = 76.88$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .73$ ]. Die Probanden waren im Flanker-Paradigma signifikant langsamer ( $M = 531\text{ms}$ ) als im Stroop-Paradigma ( $M = 475\text{ms}$ ). Des Weiteren zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Bedingung (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1). Der für die vorliegende Studie relevante Kontrast zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung ist mit  $F(1,28) = 125.78$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .82$  signifikant. Der

---

<sup>1</sup> Bei diesem Vergleich ist zu berücksichtigen, dass die Gesunden beim Stroop-Paradigma keinen signifikanten Inkongruenzeffekt zeigten.

<sup>a</sup> Das Signifikanzniveau wurde nach der Bonferroni-Holm-Methode korrigiert.

Mittelwert der inkongruenten Bedingung lag mit  $M = 512$  ms über der kongruenten Bedingung ( $M = 487$  ms). Dieser wurde mit  $F(3,84) = 71.87$ ,  $p < .001$  und  $\eta^2 = .72$  signifikant. Darüber hinaus ist die Interaktion Experiment x Bedingung signifikant [ $F(3,84) = 32.81$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .54$ ]. Weitere signifikante Effekte (Gruppe) wurden nicht gefunden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 graphisch veranschaulicht.

Da es keinen signifikanten Effekt für den Faktor Gruppe gab, fanden keine post-hoc Vergleiche statt.

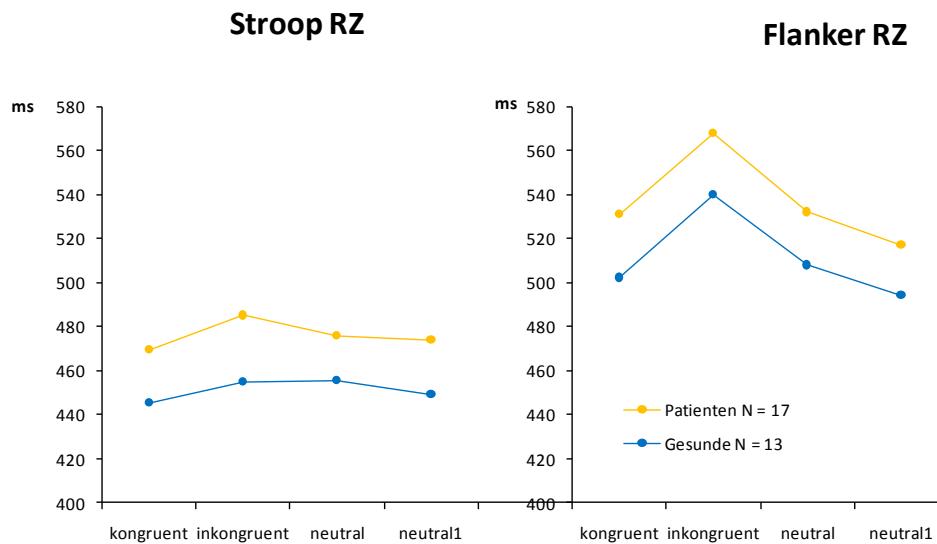


Abbildung 8. Reaktionszeiten (RZ) für beide Gruppen (Gesunde vs. Patienten) für das Stroop-Paradigma (links) und für das Flanker-Paradigma (rechts). (ms = Millisekunden)

Die Interaktion zwischen Experiment und Bedingung wurde analog zu den PK post-hoc anhand einzelner t-Tests spezifiziert. Ähnlich wie Abbildung 7 bei den PK, so zeigt auch Abbildung 8 für die RZ, dass die Interaktion zwischen Experiment und Bedingung vor allem auf die Bedingungen kongruent und inkongruent zurückzuführen ist. Für eine weitere Überprüfung wurde daher der Inkongruenzeffekt als Differenz zwischen den inkongruenten minus den kongruenten Durchgängen berechnet. Ein Vergleich der Größe des Inkongruenzeffekts fand getrennt für die Gruppen und die experimentellen Paradigmen statt.

Bei einem Vergleich des Inkongruenzeffekts zwischen den Experimenten und den Gruppen zeigt sich das gleiche Bild wie zuvor bei den PK. Die Gesunden zeigten im Flanker-Paradigma einen signifikant größeren Inkongruenzeffekt als beim Stroop-Paradigma (37 ms vs. 11 ms). Dieser Unterschied ist mit  $t = 4.70$ ,  $df = 17$ ,  $p < .001$  und  $d = 1.3$  signifikant. Bei den Patienten ist der Unterschied mit  $t = 3.84$ ,  $df = 17$ ,  $p < .001$  und  $d = 1.3$  ebenfalls signifikant. Beim Flanker-Paradigma betrug der Inkongruenzeffekt 39 ms, beim Stroop-Paradigma 16 ms.

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in Bezug auf den Inkongruenzeffekt für beide Paradigmen getrennt gerechnet.

## 3.4 Ergebnisse der experimentellen Paradigmen: Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)

### 3.4.1 P300-Peak-Latenz

#### 3.4.1.1 Inkongruenzeffekt bei Gesunden und Patienten

Der Inkongruenzeffekt wurde zunächst separat für jedes Paradigma als Differenz der inkongruenten minus der kongruenten Durchgänge berechnet und anschließend über beide Paradigmen gemittelt. Anschließend wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Das Procedere beim Vergleich der inkongruenten Bedingung verlief analog zu dem Vergleich des Inkongruenzeffekts. Hier zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

#### 3.4.1.2 Gruppenvergleich: Stroop vs. Flanker

Mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde geprüft, ob sich die Gruppen in der inkongruenten Bedingung beim Flanker-Paradigma stärker unterscheiden als beim Stroop-Paradigma. Die P300-Peak-Latenz wurde für die Elektrodenpositionen Cz, P3, P4 und Pz gemessen. Da sich für die Elektrodenposition Cz die stärksten Effekte bzgl. der P300-Peak-Latenz finden ließen, werden im Folgenden nur die Ergebnisse für diese Elektrodenposition dargestellt. In Abbildung 9 bis Abbildung 12 findet sich eine graphische Veranschaulichung der P300-Peak-Latenz für die Elektrodenposition Cz. In jedem Schaubild werden die Gruppen (Gesunde vs. Patienten) sowie die beiden Experimente (Stroop vs. Flanker) für je eine experimentelle Bedingung (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) dargestellt.

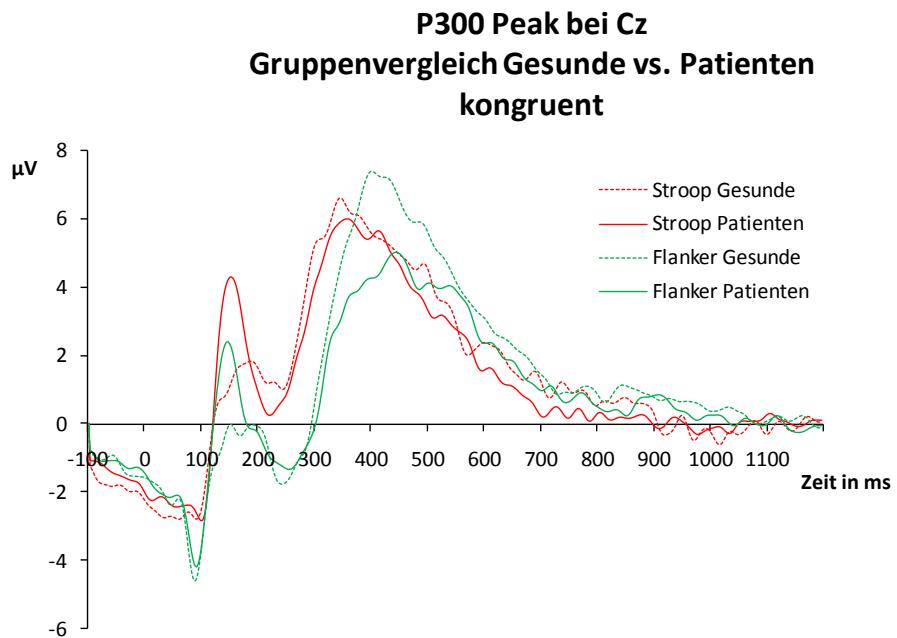


Abbildung 9. P300-Peak-Latenz in der kongruenten Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz.

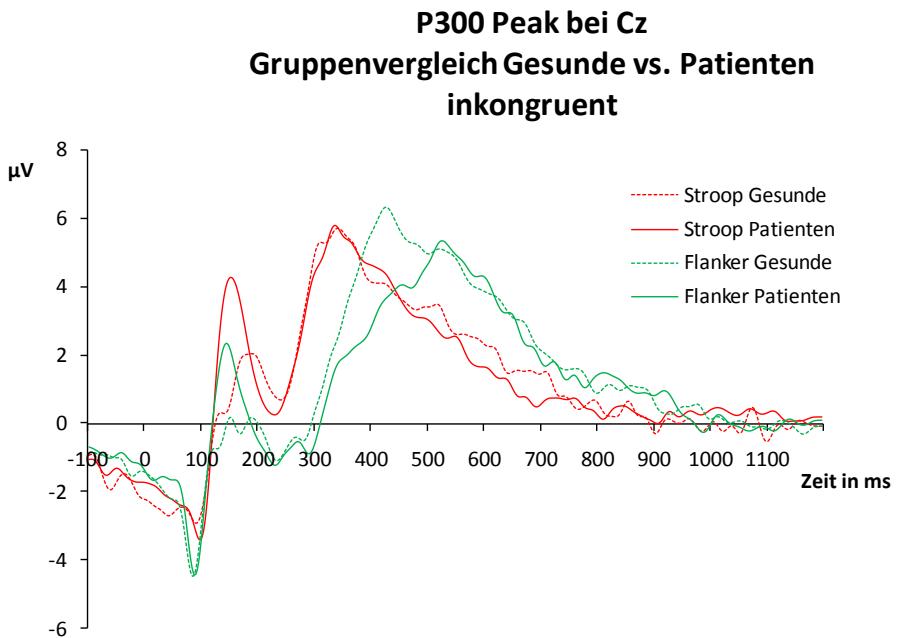


Abbildung 10. P300-Peak-Latenz in der inkongruenten Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz.

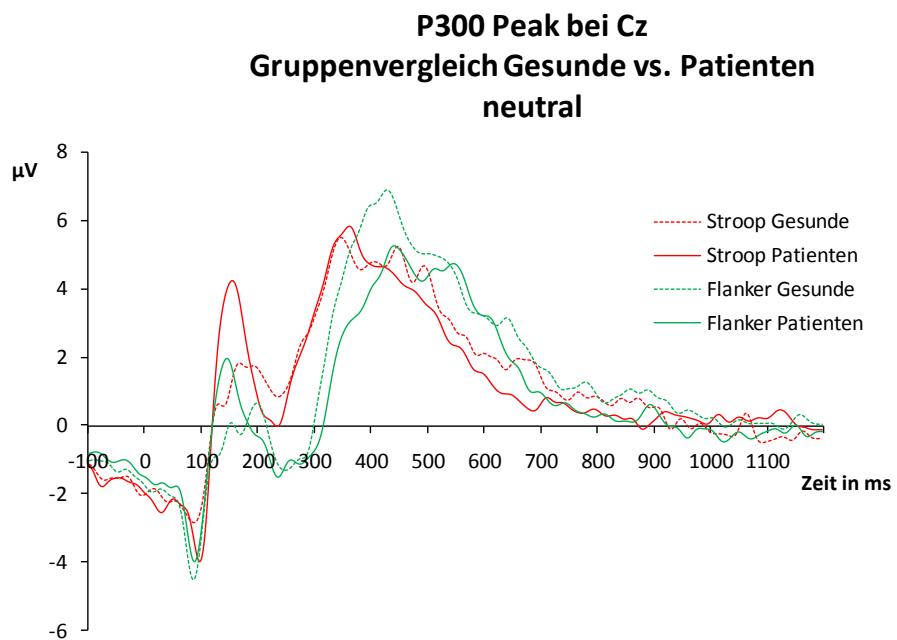


Abbildung 11. P300-Peak-Latenz in der neutralen Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz.

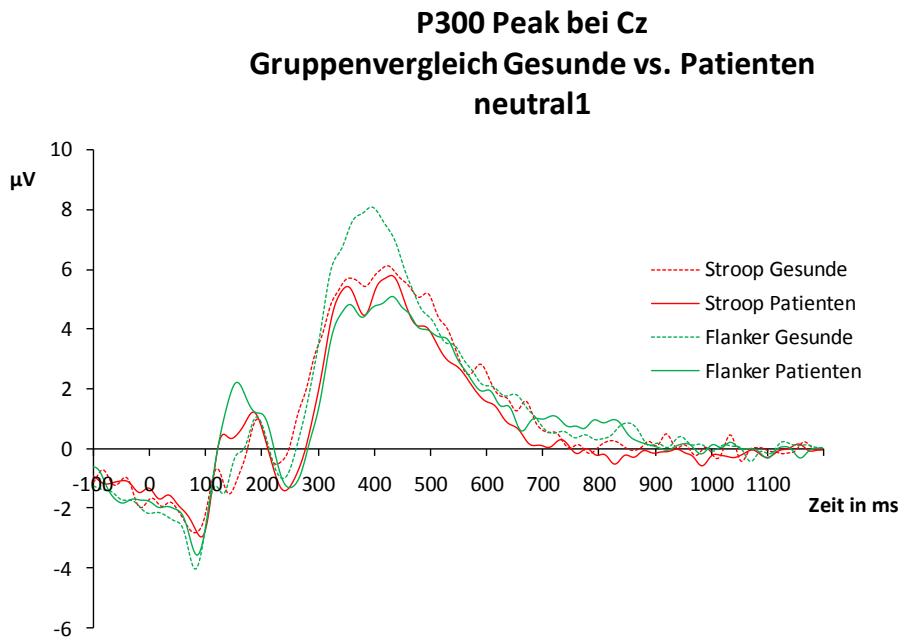


Abbildung 12. P300-Peak-Latenz in der neutral1 Reizbedingung für beide Gruppen im Flanker-Paradigma (Flanker) und im Stroop-Paradigma (Stroop) an der Elektrodenposition Cz.

Für die P300-Peak-Latenz bei Cz zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Experiment [ $F(1,38) = 54.97$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .59$ ]. Die P300-Peak-Latenz im Flanker-Paradigma war mit  $M = 435.6$  ms signifikant länger als die im Stroop-Paradigma ( $M = 380$  ms). Des Weiteren zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor Bedingung [ $F(3,114) = 3.71$ ,  $p = .01$ ,  $\eta^2 = .10$ ]. Der für die vorliegende Studie relevante Kontrast zwischen der kongruenten und der inkongruenten Bedingung ist nicht signifikant. Des Weiteren ist die Interaktion zwischen Experiment und Gruppe signifikant [ $F(1,156) = 5.11$ ,  $p = .03$ ,  $\eta^2 = .12$ ] sowie die Interaktion zwischen Experiment und Bedingung [ $F(1,114) = 15.38$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .29$ ]. Die Interaktion zwischen Bedingung und Kontrollgruppe sowie die Dreifachinteraktion aus Gruppe x Experiment x Bedingung sind nicht signifikant.

Im Anschluss wurden Post-Hoc-Tests für jede der vier Faktorstufen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) durchgeführt, um zu überprüfen, ob diese Interaktion auf eine bestimmte Faktorstufe zurückgeführt werden kann. Vier Varianzanalysen mit den Faktoren Gruppe (Gesunde vs. Patienten) und Experiment (Stroop vs. Flanker) wurden getrennt für die vier Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral und neutral1 gerechnet. Tabelle 20 enthält die Mittelwerte für die einzelnen Bedingungen, die graphische Veranschaulichung der Ergebnisse findet sich in Abbildung 13. Wie anhand der Abbildung zu sehen ist, unterscheiden sich die Gruppen am stärksten bei der inkongruenten Reizbedingung des Flanker-Paradigmas, wohingegen sich die Gruppen beim Stroop-Paradigma für diese Reizbedingung kaum unterscheiden. Entsprechen ist auch nur bei der Analyse für die inkongruenten Durchgänge die Interaktion Gruppe x Experiment signifikant [ $F(1,156) = 7.30$ ,  $p = .01$ ,  $\eta^2 = .16$ ]. Des Weiteren zeigte sich für die Bedingungen kongruent [ $F(1,38) = 17.71$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .32$ ], inkongruent [ $F(1,38) = 99.78$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .72$ ] und neutral [ $F(1,38) = 25.21$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .40$ ] ein Haupteffekt auf dem Faktor Experiment. Für die Bedingung neutral1 zeigte sich ein Haupteffekt auf dem Faktor Gruppe [ $F(1,38) = 4.22$ ,  $p = .05$ ,  $\eta^2 = .10$ ].

Tabelle 20. Mittelwerte der P300-Peak-Latenz in Millisekunden (Standardabweichung) an der Elektrodenposition Cz für die einzelnen experimentellen Bedingungen.

---

Bedingung	Stroop		Flanker	
	Gesunde	Patienten	Gesunde	Patienten
Kongruent	382.5 ms (63)	382.6 ms (67)	419.2ms (39)	431.5 ms (57)
inkongruent	364.8 ms (57)	362.3 ms (60)	438.4ms (31)	490.5 ms (80)
Neutral	388.8 ms (50)	382.3 ms (59)	428.2ms (34)	456.7 ms (67)
neutral 1	378.6 ms (56)	397.6 ms (56)	383.7ms (41)	424.4 ms (59)

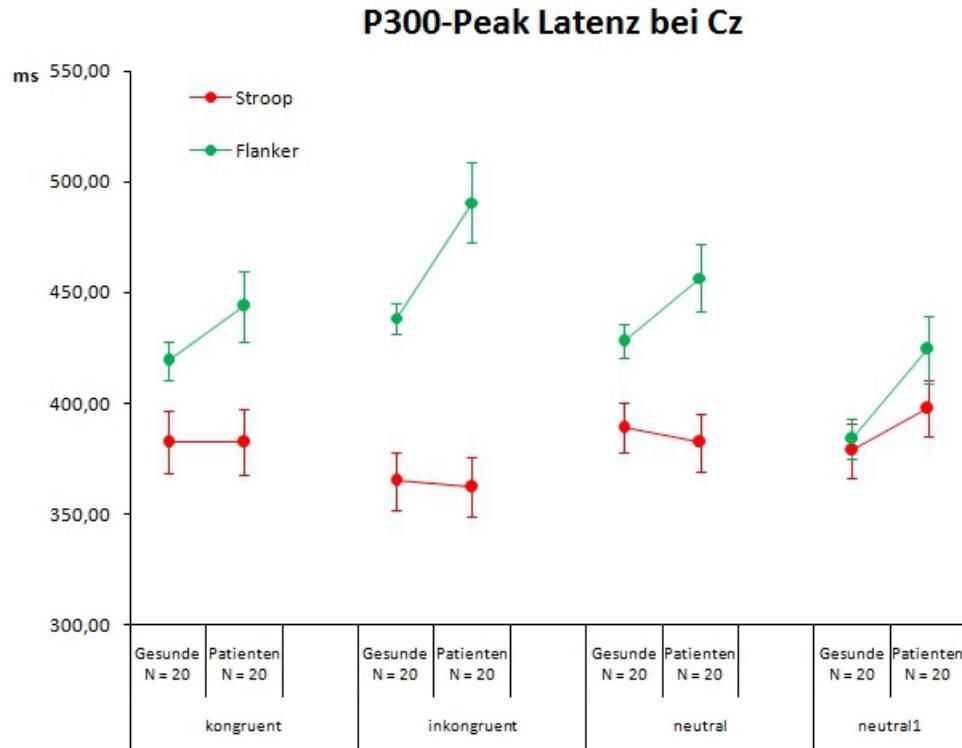


Abbildung 13. P300-Peak Latenz (Standardfehler) an der Elektrodenposition Cz für die Post-Hoc Analyse. Es fanden separate Varianzanalysen für jede der vier Bedingungen kongruent, inkongruent, neutral und neutral1 statt.

Zur Überprüfung des Gruppenunterschieds innerhalb der inkongruenten Bedingung, wurden die beiden Gruppen in Bezug auf beide Untersuchungsparadigmen (Stroop und Flanker) anhand von t-Tests verglichen. Dabei zeigte sich nur für das Flanker-Paradigma ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen [ $t = -2.70$ ,  $df = 38$ ,  $p = .01$ ,  $d = .85$ ]. Die Patienten zeigten in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigmas eine signifikant längere P300-Peak-Latenz (490.5 ms) als die Gesunden (438.4 ms).

Die Interaktion zwischen Experiment und Bedingung wurde wiederum post-hoc anhand einzelner t-Tests spezifiziert. Da die kongruente und die inkongruente Bedingung die zentralen experimentellen Bedingungen der vorliegenden Studie darstellten, wurde bei der P300-Peak-Latenz, wie schon zuvor bei den PK und den RZ, der Inkongruenzeffekt einzeln, sowohl für die Experimente als auch für beiden Gruppen verglichen.

Ein Vergleich des Inkongruenzeffekts für die Gruppen in Abhängigkeit vom experimentellen Paradigma anhand eines t-Tests für abhängige Stichproben zeigte, bei einseitiger Testung, einen signifikanten Unterschied für das Flanker-Paradigma [ $t = -1.73$ ,  $df = 38$ ,  $p = .05$ ,  $d = 0.6$ ]. Der Inkongruenzeffekt war bei den Patienten mit 46.80 ms signifikant größer als bei den Gesunden mit 19.20ms. Für das Stroop-Paradigma zeigte sich bzgl. der Größe des Inkongruenzeffekts kein signifikanter Unterschied (siehe Abbildung 14).

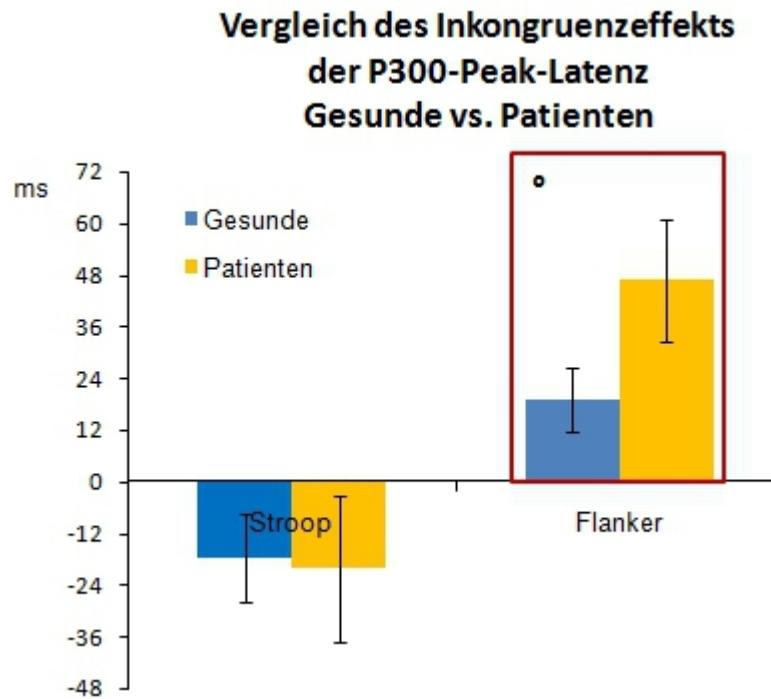


Abbildung 14. Inkongruenzeffekt (Standardfehler) für beide Gruppen in Abhängigkeit vom experimentellen Paradigma (Stroop vs. Flanker). (\*einseitig  $p < .05$ )

Bei einem Vergleich der Größe des Inkongruenzeffekts zwischen den experimentellen Paradigmen, für jede Gruppe einzeln gerechnet, zeigte sich sowohl für die Patienten als auch für die Gesunden ein signifikanter Unterschied. Für die Gruppe der Patienten war der Inkongruenzeffekt beim Flanker-Paradigma mit  $M = 46.80$  ms signifikant größer als beim Stroop-Paradigma ( $M = -20.30$ ) [ $t = -2.84$ ,  $df = 19$ ,  $p = .01$ ,  $d = -.96$ ]. Für die Gruppe der Gesunden zeichnete sich dasselbe Bild, ist der Inkongruenzeffekt des Flanker-Paradigmas mit  $M = 19.2$  ms ebenfalls signifikant größer als der Inkongruenzeffekt des Stroop-Paradigmas ( $M = -17.7$  ms) [ $t = -3.18$ ,  $df = 19$ ,  $p < .001$ ,  $d = -.92$ ].

## 3.5 Das Lateralisierte Bereitschaftspotential (LRP)

Die Auswertung des LRP fand ausschließlich auf den Stimulus bezogen statt (S-LRP), da bei den antwortbezogenen LRP keine Unterschiede zwischen den relevanten Bedingungen zu erkennen waren. Die Auswertung des S-LRP fand über zwei Zeitintervalle statt. Das erste Zeitintervall lag zwischen 200 und 300 ms, das zweite lag zwischen 300 und 550 ms. Da durch die Verwendung von zwei Zeitintervallen die Wahrscheinlichkeit erhöht wurde einen Effekt zu finden, wurde das Signifikanzniveau auf  $\alpha = .03$  gesenkt. Die Auswertung des S-LRP fand für die Elektrodenpaare FC1FC2, FC5FC6 sowie C3C4 statt. Zur Gewährleistung einer höheren Messgenauigkeit, zuverlässigerer Mittelwerte sowie einer übersichtlicheren Darstellung, wurde die Varianzanalyse mit den Mittelwerten dieser drei Elektrodenpaare gerechnet.

### 3.5.1 Inkongruenzeffekt Gesunden und Patienten: S-LRP 200-300 ms

Für den Vergleich des Mittelwerts des Inkongruenzeffekts über beide Paradigmen, wurde der Inkongruenzeffekt zunächst separat für jedes Paradigma als Differenz der inkongruenten minus der kongruenten Durchgänge berechnet und anschließend über beide Paradigmen gemittelt. Anschließend wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Bei dieser Analyse zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

Das Procedere beim Vergleich der inkongruenten Bedingung verlief analog zu dem Vergleich des Inkongruenzeffekts. Hier zeigte sich bei einseitiger Testung ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen [ $t = -1.97$ ,  $df = 38$ ,  $p = .03$ ,  $d = -.62$ ]. Die Patienten zeigten mit  $M = -.29 \mu V$  einen signifikant positiveren Wert in der inkongruenten Bedingung als die Gesunden ( $M = -.60 \mu V$ ). (siehe Abbildung 15)

#### Vergleich der inkongruenten Bedingung des S-LRP 200-300 ms Gesunde vs. Patienten

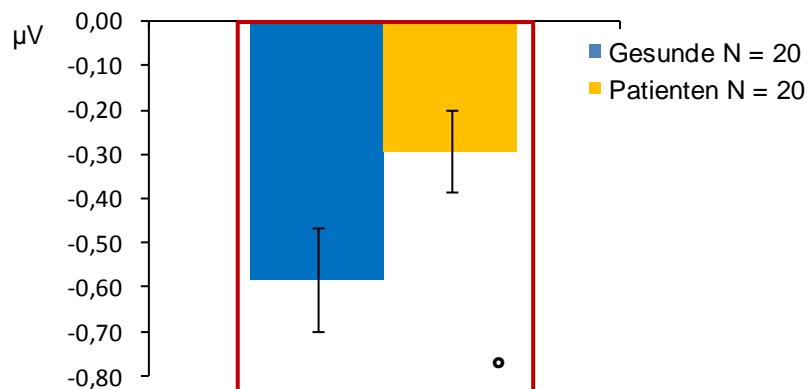


Abbildung 15. S-LRP 200-300 ms in der inkongruenten Bedingung Gesunde und Patienten für beide Paradigmen (Stroop und Flanker) gemittelt. (\*einseitig  $p < .05$ )

### 3.5.2 Gruppenvergleich S-LRP 200-300 ms: Stroop vs. Flanker

Wie bei den abhängigen Variablen zuvor, wurde auch für das S-LRP im Zeitintervall zwischen 200 und 300 ms eine Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet, um zu überprüfen, ob sich die Gruppen in der inkongruenten Bedingung beim Flanker-Paradigma stärker unterscheiden als beim Stroop-Paradigma. Eine graphische Veranschaulichung der Mittelwerte für die einzelnen Bedingungen findet sich in Abbildung 16.

Für das Zeitintervall zwischen 200 und 300 ms zeigte sich ein Haupteffekt für den

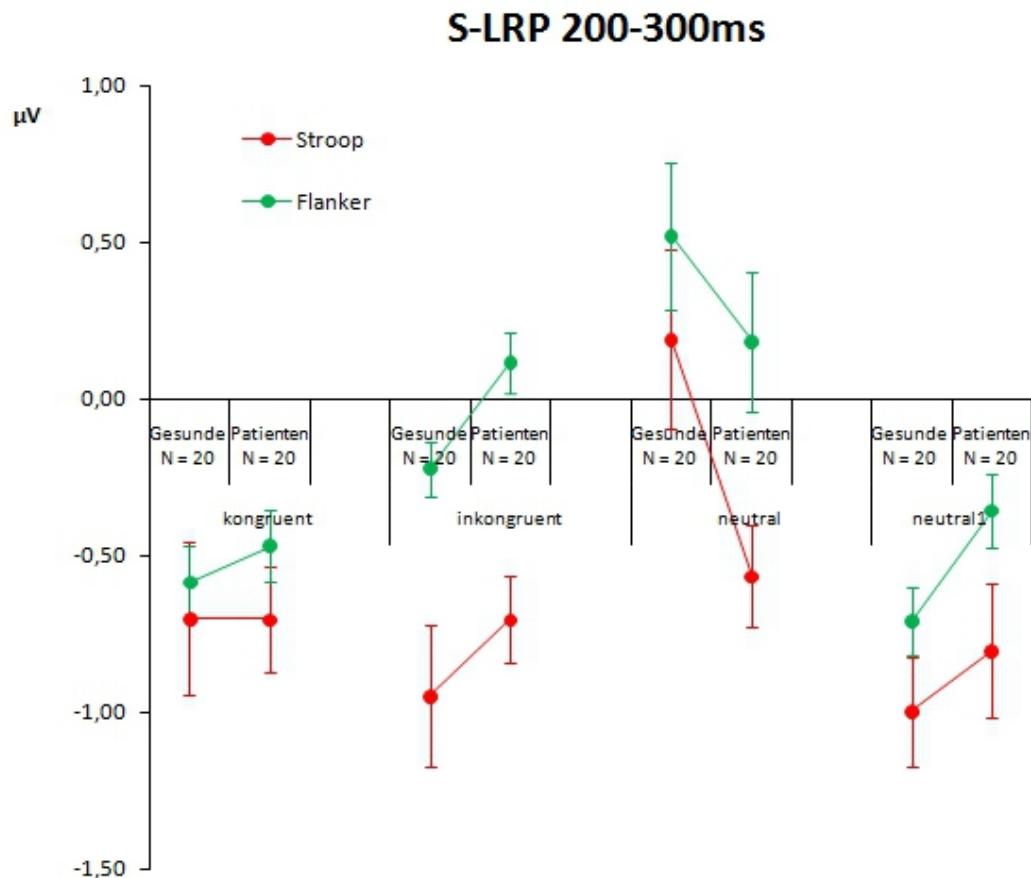


Abbildung 16. Mittelwerte (Standardfehler) des S-LRP (Stimulus bezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential) im Zeitintervall 200-300 ms. Dargestellt sind die Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung.

Faktor Experiment [ $F(1,38) = 18.20, p < .001, \eta^2 = .32$ ]. Der Mittelwert des Flanker-Paradigmas war mit  $M = -.19 \mu\text{V}$  weniger negativ als beim Stroop-Paradigma ( $M = -.65 \mu\text{V}$ ). Des Weiteren zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor Bedingung [ $F(3,114) = 19.10, p < .001, \eta^2 = .33$ ]. In Bezug auf den für die vorliegende Studie relevanten Kontrast (kongruente vs. inkongruente Bedingung) ist die Amplitude in der inkongruenten Bedingung ( $M = -.44 \mu\text{V}$ ) signifikant weniger negativ als bei der kongruenten Bedingung ( $M$

$= -.62 \mu\text{V}$ )lag [ $F(1,38) = 4.90, p = .03, \eta^2 = .11$ ]. Für den Faktor Gruppe gab es keinen signifikanten Haupteffekt.

An weiteren Effekten zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Gruppe [ $F(3,152) = 5.82, p < .001, \eta^2 = .13$ ] sowie eine signifikante Interaktion zwischen Experiment und Bedingung [ $F(3,114) = 5.23, p < .001, \eta^2 = .12$ ]. Die Interaktionen aus Gruppe x Experiment sowie Gruppe x Experiment x Bedingung wurden nicht signifikant.

Zur Überprüfung, auf welchen Faktorenstufen die für die vorliegende Studie relevante Interaktion zwischen Gruppe und Bedingung zu lokalisieren ist, wurden t-Tests zwischen den beiden Gruppen für die einzelnen Bedingungen der beiden Experimente gerechnet. Beim Stroop-Paradigma gab es nach der Bonferroni-Holm Korrektur keine signifikanten Unterschiede. Beim Flanker-Paradigma unterschieden sich die Gruppen in der inkongruenten Bedingung signifikant [ $t = -2.6, df = 38, p = .01, d = -.80$ ]. In dieser Bedingung zeigten die Patienten mit ( $M = .12 \mu\text{V}$ ) eine Positivierung, während das Potential bei den

### S-LRP 200-300ms KG vs. EG

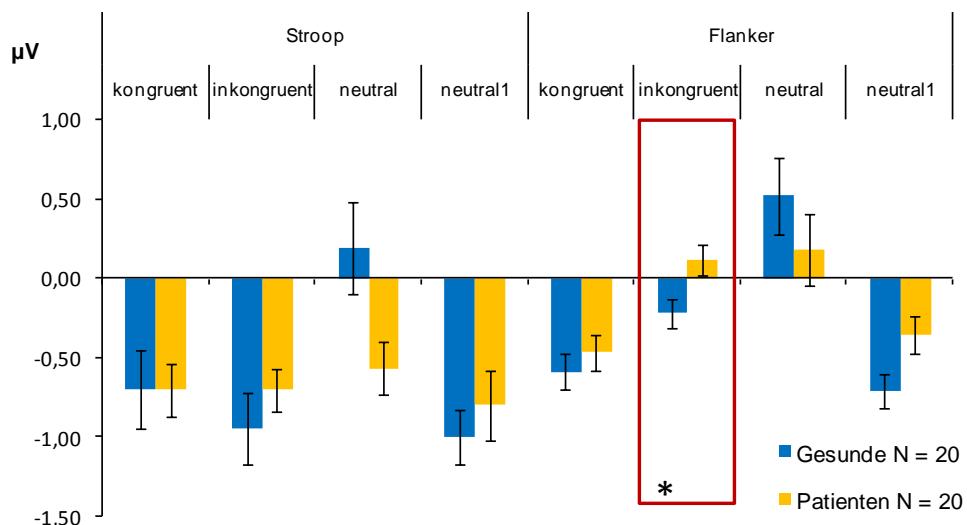


Abbildung 17. Mittelwerte der beiden Gruppen über die einzelnen Bedingungen des Stroop- sowie des Flanker-Paradigmas in Bezug auf das S-LRP (Stimulus bezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential) im Zeitintervall 200-300 ms. (\* $p < .05$  signifikant; die Streubalken stellen den Standardfehler dar)

Gesunden ( $M = -.22 \mu\text{V}$ ) negativ war. Nach der Bonferroni-Holm Korrektur zeigten sich für das Flanker-Paradigma keine weiteren signifikanten Ergebnisse. Die Ergebnisse sind in Abbildung 17 graphisch veranschaulicht.

Die Interaktion zwischen Experiment und Bedingung wurde post-hoc anhand einzelner t-Tests spezifiziert. Da die kongruente und die inkongruente die zentralen experimentellen Bedingungen der vorliegenden Studie darstellen, wurde der

Inkongruenzeffekt einzeln, sowohl für die Experimente als auch für beide Gruppen verglichen.

Bei einem Vergleich der Größe des Inkongruenzeffekts für die Gruppen in Abhängigkeit vom experimentellen Paradigma anhand eines t-Tests für unabhängige Stichproben, zeigte sich weder für das Stroop- noch für das Flanker-Paradigma ein signifikanter Unterschied.

Bei einem Vergleich des Inkongruenzeffekts zwischen den experimentellen Paradigmen, für jede Gruppe einzeln gerechnet, zeigte sich sowohl für die Gruppe der Patienten als auch für die Gruppe der Gesunden ein signifikanter Unterschied (siehe Abbildung 18). Für die Patienten zeigte sich mit  $M = .58 \mu\text{V}$  beim Flanker-Paradigma ein größerer Inkongruenzeffekt als beim Stroop-Paradigma ( $M = .00 \mu\text{V}$ ) [ $t = -2.86$ ,  $df = 19$ ,  $p =$

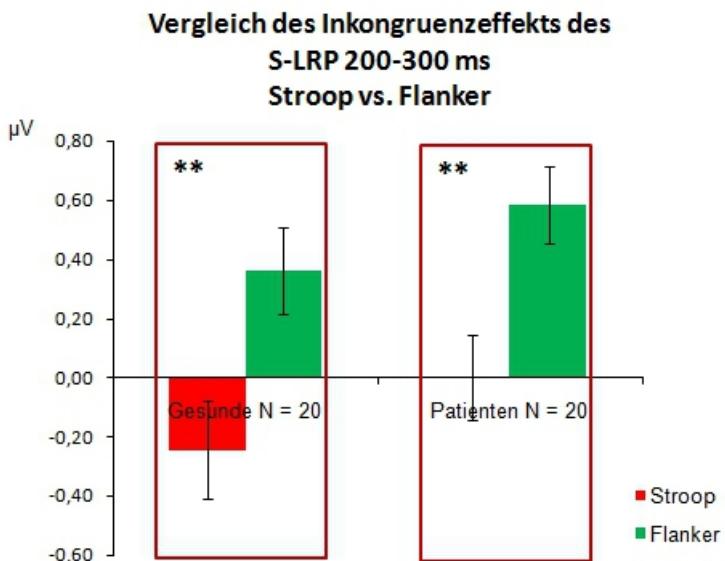


Abbildung 18. Inkongruenzeffekt (Standardfehler) beim S-LRP im Zeitintervall zwischen 200 und 300 ms für beide Gruppen in beiden experimentellen Paradigmen (Stroop vs. Flanker). (\*\* $p < .00$ )

.01,  $d = .94$ ]. Für die Gesunden zeigte sich dasselbe Bild. Hier war der Inkongruenzeffekt beim Flanker-Paradigma mit  $M = .36 \mu\text{V}$  ebenfalls signifikant positiver als beim Stroop-Paradigma ( $M = -.25 \mu\text{V}$ ) [ $t = -2.36$ ,  $df = 19$ ,  $p < .00$ ,  $d = -.87$ ].

### 3.5.3 Inkongruenzeffekt Gesunde und Patienten: S-LRP 300-550 ms

Für den Vergleich des Mittelwerts des Inkongruenzeffekts über beide Paradigmen, wurde der Inkongruenzeffekt zunächst separat für jedes Paradigma als Differenz der inkongruenten minus der kongruenten Durchgänge berechnet und anschließend über beide Paradigmen gemittelt. Anschließend wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Bei dieser Analyse zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

Das Procedere beim Vergleich der inkongruenten Bedingung verlief analog zu dem Vergleich des Inkongruenzeffekts. Hier zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied.

### 3.5.4 Gruppenvergleich S-LRP 300-550 ms: Stroop vs. Flanker

Auch für das S-LRP im Zeitintervall zwischen 300-550 ms wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet, um zu überprüfen, ob der Gruppenunterschied in der inkongruenten Bedingung beim Flanker-Paradigma größer ist als beim Stroop-Paradigma. Eine graphische Veranschaulichung der Mittelwerte für die einzelnen Bedingungen findet sich in Abbildung 19.

Für das Zeitintervall zwischen 300 und 550 ms zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor Bedingung [ $F(3,114) = 22.4, p < .001, \eta^2 = .37$ ]. In Bezug auf den für die vorliegende Studie relevanten Kontrast (kongruente vs. inkongruente Bedingung) zeigte sich bei einseitiger Testung, dass der Wert der inkongruenten Bedingung ( $M = -.90 \mu V$ ) signifikant weniger negativ war als bei der kongruenten Bedingung ( $M = -1.08 \mu V$ ) lag [ $F(1,38) = 3.24, p = .04, \eta^2 = .08$ ]. Weitere Haupteffekte konnten nicht gefunden werden. Des Weiteren zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Gruppe [ $F(3,152) = 6.50, p < .001, \eta^2 = .15$ ] sowie eine signifikante Interaktion zwischen Experiment und Bedingung [ $F(3,114) = 6.65, p < .001, \eta^2 = .15$ ]. Die Interaktionen aus Gruppe x Experiment sowie Gruppe x Experiment x Bedingung wurden nicht signifikant.

Zur Überprüfung, auf welchen Faktorenstufen die relevante Interaktion zwischen Gruppe und Bedingung zu lokalisieren ist, wurden t-Tests zwischen den beiden Gruppen für die einzelnen Bedingungen der beiden Experimente berechnet. Dabei zeigte sich nach der Bonferroni-Holm Korrektur nur bei der neutralen Bedingung des Stroop-Paradigmas ein signifikanter Unterschied [ $t = 3.28, df = 38, p < .001, d = 1.04$ ]. Die Positivierung der Gesunden war mit  $M = .14 \mu V$  signifikant positiver als die der Patienten ( $M = -1.13 \mu V$ ).

Die Interaktion zwischen Experiment und Bedingung wurde post-hoc anhand einzelner t-Tests spezifiziert. Da die kongruente und die inkongruente die zentralen experimentellen Bedingungen der vorliegenden Studie darstellen, wurde der Inkongruenzeffekt einzeln, sowohl für die Experimente als auch für beide Gruppen verglichen.

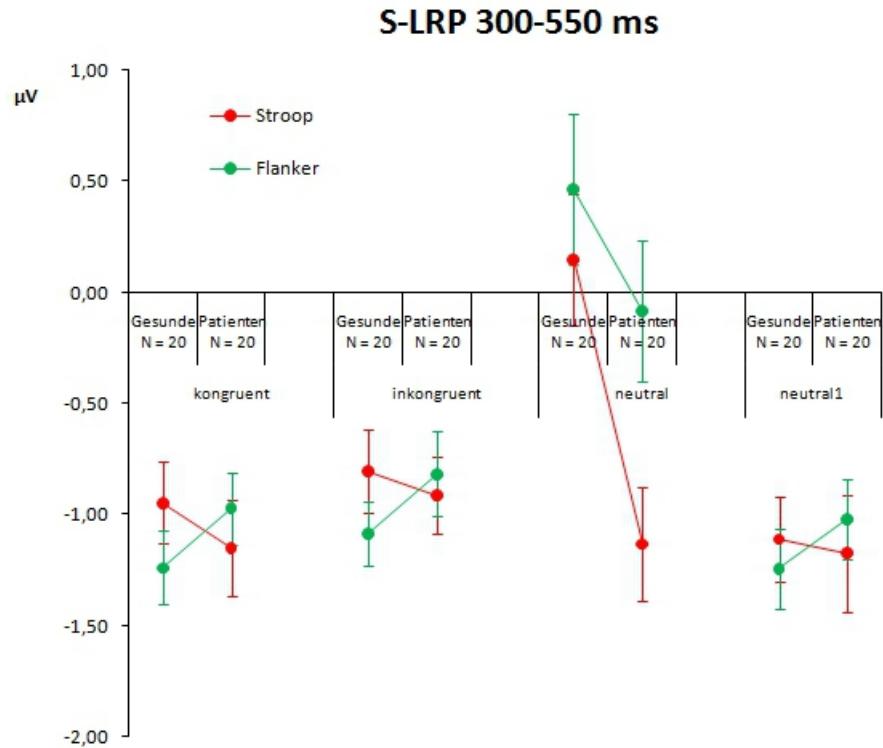


Abbildung 19. Mittelwerte (Standardfehler) des S-LRP (Stimulus bezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential) im Zeitintervall 300-550 ms. Dargestellt sind die Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung.

Dabei zeigte sich weder für das Stroop- noch für das Flanker-Paradigma ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen

Eine graphische Veranschaulichung des zeitlichen Verlaufs des S-LRP gemittelt über die Elektrodenpaare FC1FC2, FC5FC6 sowie C3C4 findet sich in Abbildung 20 bis Abbildung 23.

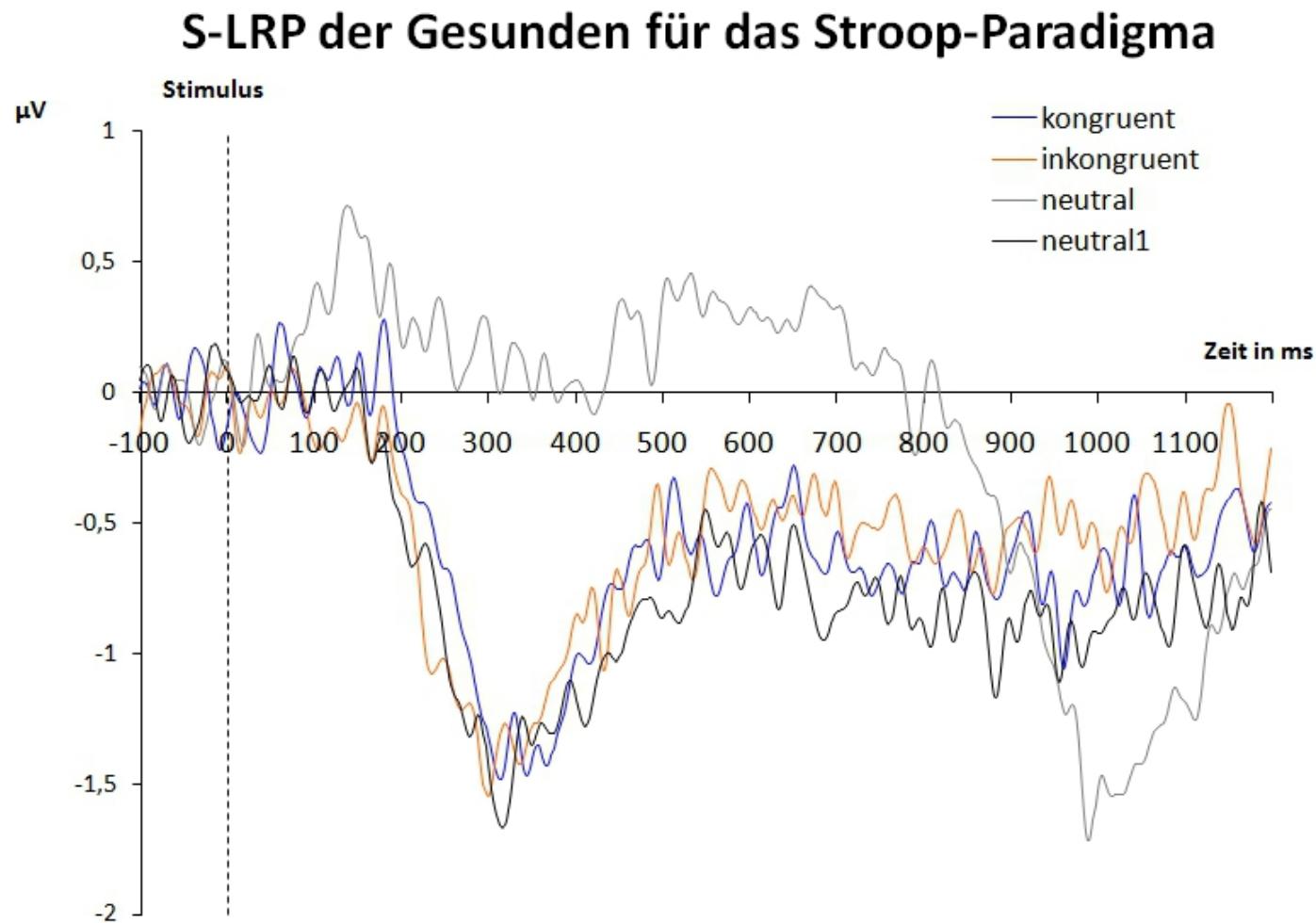


Abbildung 20. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) des Stroop-Paradigmas bei den Gesunden. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie).

## S-LRP der Patienten für das Stroop-Paradigma

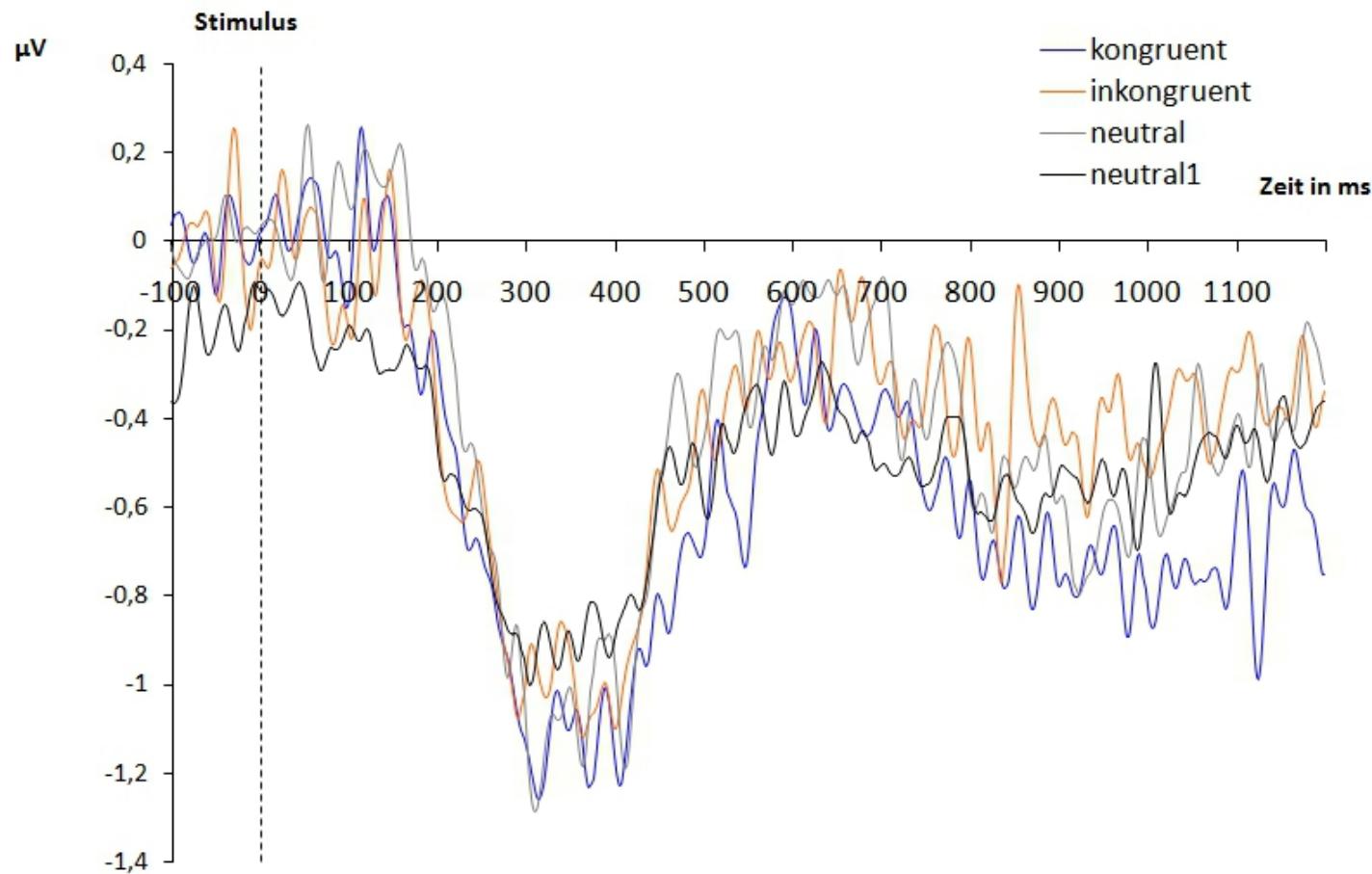


Abbildung 21. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral1, neutral) des Stroop-Paradigmas bei den Patienten. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie).

## S-LRP der Gesunden für das Flanker-Paradigma

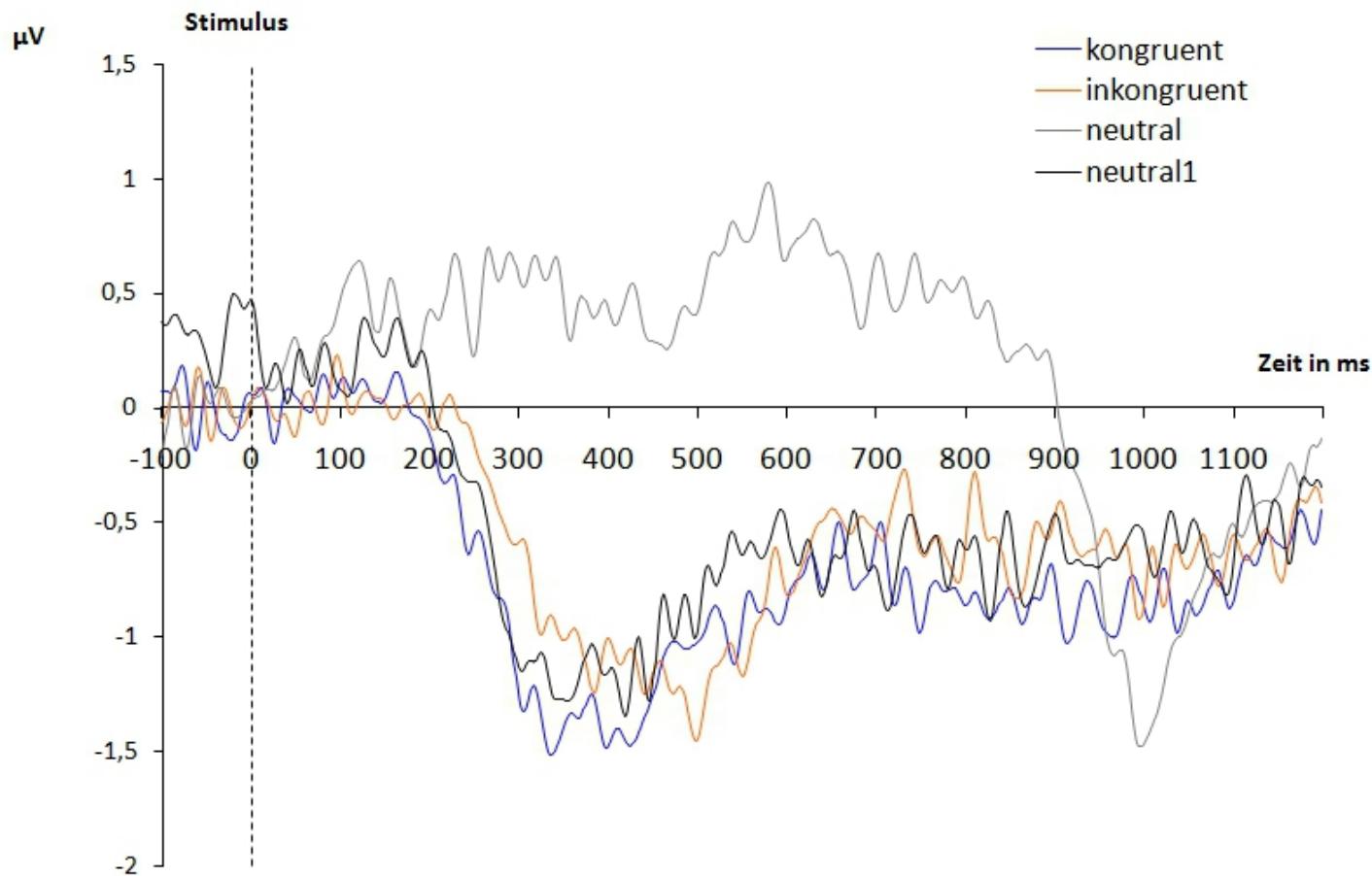


Abbildung 22. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) des Flanker-Paradigmas bei den Gesunden. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie).

## S-LRP der Patienten für das Flanker-Paradigma

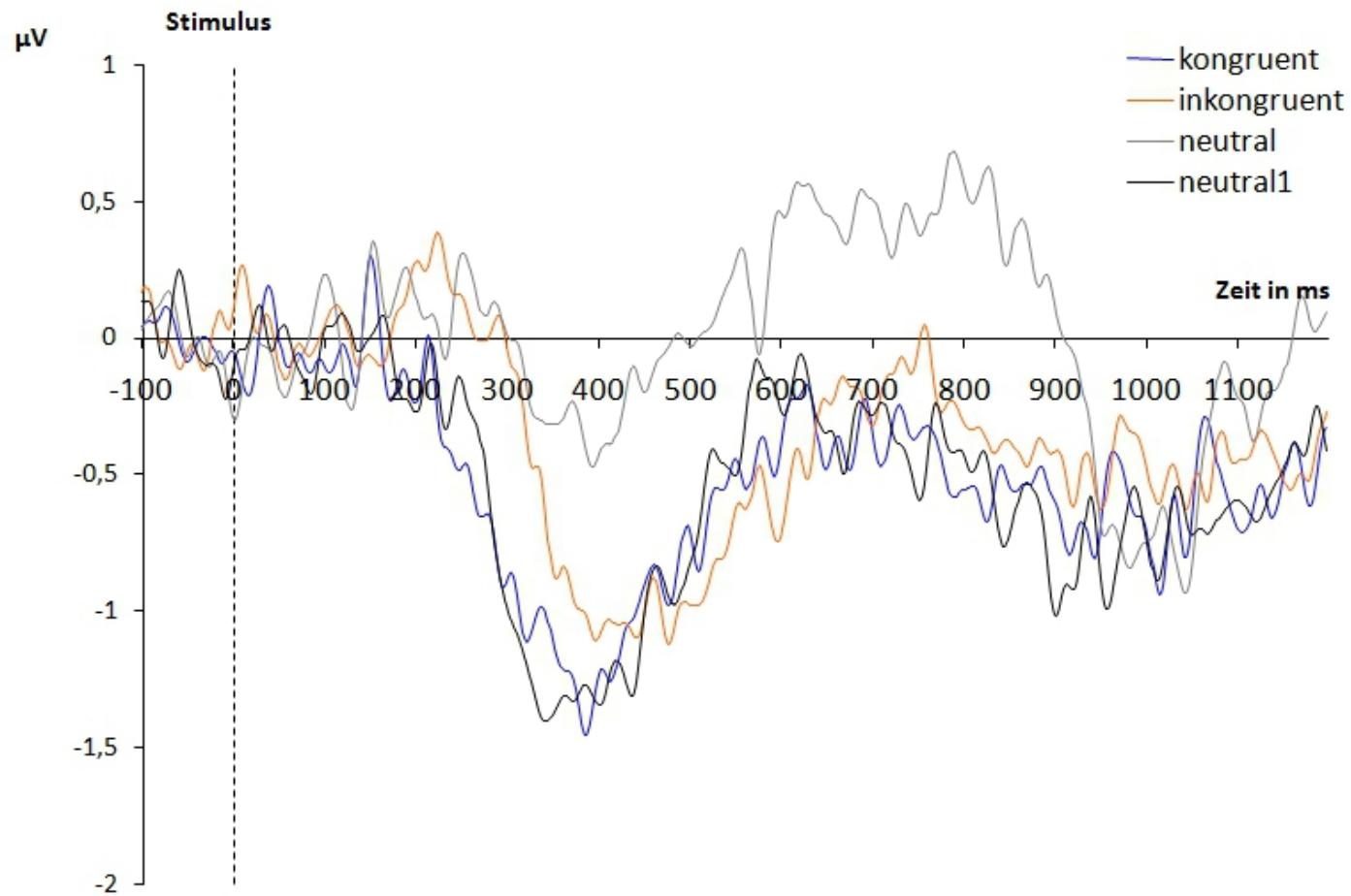


Abbildung 23. Zeitlicher Verlauf des Stimulus bezogenen lateralisierten Bereitschaftspotentials (S-LRP). Dargestellt ist der Verlauf für die vier Bedingungen (kongruent, inkongruent, neutral, neutral1) des Flanker-Paradigmas bei den Patienten. Am Zeitpunkt 0 wurde der Stimulus eingeblendet (gestrichelte Linie).

### 3.5.5 Die Fehlernegativierung (ERN)

Die ERN wurde mittels einer Peak-Analyse identifiziert und als größter negativer Wert innerhalb des Zeitintervalls von 0-100 ms definiert. Da einzelne Analysen vorab die besten Ergebnisse für die Elektrodenposition Fz zeigten, wurden alle weiteren Analysen nur mit den Werten dieser Elektrodenposition durchgeführt.

#### 3.5.5.1 ERN: Vergleich Gesunde vs. Patienten inkongruente Bedingung

Zur Überprüfung, ob sich die Patienten von den Gesunden in Bezug auf die inkongruente Bedingung unterscheiden, wurde zunächst die inkongruente Bedingung des Stroop- sowie des Flanker-Paradigma summiert und gemittelt. Im Anschluss daran wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben gerechnet. Dieser Test zeigte bei einseitiger Testung einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen [ $t = -1.76$ ,  $df = 37$ ,  $p = .04$ ,  $d = -.56$ ]. Die ERN der Patienten ist mit  $M = -3.5 \mu V$  signifikant weniger negativ als die der Gesunden mit  $M = -7.7 \mu V$  (siehe Abbildung 24).

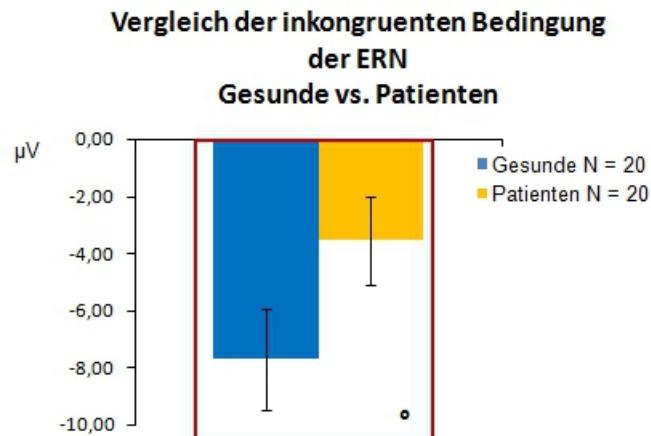


Abbildung 24. ERN in der inkongruenten Bedingung Gesunde und Patienten über beide Paradigmen (Stroop und Flanker) gemittelt. (\*einseitig  $p < .05$ )

#### 3.5.5.2 Gruppenvergleich ERN: Stroop vs. Flanker

Um zu überprüfen, ob der Unterschied zwischen den Gruppen in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigma größer ist als im Stroop-Paradigma, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den beiden Within-Subject-Faktoren Experiment (2) und Bedingung (4) sowie mit dem Between-Subject-Faktor Gruppe (2) gerechnet. Dabei zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Gruppe bei einseitiger Testung [ $F(3,96) = 2.83$ ,  $p < .03$ ,  $\eta^2 = .21$ ]. Zur Überprüfung, auf welchen Faktorenstufen

diese Interaktion zu lokalisieren ist, wurden t-Tests zwischen den beiden Gruppen für die einzelnen Bedingungen der beiden Experimente berechnet (siehe Abbildung 25). Dabei zeigte sich bei einseitiger Testung und nach der Bonferroni-Holm Korrektur nur ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigmas [ $t = -1.81$ ,  $df = 35$ ,  $p = .04$ ,  $d = .60$ ]. Hier war die ERN der Gesunden mit  $M = -7.5\mu V$  signifikant negativer als die der Patienten  $M = -3.0\mu V$ .

### ERN Gesunde vs. Patienten

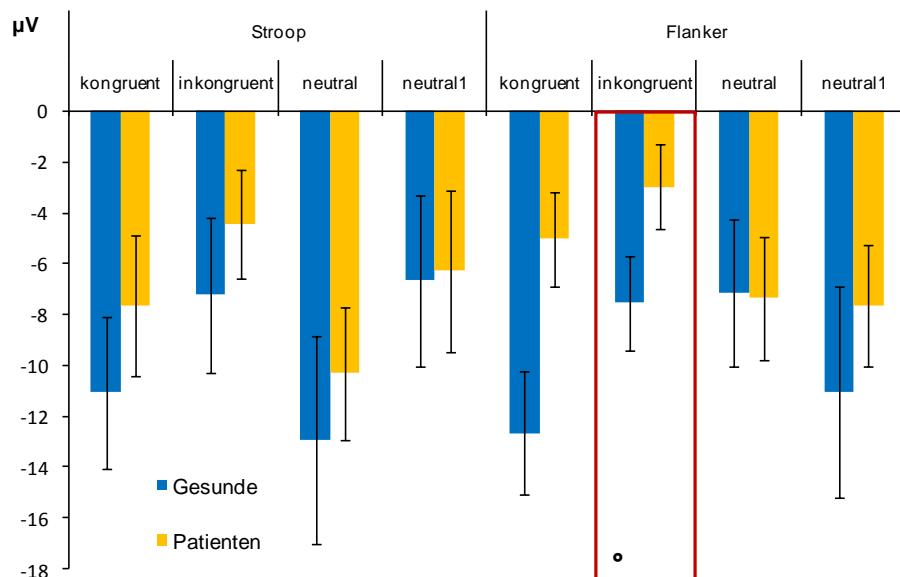


Abbildung 25. Gesunde und Patienten über die einzelnen Bedingungen des Stroop- sowie des Flanker-Paradigmas. (\* bei einseitiger Testung  $p < .05$ ; ERN = Fehlernegativierung; die Streubalken stellen den Standardfehler dar)

#### 3.5.5.3 ERN: Stroop vs. Flanker

Zur Überprüfung, ob die Fehlernegativierung im Flanker-Paradigma geringer ist als im Stroop-Paradigma, wurde zunächst pro Paradigma der Mittelwert über alle experimentellen Bedingungen gebildet. Die beiden entstandenen Werte für das Stroop- sowie für das Flanker-Paradigma wurden anhand eines t-Test für abhängige Stichproben miteinander verglichen. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den experimentellen Paradigmen.

Um sicher zu gehen, dass die Mittelung über alle Bedingungen keine vorhandenen Unterschiede nivellierte, wurden die Bedingungen zusätzlich einzeln miteinander verglichen. Ein t-Test für abhängige Stichproben zeigte keine signifikanten Unterschiede.

## 4 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, das Symptom der Unaufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS experimentell zu spezifizieren. Dafür wurden zwei kognitionspsychologische Paradigmen verwendet (Stroop-Paradigma und Flanker-Paradigma). Es wurden sowohl Verhaltensdaten als auch neurophysiologische Daten erhoben. Die Grundannahme der Studie bestand darin, dass die implizite Form der Aufmerksamkeitslenkung (die sich vorwiegend im Flanker-Paradigma ausdrückt) bei Erwachsenen mit einer ADHS stärker beeinträchtigt ist als die explizite Form (die v.a. im Stroop-Paradigma manifestiert). Entsprechend sollten sich Erwachsene mit einer ADHS von gesunden Probanden beim Flanker-Paradigma stärker unterscheiden als beim Stroop-Paradigma.

### 4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse: Demographie und Diagnostik

In Bezug auf die relevanten Vergleichsmerkmale Alter, Geschlecht, Bildung und Intelligenz, zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Die Gruppen unterscheiden sich signifikant in den ADHS spezifischen Verfahren (WURS-K, ADHS-SB). Die Gruppe der Patienten ist hier klinisch auffällig. Das WRI bestätigt bei den Patienten das Bild, welches zuvor bereits durch die Fragebogenverfahren gewonnen wurde. Die diagnostische Abklärung anhand der BSL-K und des SKID-I zeigt, dass bei keinem der Probanden eine Störung vorliegt, die mit ADHS-Symptomen konfundiert sein könnte oder die anderweitig das EEG der Teilnehmer beeinflussen könnte. Insgesamt ist ein höheres Morbiditätsniveau bei den Patienten zu verzeichnen. Die Patienten erzielen höhere Werte in der BSL-K und zeigen in der Vorgesichte mehr Achse I - Störungen als die Gesunden. Bei den Gesunden zeichnet sich insgesamt entsprechend den Erwartungen in allen angewandten Verfahren ein unauffälliges Bild.

In den Testverfahren d2 und CPT zeigen sich ebenfalls Unterschiede zwischen den Gruppen. Im d2 schneiden die Patienten bei den Fehlern überraschender Weise besser ab als die Gesunden, wohingegen die Leistung der Patienten im CPT in fast allen Bereichen unter der der Gesunden liegt. Insgesamt liegen die Werte der Patienten im CPT jedoch im Normbereich, lediglich die RZ liegen leicht außerhalb.

## 4.2 Überprüfung der experimentellen Manipulation

Beim Stroop-Paradigma zeigt die Gruppe der Gesunden einen Inkongruenzeffekt für die RZ, aber nicht für die PK. Die Probanden reagieren erwartungsgemäß in der inkongruenten Bedingung signifikant langsamer als in der kongruenten. Die Gruppe der Patienten weist sowohl für die PK als auch für die RZ ein Inkongruenzeffekt beim Stroop-Paradigma auf. Die Patienten machen erwartungsgemäß in der kongruenten Bedingung signifikant weniger Fehler als in der inkongruenten Bedingung. Außerdem reagieren sie in der kongruenten Bedingung signifikant schneller als in der inkongruenten.

Für das Flanker-Paradigma lässt sich bei den Gesunden ein Inkongruenzeffekt für die PK finden: sie machen in der kongruenten Bedingung signifikant weniger Fehler als in der inkongruenten. Auch für die RZ zeigt sich bei dieser Gruppe ein Inkongruenzeffekt. Die RZ in der kongruenten Bedingung liegt signifikant unter der in der inkongruenten Bedingung. Auch die Patienten zeigen beim Flanker-Paradigma für beide abhängige Maße einen Inkongruenzeffekt. Sie machen in der kongruenten Bedingung signifikant weniger Fehler als in der inkongruenten. Auch die RZ sind in der kongruenten Bedingung kürzer als in der inkongruenten Bedingung. Die Ergebnisse entsprechen daher für beide Gruppen den Erwartungen.

Somit war die experimentelle Manipulation erfolgreich. In beiden Gruppen konnte zumindest für eine abhängige Variable ein Inkongruenzeffekt gefunden werden. Es war für alle Teilnehmer schwieriger, auf die inkongruenten Reize zu reagieren als auf die kongruenten Reize. Lediglich die Gruppe der Gesunden zeigt beim Stroop-Paradigma für die PK keinen Inkongruenzeffekt. Eine Erklärung dafür dürfte in der Aufgabenschwierigkeit zu finden sein. Die Gesunden lagen bei den PK im Mittel bei 97 %. Das ist ein sehr guter Wert, wenn man bedenkt, dass die Probanden 600 Durchgänge absolvieren mussten und daher die Leistung normalerweise durch Ermüdungseffekte beeinträchtigt wird. Insgesamt scheint die Aufgabenschwierigkeit für die Gesunden im Stroop-Paradigma somit zu leicht gewesen zu sein. Die zu geringe Aufgabenschwierigkeit äußert sich jedoch nur auf der Ebene der PK. Bei den RZ haben auch die Gesunden eine längere RZ in den inkongruenten Bedingungen als in den kongruenten. Der Inkongruenzeffekt bei den Gesunden im Stroop-Paradigma in Bezug auf die RZ legt die Annahme nahe, dass die experimentelle Manipulation hier ebenfalls erfolgreich war.

## 4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse: Verhaltensdaten

### 4.3.1 Ergebnisse zu Hypothese I und II

In Tabelle 21 findet sich die Zusammenfassung der Ergebnisse der Verhaltensdaten in Bezug auf die Hypothesen I und II. In Hypothese I wird dabei die Annahme formuliert, dass der Inkongruenzeffekt bei den Patienten über beide Paradigmen gemittelt größer sein sollte als bei den Gesunden. Der Unterschied zwischen

den Gruppen sollte sich dabei vor allem in der inkongruenten Bedingung zeigen, da die Anforderungen an die Aufmerksamkeitskontrolle in dieser Bedingung am größten sind. Das heißt in dieser Bedingung sollten die Patienten langsamer sein und mehr Fehler machen als die Gesunden. Hypothese II bezieht sich auf die Differenzierung der unterschiedlichen Arten der Aufmerksamkeitslenkung. Für diese Hypothese ist vor allem die inkongruente Bedingung wichtig, da in dieser Bedingung die unterschiedlichen Arten der Aufmerksamkeitslenkung stattfinden (implizit vs. explizit). In Hypothese II wird die Annahme postuliert, dass der Gruppenunterschied zwischen Gesunden und Patienten in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigmas größer sein sollte als in derselben Bedingung des Stroop-Paradigmas.

### 4.3.2 Prozent Korrekt (PK):weitere Ergebnisse

Auswertungen über die Hypothesen der vorliegenden Studie hinaus zeigen, dass beim Stroop-Paradigma weniger Fehler gemacht werden als beim Flanker-Paradigma. Die Probanden reagieren in der kongruenten Bedingung öfter richtig als in der inkongruenten. Darüber hinaus machen sie wie erwartet mehr Fehler als die Gesunden. Der Gruppenunterschied in der inkongruenten Bedingung des Stroop-Paradigmas ist größer als beim Flanker-Paradigma. Die Leistung der Patienten ist deutlich schlechter als die der Gesunden. Im Flanker-Paradigma unterscheiden sich die Gruppen in der

*Tabelle 21. Ergebnisse der Verhaltensdaten in Bezug auf die Hypothesen I und II.*

H	AV	Statistisches Procedere im Vorfeld	Vergleichsebene	Vergleich	Interpretation
I	PK	Mittelung über Paradigmen	IKE	Patienten > Gesunde	Hypothese I angenommen
		IKB		Patienten > Gesunde	
II		Keines	IKB	$D_{(Patienten-Gesunde)Flanker} \neq D_{(Patienten-Gesunde)Stroop}$	Hypothese II nicht angenommen
I	RZ	Mittelung über Paradigmen	IKE	Patienten $\neq$ Gesunde	Hypothese I nicht angenommen
		IKB		Patienten $\neq$ Gesunde	
II		Keines	IKB	$D_{(Patienten-Gesunde)Flanker} \neq D_{(Patienten-Gesunde)Stroop}$	Hypothese II nicht angenommen

Anmerkungen: H = Hypothese, AV = abhängige Variable, PK = Prozent Korrekt, RZ = Reaktionszeit, IKE = Inkongruenzeffekt, IKB = inkongruente Bedingung, D = Differenz.

inkongruenten Bedingung nicht. Des Weiteren zeigt sich, dass der Inkongruenzeffekt für beide Gruppen beim Flanker-Paradigma größer ist als beim Stroop-Paradigma.

### 4.3.3 Reaktionszeiten (RZ):weitere Ergebnisse

Die Probanden reagieren im Flanker-Paradigma langsamer als im Stroop-Paradigma. Analog zu den PK reagieren die Probanden in der inkongruenten Bedingung langsamer als in der kongruenten. Die Gruppen unterscheiden sich nicht. Zuletzt zeigt sich wie auch bei den PK, dass der Inkongruenzeffekt des Flanker-Paradigmas für beide Gruppen größer ist als der des Stroop-Paradigmas.

## 4.4 Interpretation der Ergebnisse: Verhaltensebene

Beim Stroop-Paradigma ergibt sich für die PK der inkongruenten Bedingung ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Bei diesem Ergebnis ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Gesunden keinen Inkongruenzeffekt zeigen, was einen Vergleich der beiden Gruppen hier erschwert. Die Gesunden scheinen bei diesem Paradigma anders als die Patienten keine Inkongruenz zu erleben. Bei den RZ unterscheiden sich die Gruppen nicht signifikant. Damit sprechen die Ergebnisse der aktuellen Arbeit gegen die Befunde der Metaanalyse von Lansbergen und Kollegen (Lansbergen, Kenemans, & van Engeland, 2007), die einen signifikanten Unterschied zwischen ADHS Patienten und Gesunden fanden und für die Befunde der Metaanalysen von van Mourik und Kollegen (2005) sowie von Schwartz und Verhagen (2008). In diesen Metaanalysen kommen die Autoren ebenfalls zu dem Schluss, dass es beim Stroop-Paradigma keinen signifikanten Unterschied zwischen Patienten mit ADHS und Gesunden gibt. Insbesondere in Bezug auf die RZ ergibt sich damit eine einheitliche Befundlage, die dafür spricht, dass das Stroop-Paradigma nicht zu einer ADHS-Diagnose herangezogen werden braucht. Allerdings muss bezüglich der Metaanalysen erwähnt werden, dass diese keinen Unterschied zwischen computerisierten und nicht computerisierten Versionen des Stroop-Tests machen. In den nicht-computerisierten Versionen werden beim Farb-Wort-Stroop-Test die Reize anhand von Karten präsentiert. Die Antwort erfolgt hier mündlich. Diese Versuchsanordnung bringt die größten Interferenzeffekte mit sich, kann jedoch in Zusammenhang mit der Erhebung von EEG-Daten nicht verwendet werden. Computerisierte Versionen verlangen dagegen manuelle Antworten, was in Bezug auf den interferierenden Lesevorgang möglicherweise die Beteiligung anderer kognitiver Mechanismen impliziert.

Am ehesten ist die Studie von Bush und Kollegen (1999) mit der vorliegenden Studie in Bezug auf die Art der Testapplikation vergleichbar. Sie verwendeten einen Zahlen-Stroop-Test, der in computerisierter Form dargeboten wurde. Neben Daten aus der funktionellen Magnetresonanztomographie erhoben die Autoren auch die PK und die RZ. Die Gruppen unterschieden sich nicht bezüglich der PK. Zu den RZ machen die Autoren keine Angaben. Aber auch hier wird der Vergleich mit der aktuellen Arbeit dadurch eingeschränkt, dass die Äquivalenz der kognitiven Vorgänge beim Zahlen-

Stroop und dem klassischen Wort-Farben-Stroop alles andere als gesichert ist. Ein Fazit in Bezug auf den Gruppenunterschied zwischen ADHS Erwachsenen und Gesunden im Stroop-Paradigma scheint daher verfrüht. Die Vergleichbarkeit der einzelnen Studien ist aufgrund unterschiedlicher Arten der Testapplikation sowie unterschiedlicher Arten von Stroop-Tests stark eingeschränkt. Es lässt sich aber eher ein Trend dahingehend erkennen, dass sich Erwachsene mit einer ADHS von den Gesunden beim Stroop-Paradigma nicht unterscheiden.

Die Ergebnisse des Flanker-Paradigmas weisen in dieselbe Richtung wie die Ergebnisse von Vasic und Kollegen (2012), die ebenfalls keinen Unterschied in der PK und der RZ zwischen Patienten und Gesunden fanden. Andererseits berichteten Herrmann und Kollegen (2009) einen Unterschied zwischen ADHS-Erwachsenen und Gesunden auf der Verhaltensebene. Bei den Kindern wurde ebenfalls ein solcher Unterschied in der Metaanalyse von Mullane und Kollegen (2009) festgestellt. Die Uneinheitlichkeit der Befunde verdeutlicht die Notwendigkeit weiterer Forschung zu diesem Thema.

Insgesamt zeichnen sich im Verhalten nicht die erwarteten Gruppenunterschiede ab. Lediglich die Zahl der richtigen Antworten ist bei den Patienten kleiner als bei den Gesunden, bei den RZ zeigte sich dieser Unterschied jedoch nicht. Die zentrale Annahme, dass Prozesse der impliziten Aufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS stärker betroffen sind als explizite Prozesse der Aufmerksamkeitslenkung, kann anhand der Verhaltensdaten nicht bestätigt werden.

## 4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse: P300-Peak-Latenz und stimulusbezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential (S-LRP)

### 4.5.1 Ergebnisse zu Hypothese I und II

Die Zusammenfassung der Ergebnisse zur P300-Peak-Latenz sowie zum S-LRP in Bezug auf die Hypothesen I und II finden sich in Tabelle 22. Analog zu den Verhaltensdaten sollten die Patienten nach Hypothese I auch auf der Ebene der EKP einen größeren Inkongruenzeffekt zeigen als die Gesunden. Die inkongruente Bedingung betreffend sollten die Patienten daher eine größere P300-Peak-Latenz zeigen und eine stärkere Positivierung des S-LRP als die Gesunden. Hypothese II bezieht sich wiederum auf die Differenzierung der Aufmerksamkeit, diesmal jedoch in Bezug auf die P300 sowie

*Tabelle 22. Ergebnisse zur P300-Peak-Latenz und zum S-LRP zu Hypothesen I und II.*

H	AV	statistisches Procedere im Vorfeld	Vergleichsebene	Vergleich	Interpretation
I	P300-Peak-Latenz	Mittelung über Paradigmen	IKE	Patienten $\geq$ Gesunde	Hypothese I nicht angenommen
		IKB		Patienten $\geq$ Gesunde	
II	Latenz	Keines	IKB	$D_{(Patienten-Gesunde)Flanker} > D_{(Patienten-Gesunde)Stroop}$	Hypothese II angenommen
I	S-LRP 200-300 ms	Mittelung über Paradigmen	IKE	Patienten $\geq$ Gesunde	Hypothese I angenommen
		IKB		Patienten $>$ Gesunde	
II	ms	Keines	IKB	$D_{(Patienten-Gesunde)Flanker} > D_{(Patienten-Gesunde)Stroop}$	Hypothese II angenommen

Anmerkungen: H = Hypothese, AV = abhängige Variable, IKE = Inkongruenzeffekt, IKB = inkongruente Bedingung, D = Differenz, S-LRP = stimulusbezogenes lateralisiertes Bereitschaftspotential.

das S-LRP. Demnach sollte die Differenz der P300-Peak-Latenz sowie der Positivierung des S-LRP zwischen Gesunden und Patienten in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigmas größer sein als in der gleichen Bedingung des Stroop-Paradigmas.

#### **4.5.2 P300-Latenz: weitere Ergebnisse**

Die P300-Latenz beim Flanker-Paradigma ist größer als beim Stroop-Paradigma. In Bezug auf den Inkongruenzeffekt lässt sich ein weiterer Gruppenunterschied finden: Im Flanker-Paradigma ist der Inkongruenzeffekt der Patienten größer als bei den Gesunden, aber nicht im Stroop-Paradigma.

#### **4.5.3 S-LRP 200-300 ms: weitere Ergebnisse**

Das S-LRP unterscheidet sich auch in Bezug auf die Experimente und die Bedingung. Beim Flanker-Paradigma ist die Positivierung im Vergleich zum Stroop-Paradigma größer. Ferner ist die Positivierung des S-LRP in der inkongruenten Bedingung größer als in der kongruenten Bedingung. Darüber hinaus ist der Inkongruenzeffekt in beiden Gruppen im Flanker-Paradigma größer als im Stroop-Paradigma.

### **4.6 Zusammenfassung der Ergebnisse: Fehlernegativierung (ERN)**

#### **4.6.1 Ergebnisse zu Hypothese III und IV**

Die Ergebnisse zur ERN in Bezug auf Hypothese III und IV findet sich in Tabelle 23. Hypothese III und IV beziehen sich auf diejenigen elektrophysiologischen Vorgänge, die nach einer falschen Antwort stattfinden. In Hypothese III wird die Annahme formuliert, dass die Patienten in der inkongruenten Bedingung eine geringe ERN haben sollten als die Gesunden und dass dieser Unterschied in der inkongruenten Bedingung des Flanker Paradigmas größer sein sollte als in der vergleichbaren Bedingung des Stroop-Paradigmas. Hypothese IV geht über den Vergleich zwischen Gesunden und Patienten hinaus. In dieser Hypothese wird die Annahme formuliert, dass die ERN im Flanker-Paradigma insgesamt geringer sein sollte als beim Stroop-Paradigma, da das Flanker-Paradigma auf der sensomotorischen Ebene abläuft und Fehler daher eher unbewusst gemacht werden sollten, wohingegen das Stroop-Paradigma auf der exekutiven Ebene abläuft und die Fehler daher eher wahrgenommen werden sollten.

Tabelle 23. Ergebnisse der ERN zu Hypothese III und IV.

H	AV	statistisches Procedere im Vorfeld	Vergleichsebene	Vergleich	Interpretation
III	ERN	Mittelung über beide Paradigmen	IKB	Patienten > Gesunde	Hypothese III angenommen
		Keines	IKB	$D_{(\text{Patienten}-\text{Gesunde})\text{Flanker}} > D_{(\text{Patienten}-\text{Gesunde})\text{Stroop}}$	
IV	ERN	Mittelung über Gruppen	Paradigmen	Stroop $\not>$ Flanker	Hypothese IV nicht angenommen

Anmerkungen: H = Hypothese, AV = abhängige Variable, IKE = Inkongruenzeffekt, IKB = inkongruente Bedingung, D = Differenz, ERN = Error Related Negativity (Fehlernegativierung).

## 4.7 Interpretation der Ergebnisse: Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)

Anders als beim Verhalten finden sich auf der Ebene der EKP Unterschiede zwischen Erwachsenen mit einer ADHS und Gesunden, und zwar in der P300-Peak-Latenz, im S-LRP und bei der ERN. Unterschiede zwischen Erwachsenen mit einer ADHS und Gesunden bei der P300 berichteten bereits McPherson und Salamat (2004) sowie von Braverman und Kollegen (2006). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie erhärten damit die Annahme, dass die P300-Komponente eine wesentliche Rolle in der Erklärung der Aufmerksamkeitsproblematik der Patienten spielen könnte. Die Befunde der vorliegenden Untersuchung gehen jedoch über die in den o.a. Studien hinaus. Dafür gibt es mehrere Gründe: Zum einen wurde bei diesen Studien keine Aufmerksamkeitstests (Continuous Performance Task (CPT) und Test of Variables of Attention (TOVA)) verwendet, die eine Differenzierung von Aufmerksamkeitsprozessen ermöglichen. Die Tests sind ferner eher dem Bereich der Daueraufmerksamkeit zuzuordnen. Die selektive Aufmerksamkeit, die beispielsweise beim Autofahren und vielen anderen alltäglichen Tätigkeiten eine zentrale Rolle spielt, wurde in diesen Studien nicht untersucht. Zuletzt ist die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Studien dadurch stark eingeschränkt, dass sich Unterschiede in der P300-Latenz in Bezug auf Gesunde vs. Patienten bei vielen unterschiedlichen Störungsbildern finden lassen. So lassen sich Unterschiede zwischen

Gesunden und Patienten bei Krankheitsbildern wie Demenz, Depression, Bipolaren-Störungen oder Schizophrenie feststellen(Isintas, Ak, Erdem, Oz, & Ozgen, 2012; Muir, St Clair, & Blackwood, 1991; Sumi, Nan'no, Fujimoto, Ohta, & Takeda, 2000). Dadurch ist ein Unterschied in der P300-Latenz differentialdiagnostisch wenig aussagekräftig. In der aktuellen Studie unterscheiden sich die beiden Gruppen in Bezug auf die P300-Latenz zudem nur beim Flanker-Paradigma und nicht beim Stroop-Paradigma. Demnach besteht der Unterschied in der P300-Latenz zwischen Gesunden und Patienten nur im Bereich der impliziten Aufmerksamkeit und nicht im Bereich der expliziten Aufmerksamkeit. Die Ergebnisse zur P300-Latenz sprechen daher für die Annahme, dass die implizite Aufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS stärker beeinträchtigt ist als die explizite Aufmerksamkeit.

Die Ergebnisse, wonach anhand des S-LRP sehr gut zwischen Gesunden und Erwachsenen mit einer ADHS differenziert werden kann, sind neu. Zum einen gibt es einen Unterschied über beide Paradigmen gemittelt. Dabei weisen die Patienten in der inkongruenten Bedingung eine stärkere Positivierung auf als die Gesunden, was darauf hinweist, dass die Patienten häufiger den falschen Antwortkanal aktivieren als die Gesunden. Zum anderen lässt sich auch für das S-LRP ein spezifisches Defizit der Patienten in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigmas finden. In dieser Bedingung ist die Positivierung der Patienten stärker als die der Gesunden. Für das Stroop-Paradigma besteht kein solcher Unterschied. Demnach gibt es auch für das S-LRP Hinweise dafür, dass die implizite Aufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS stärker beeinträchtigt ist als die explizite Aufmerksamkeit. Eine stärkere Positivierung weist darauf hin, dass der Antwortkonflikt der Patienten beim Flanker-Paradigma größer gewesen sein muss als beim Stroop-Paradigma. Zu diesem Thema gibt es bislang keine Studie. Ein Vergleich der Befunde der aktuellen Studie mit einer bereits existierenden Datenlage ist daher nicht möglich. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen damit erstmals, dass auch das S-LRP im Bereich der impliziten Aufmerksamkeit zwischen Gesunden und Erwachsenen mit ADHS differenzieren kann.

Die Resultate zur ERN bestätigen den bisherigen Stand der Forschung. Wie in den Studien von Herrmann und Kollegen und Balogh und Kollegen(2010), zeigt sich auch in der aktuellen Studie bei den Patienten in der inkongruenten Bedingung eine kleinere ERN als bei den Gesunden. Wie bereits bei der P300-Latenz und beim S-LRP ist auch bei der ERN der Unterschied zwischen den Gruppen in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigmas größer als in der inkongruenten Bedingung des Stroop-Paradigmas. Insgesamt sprechen die Ergebnisse damit dafür, dass auch die Fehlerverarbeitung im Bereich der impliziten Aufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS stärker beeinträchtigt ist als im Bereich der expliziten Aufmerksamkeit.

Die im Theorieteil erwähnte Differenzierung der beiden experimentellen Paradigmen hinsichtlich der von Kotchoubey (2002) vorgeschlagenen Verarbeitungsebenen, wonach die Reizverarbeitung beim Flanker-Paradigma auf der

sensomotorischen Ebene stattfindet und beim Stroop-Paradigma auf der exekutiven Ebene, lässt sich nicht bestätigen. Die ERN-Amplitude ist in den beiden Paradigmen nicht verschieden groß. Die Aussagekraft dieser Ergebnisse ist jedoch eingeschränkt, da die Probanden in der vorliegenden Studie sehr wenig Fehler gemacht haben. Vermutlich beeinträchtigt die zu geringe Aufgabenschwierigkeit die Teststärke in Bezug auf diese Hypothese.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich auf neurophysiologischer Ebene deutliche Unterschiede beim Vergleich von expliziten mit impliziten Aufmerksamkeitsprozessen abzeichnen, während auf der Verhaltensebene keine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Aufmerksamkeitsprozessen (implizit vs. explizit) möglich ist. Der Befund, dass sich die neurophysiologischen Unterschiede bei mehreren EKP zeigen, spricht für die Zuverlässigkeit dieses Unterschieds. Auch die Effektstärken für den Vergleich der Gruppen in der inkongruenten Bedingung des Flanker-Paradigmas sprechen für die Zuverlässigkeit der gefundenen Unterschiede. Anhand dieser starken Effekte auf der Ebene der EKP drängt sich die Frage auf, weshalb sich diese Unterschiede nicht auf der Verhaltensebene widerspiegeln. Diese Frage leitet zu den Limitationen der vorliegenden Studie über.

## 4.8 Limitationen

Für die Erklärung der Diskrepanz der Ergebnisse auf der Ebene der EKP sowie auf der Verhaltensebene sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen. Zum einen das Untersuchungssetting: Die Annahme, dass Erwachsene mit einer ADHS ein stärkeres Aufmerksamkeitsdefizit im Bereich der impliziten Aufmerksamkeit haben sollten, wurde hauptsächlich anhand von Studien begründet, die zeigen konnten, dass Erwachsene mit einer ADHS beim Autofahren wesentlich mehr Verkehrsverstöße aufweisen als Gesunde. Bei diesen Studien scheint es ein Verhaltenskorrelat für die Beeinträchtigung der impliziten Aufmerksamkeit zu geben. Die Studien zum Fahrverhalten sind jedoch quasiexperimenteller Natur. Die Situationen, in denen das Verhalten der Patienten untersucht wurde, waren wesentlich komplexer und damit fordernder als in der vorliegenden Untersuchung, bei der die Aufmerksamkeit rein experimentell untersucht wurde. Der Einfluss der Unaufmerksamkeit ist in solchen „natürlichen“ Situationen wie dem Autofahren mit hoher Wahrscheinlichkeit größer, als in Laborsituationen, in denen die Patienten den Aufgabencharakter besser wahrnehmen und strategischer vorgehen als in der realen Umgebung. Es ist daher davon auszugehen, dass der Einfluss von Unaufmerksamkeit in den Experimenten dieser Studie nicht so stark gewesen ist wie in natürlichen Situationen. Ein weiterer Aspekt, der mit dem Ersten in Zusammenhang steht, ist die Aufgabenschwierigkeit. Die Quote richtiger Antworten beim Stroop-Paradigma war sehr hoch und die Gesunden zeigten keinen Inkongruenzeffekt. Die Patienten wiesen hier zwar einen Inkongruenzeffekt auf, die Leistung war jedoch ebenfalls sehr gut. Es könnte demnach sein, dass die Aufgabenschwierigkeit zu gering war und deshalb die Defizite im Bereich der Unaufmerksamkeit der Patienten nicht

sichtbar wurden. Schließlich könnte eine Ursache in dem Morbiditätsniveau der Patienten liegen. ADHS bei Erwachsenen geht mit einem hohen Anteil an komorbidien Erkrankungen einher (Wilens et al., 2009), in der aktuellen Stichprobe waren komorbide Erkrankungen jedoch ein Ausschlusskriterium. Möglicherweise verfügen die Patienten in der vorliegende Studie über gute Kompensations- und Coping-Strategien. Diese Annahme wird durch das hohe Bildungsniveau der Stichprobe bestärkt. Nach Sobanksi und Kollegen (2008) haben Erwachsene mit einer ADHS eigentlich ein niedrigeres Bildungsniveau als gleichaltrige Gesunde. In der vorliegenden Studie haben jedoch von 20 Personen neun Personen ein abgeschlossenes Hochschulstudium und fünf befinden sich noch im Studium. Das Bildungsniveau der beiden Gruppen ist daher sehr hoch. Es ist somit davon auszugehen, dass die vorliegende Stichprobe von Erwachsenen mit einer ADHS nicht repräsentativ war. Das niedrige Morbiditätsniveau der Patienten könnte somit ebenfalls eine mögliche Erklärung dafür sein, warum auf der Verhaltensebene kein Unterschied zwischen Gesunden und Patienten gefunden werden konnte. Zusammenfassend ist die Vermutung gut begründet, dass die durch die Unaufmerksamkeit verursachte Varianz in den Verhaltensdaten zu gering war, um einen statistisch signifikanten Effekt zu erzeugen.

In Bezug auf die Diskrepanz zwischen den Verhaltensdaten und den Daten der EKP scheint es sinnvoll, noch eine andere Perspektive bei der Betrachtung dieser Diskrepanz einzunehmen. So erscheint die Diskrepanz aus einer ätiologischen Perspektive verständlicher. Es gibt Evidenzen dafür, dass es sich bei der ADHS um eine Störung der neurologischen Entwicklung handelt (Szurimi, Czobor, Komlosi, & Bitter, 2011). In einer zehn Jahres-Longitudinalstudie von Castellanos und Kollegen (2002), die strukturelle Veränderungen anhand bildgebender Verfahren untersuchte, zeigte sich bei ADHS-Patienten neben signifikant kleineren Hirnvolumina entwicklungsbedingte Trajektorien für alle Hirnstrukturen. Diesen Befunden zufolge stehen am Beginn der Erkrankung neurobiologische Defizite, die sich auch auf einer elektrophysiologischen Ebene zeigen. In Anbetracht der Tatsache, dass sich die ADHS im Verlauf des Erwachsenenalters verändert und beispielsweise die Hyperaktivität eher in den Hintergrund tritt, könnte postuliert werden, dass sich das symptomspezifische Verhalten der Patienten im Rahmen der Entwicklung verändert und in manchen Bereichen zurückbildet bzw. kompensiert wird, wohingegen auf der neurobiologischen Ebene Defizite weiterhin bestehen bleiben. Die Persistenz neurobiologischer Anomalien in Zusammenhang mit der Veränderung der beobachtbaren Symptome könnte erklären, warum auf der elektrophysiologischen Ebene Unterschiede zwischen Gesunden und Patienten gefunden wurden, auf der Verhaltensebene jedoch nicht. Diese Annahme bedarf jedoch weiterer empirischer Überprüfung. Dies spräche dafür, neurobiologische und/oder elektrophysiologische Indikatoren als Diagnosekriterien vor allem bei entwicklungsbedingten psychischen Erkrankungen in die diagnostischen Systeme ICD-10 sowie DSM-IV zu integrieren.

## 4.9 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass Erwachsene mit einer ADHS ein spezifisches Defizit im Bereich der impliziten Aufmerksamkeit haben. Dieses Wissen kann durchaus für differentialdiagnostische Zwecke eingesetzt werden. Letztlich bedürfen die in der vorliegenden Arbeit gefundenen Effekte jedoch weiterer empirischer Bestätigung, bevor sie zuverlässig zur Verbesserung der Diagnostik und der Therapie eingesetzt werden können. Da die Differenzierung zwischen beiden unterschiedlichen Arten der Aufmerksamkeitslenkung nur auf der Ebene der EKP gefunden werden konnte, sollte in nachfolgenden Untersuchungen der Schwerpunkt darauf liegen, diesen Unterschied auch auf der Verhaltensebene sichtbar zu machen. Diesbezüglich scheinen zwei Ansätze wesentlich zu sein: zum einen sollte in Folgeuntersuchungen die Aufgabenschwierigkeit erhöht werden. Dies könnte zum einen durch eine verkürzte Darbietungszeit der Reize erreicht werden. Zum anderen wäre es interessant, die beiden experimentellen Paradigmen nicht blockweise und getrennt voneinander darzubieten, sondern zu mischen. Die Probanden bekämen sowohl Reize des Stroop- als auch Reize des Flanker-Paradigmas im Wechsel dargeboten. Dadurch sollte die Entwicklung bestimmter Antwort- oder Verarbeitungsstrategien erschwert werden, wodurch der Kontrast zwischen Gesunden und Patienten vergrößert werden könnte. Der zweite Ansatz besteht in der Erhöhung der externen Validität, indem die Ausschlusskriterien weiter gefasst werden und auch Patienten mit komorbidien Erkrankungen untersucht werden. So wäre eine Entwicklung von Studien mit hoher interner Validität, wie die aktuelle, hin zu Studien mit hoher externer Validität denkbar. Des Weiteren wäre es sinnvoll, eine Unterscheidung impliziter und expliziter Aufmerksamkeitsprozesse anhand anderer Untersuchungsparadigmen vorzunehmen, beispielsweise durch exogene und endogene Cueing-Paradigmen(Posner, Snyder, & Davidson, 1980). Bei exogenen Cues wird die Aufmerksamkeit automatisch und nicht willentlich gelenkt, wie etwa durch einen Lichtblitz. Bei einem endogenen Cue ist eine Interpretation des Cues erforderlich, die willentlich erfolgt, wie dies bei einem Pfeil der Fall wäre (Müller & Rabbitt, 1989). Ist die implizite Aufmerksamkeit bei Erwachsenen mit einer ADHS tatsächlich stärker beeinträchtigt, dann sollte der Gruppenunterschied zwischen Erwachsenen mit einer ADHS und Gesunden bei der Verwendung exogener Cues größer sein als bei endogenen Cues. Letztlich wäre auch ein Vergleich in Bezug auf die beiden genannten Aufmerksamkeitsprozesse zwischen ADHS-Patienten und Patienten anderer Störungsbilder wichtig, um die Ergebnisse differentialdiagnostisch einsetzen zu können.

Zuletzt ist zu erwähnen, dass sich die Patienten in Bezug auf die experimentellen Paradigmen auf der Verhaltensebene zwar nicht unterschieden, anhand der klinischen Diagnostik beide Gruppen jedoch klar differenziert werden konnten. Der Nachweis von Unterschieden auf der Ebene der EKP in Kombination mit den Unterschieden auf der klinischen Ebene verdeutlicht im Übrigen die Sinnhaftigkeit und gute Evidenz von Therapieformen wie dem Neurofeedback(Arns, de Ridder, Strehl, Breteler, & Coenen,

2009), die auf die Veränderung elektrophysiologischer Komponenten wie die EKP, ausgerichtet sind.

## 5 Literaturverzeichnis

- Aragones, E., Lluis Pinol, J., Ramos-Quiroga, J. A., Lopez-Cortacans, G., Caballero, A., & Bosch, R. (2010). Prevalence in adults of attention deficit hyperactivity disorder using the medical records of primary care. *Rev Esp Salud Publica*, 84(4), 417-422.
- Arns, M., de Ridder, S., Strehl, U., Breteler, M., & Coenen, A. (2009). Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. [Meta-Analysis]. *Clinical EEG and neuroscience : official journal of the EEG and Clinical Neuroscience Society*, 40(3), 180-189.
- Atkinson, R. C., Hermann, D. J., & Wescourt, K. T. (1974). Search processes in recognition memory. In R. L. Solso (Ed.), *Theories in cognitive psychology: The Loyola Symposium*. Oxford England: Lawrence Erlbaum.
- Atkinson, R. C., & Juola, J. F. (1974). Search and decision processes in recognition memory. In D. H. Krantz, R. C. Atkinson, R. D. Luce & P. Suppes (Eds.), *Contemporary developments in mathematical psychology: I. Learning, memory and thinking*. Oxford England: W. H. Freeman.
- Balogh, L., Komlosi, S., Papp, S., Tombor, L., Simon, V., & Czobor, P. (2010). [Event-related potentials associated with error detection in adult ADHD--literature review]. [Review]. *Psychiatria Hungarica : A Magyar Pszichiatriai Tarsaság tudományos folyoirata*, 25(2), 142-153.
- Barkley, R. A., Guevremont, D. C., Anastopoulos, A. D., DuPaul, G. J., & Shelton, T. L. (1993). Driving-related risks and outcomes of attention deficit hyperactivity disorder in adolescents and young adults: a 3- to 5-year follow-up survey. *Pediatrics*, 92(2), 212-218.
- Beck, N., Warnke, A., Kruger, H. P., & Barglik, W. (1996). [Hyperkinetic syndrome and behavioral disorders in street traffic: a case control pilot study]. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother*, 24(2), 82-91.
- Bell, A. S. (2010). A critical review of ADHD diagnostic criteria: what to address in the DSM-V. *J Atten Disord*, 15(1), 3-10.
- Bohus, M., Kleindienst, N., Limberger, M. F., Stieglitz, R. D., Domsalla, M., Chapman, A. L., et al. (2009). The short version of the Borderline Symptom List (BSL-23): development and initial data on psychometric properties. *Psychopathology*, 42(1), 32-39.
- Bohus, M., Limberger, M. F., Frank, U., Chapman, A. L., Kühler, T., & Stieglitz, R.-D. (2007). Psychometric Properties of the Borderline Symtom List (BSL). *Psychopathology*, 40, 126-132.
- Braverman, E. R., Chen, T. J., Schoolfield, J., Martinez-Pons, M., Arcuri, V., Varshavskiy, M., et al. (2006). Delayed P300 latency correlates with abnormal Test of

- Variables of Attention (TOVA) in adults and predicts early cognitive decline in a clinical setting. *Adv Ther*, 23(4), 582-600.
- Bryce, D., Szűcs, D., Soltész, F., & Whitebread, D. (2011). The development of inhibitory control: An averaged and single-trial Lateralized Readiness Potential study. *Neuroimage*, 57(3), 671-685.
- Bush, G., Frazier, J. A., Rauch, S. L., Seidman, L. J., Whalen, P. J., Jenike, M. A., et al. (1999). Anterior cingulate cortex dysfunction in attention-deficit/hyperactivity disorder revealed by fMRI and the Counting Stroop. *Biological Psychiatry*, 45(12), 1542-1552.
- Castellanos, F. X., Lee, P. P., Sharp, W., Jeffries, N. O., Greenstein, D. K., Clasen, L. S., et al. (2002). Developmental trajectories of brain volume abnormalities in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *JAMA*, 288(14), 1740-1748.
- Cattell, J. M. (1986). The Time it takes to see and name objects. *Mind*, 11, 63-65.
- Coles, M. G. H., Gratton, G., & Fabiani, M. (1990). Event-related brain potentials. In J. T. C. L. G. Tassinary (Ed.), *Principles of psychophysiology: Physical, social, and inferential elements* (pp. 413-455). New York, NY, US: Cambridge University Press.
- Cox, D. J., Humphrey, J. W., Merkel, R. L., Penberthy, J. K., & Kovatchev, B. (2004). Controlled-release methylphenidate improves attention during on-road driving by adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Board Fam Pract*, 17(4), 235-239.
- Cox, D. J., Merkel, R. L., Kovatchev, B., & Seward, R. (2000). Effect of stimulant medication on driving performance of young adults with attention-deficit hyperactivity disorder: a preliminary double-blind placebo controlled trial. *J Nerv Ment Dis*, 188(4), 230-234.
- Cox, D. J., Merkel, R. L., Penberthy, J. K., Kovatchev, B., & Hankin, C. S. (2004). Impact of methylphenidate delivery profiles on driving performance of adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a pilot study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 43(3), 269-275.
- Danielmeier, C., Wessel, J. R., Steinhauser, M., & Ullsperger, M. (2009). Modulation of the error-related negativity by response conflict. *Psychophysiology*, 46(6), 1288-1298.
- Das, D., Cherbuin, N., Butterworth, P., Anstey, K. J., & Easteal, S. (2012). A population-based study of attention deficit/hyperactivity disorder symptoms and associated impairment in middle-aged adults. *PLoS One*, 7(2), e31500.
- Dopheide, J. A., & Pliszka, S. R. (2009). Attention-deficit-hyperactivity disorder: an update. *Pharmacotherapy*, 29(6), 656-679.

- Doyle, A. E., Willcutt, E. G., Seidman, L. J., Biederman, J., Chouinard, V. A., Silva, J., et al. (2005). Attention-deficit/hyperactivity disorder endophenotypes. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1324-1335.
- Duncan-Johnson, C. C. (1981). P300 latency: A new metric of information processing. *Psychophysiology*, 18(3), 207-215.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., & Blanke, L. (1991). Effects of crossmodal divided attention on late ERP components: II. Error processing in choice reaction tasks. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 78(6), 447-455.
- Fayyad, J., De Graaf, R., Kessler, R., Alonso, J., Angermeyer, M., Demyttenaere, K., et al. (2007). Cross-national prevalence and correlates of adult attention-deficit hyperactivity disorder. *Br J Psychiatry*, 190, 402-409.
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G., & Meyer, D. E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 4(6), 385-390.
- Gratton, G., Coles, M. G., Sirevaag, E. J., Eriksen, C. W., & Donchin, E. (1988). Pre- and poststimulus activation of response channels: a psychophysiological analysis. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 14(3), 331-344.
- Gratton, G., Coles, M. G. H., & Donchin, E. (1992). Optimizing the use of information: Strategic control of activation of responses. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121(4), 480-506.
- Halperin, J. M., Sharma, V., Greenblatt, E., & Schwartz, S. T. (1991). Assessment of the Continuous Performance Test: Reliability and validity in a nonreferred sample. *Psychological Assessment: A Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 3(4), 603-608.
- Hart, E. L., Lahey, B. B., Loeber, R., Applegate, B., & Frick, P. J. (1995). Developmental change in attention-deficit hyperactivity disorder in boys: a four-year longitudinal study. *J Abnorm Child Psychol*, 23(6), 729-749.
- Herrmann, M. J., Mader, K., Schreppel, T., Jacob, C., Heine, M., Boreatti-Hummer, A., et al. (2009). Neural correlates of performance monitoring in adult patients with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *World J Biol Psychiatry*, 1-8.
- Herrmann, M. J., Römmler, J., Ehils, A. C., & Fallgatter, A. J. (2004). Source localization (LORETA) of the error-related-negativity (ERN/Ne) and positivity (Pe). *Brain Res Cogn Brain Res.*, 20(2), 294-299.
- Hesslinger, B., Philipsen, A., Richter, H., & Ebert, D. (2003). Zur Psychotherapie der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) bei Erwachsenen. *Verhaltenstherapie*, 13, 276-282.
- Hesslinger, B., Tebartz van Elst, L., Thiel, T., Haeghele, K., Hennig, J., & Ebert, D. (2002). Frontoorbital volume reductions in adult patients with attention deficit hyperactivity disorder. *Neurosci Lett*, 328(3), 319-321.

- Hirsh, J. B., & Inzlicht, M. (2010). Error-related negativity predicts academic performance. *Psychophysiology, 47*(1), 192-196.
- Hodgkins, P., Montejano, L., Sasane, R., & Huse, D. (2011). Cost of illness and comorbidities in adults diagnosed with attention-deficit/hyperactivity disorder: a retrospective analysis. *Prim Care Companion CNS Disord, 13*(2).
- Holtmann, M., Stadler, C., Leins, U., Strehl, U., Birbaumer, N., & Poustka, F. (2004). Neurofeedback for the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) in childhood and adolescence. [Review]. *Zeitschrift fur Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie, 32*(3), 187-200.
- Hsieh, S., Li, T.-H., & Tsai, L.-L. (2010). Impact of Monetary incentives on Cognitive Performance and Error Monitoring following Sleep Deprivation. *Sleep, 33*(4).
- Ilan, A. B., & Polich, J. (1999). P300 and response time from a manual Stroop task. *Clinical Neurophysiology, 110*(2), 367-373.
- Isintas, M., Ak, M., Erdem, M., Oz, O., & Ozgen, F. (2012). [Event-related potentials in major depressive disorder: the relationship between P300 and treatment response]. *Turk Psikiyatri Derg, 23*(1), 33-39.
- Jacob, C. P., Philipsen, A., Ebert, D., & Deckert, J. (2008). Multimodal treatment of adult attention-deficit hyperactivity disorder. *Nervenarzt, 79*(7), 801-808.
- King, J. A., Colla, M., Brass, M., Heuser, I., & von Cramon, D. (2007). Inefficient cognitive control in adult ADHD: evidence from trial-by-trial Stroop test and cued task switching performance. *Behav Brain Funct, 3*, 42.
- Klem, G. H., Luders, H. O., Jasper, H. H., & Elger, C. (1999). The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl, 52*, 3-6.
- Kotchoubey, B. (2002). Do Event-Related Brain Potentials Reflect Mental (Cognitive) Operations? *Journal of Psychophysiology, 16*, 129-149.
- Krause, J., & Krause, K.-H. (Eds.). (2009). *ADHS im Erwachsenenalter* (3 ed.). Stuttgart: Schattauer.
- Krause, K. H., Krause, J., & Trott, G. E. (1998). Hyperkinetic syndrome (attention deficit-/hyperactivity disorder) in adulthood. *Nervenarzt, 69*(7), 543-556.
- Lansbergen, M. M., Kenemans, J. L., & van Engeland, H. (2007). Stroop interference and attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and meta-analysis. *Neuropsychology, 21*(2), 251-262.
- Larson, M. J., Clayson, P. E., & Baldwin, S. A. (2012). Performance monitoring following conflict: Internal adjustments in cognitive control? *Neuropsychologia, 50*(3), 426-433.

- Leins, U., Hinterberger, T., Kaller, S., Schober, F., Weber, C., & Strehl, U. (2006). Neurofeedback for children with ADHD: a comparison of SCP- and theta/beta-protocols. *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie*, 55(5), 384-407.
- Magliero, A., Bashore, T. R., Coles, M. G., & Donchin, E. (1984). On the dependence of P300 latency on stimulus evaluation processes. *Psychophysiology*, 21(2), 171-186.
- Masaki, H., Murphy, T. I., Desjardins, J. A., & Segalowitz, S. J. (2012). The error-related negativity associated with different strength of stimulus-response interference. *Clinical Neurophysiology*, 123(4), 689-699.
- McGough, J. J., & Barkley, R. A. (2004). Diagnostic controversies in adult attention deficit hyperactivity disorder. *Am J Psychiatry*, 161(11), 1948-1956.
- McGough, J. J., Smalley, S. L., McCracken, J. T., Yang, M., Del'Homme, M., Lynn, D. E., et al. (2005). Psychiatric comorbidity in adult attention deficit hyperactivity disorder: findings from multiplex families. *Am J Psychiatry*, 162(9), 1621-1627.
- McPherson, D. L., & Salamat, M. T. (2004). Interactions among Variables in the P300 Response to a Continuous Performance Task in Normal and ADHD Adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, 15(10), 666-677.
- Meszaros, A., Czobor, P., Balint, S., Komlosi, S., Simon, V., & Bitter, I. (2009). Pharmacotherapy of adult attention deficit hyperactivity disorder (ADHD): a meta-analysis. *Int J Neuropsychopharmacol*, 12(8), 1137-1147.
- Meyer, D. E., Osman, A. M., Irwin, D. E., & Yantis, S. (1988). Modern mental chronometry. *Biological Psychology*, 26(1-3), 3-67.
- Muir, W. J., St Clair, D. M., & Blackwood, D. H. (1991). Long-latency auditory event-related potentials in schizophrenia and in bipolar and unipolar affective disorder. *Psychol Med*, 21(4), 867-879.
- Mullane, J. C., Corkum, P. V., Klein, R. M., & McLaughlin, E. (2009). Interference control in children with and without ADHD: a systematic review of Flanker and Simon task performance. *Child Neuropsychol*, 15(4), 321-342.
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(2), 315-330.
- Murphy, K., & Barkley, R. A. (1996). Attention deficit hyperactivity disorder adults: comorbidities and adaptive impairments. *Compr Psychiatry*, 37(6), 393-401.
- Neuhaus, A. H., Koehler, S., Opgen-Rhein, C., Urbanek, C., Hahn, E., & Dettling, M. (2007). Selective anterior cingulate cortex deficit during conflict solution in schizophrenia: An event-related potential study. *Journal of Psychiatric Research*, 41(8), 635-644.

- Oncü, B., & Olmez, S. (2004). Neuropsychological findings in adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Turk Psikiyatri Dergisi*, 15(1), 41-46.
- Philipsen, A., Tebartz van Elst, L., Lesch, K. P., Jans, T., & Warnke. (2009). Wirksamkeit und Wirkmechanismen von Psychotherapie bei der Behandlung der Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS) bei Kindern und Erwachsenen. *Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie*, 59(3-4), 132-140.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109(2), 160-174.
- Retz-Junginger, P., Retz, W., Blocher, D., Stieglitz, R. D., Georg, T., Supprian, T., et al. (2003). Reliability and validity of the Wender-Utah-Rating-Scale short form. Retrospective assessment of symptoms for attention deficit/hyperactivity disorder. *Nervenarzt*, 74(11), 987-993.
- Retz-Junginger, P., Retz, W., Blocher, D., Weijers, H. G., Trott, G. E., Wender, P. H., et al. (2002). [Wender Utah rating scale. The short-version for the assessment of the attention-deficit hyperactivity disorder in adults]. *Nervenarzt*, 73(9), 830-838.
- Retz-Junginger, P., Retz, W., Schneider, M., Schwitzgebel, P., Steinbach, E., Hengesch, G., et al. (2007). [Gender differences in self-descriptions of child psychopathology in attention deficit hyperactivity disorder]. *Nervenarzt*, 78(9), 1046-1051.
- Rosenfeld, J. P., & Skogsberg, K. R. (2006). P300-based Stroop study with low probability and target Stroop oddballs: The evidence still favors the response selection hypothesis. *International Journal of Psychophysiology*, 60(3), 240-250.
- Rösler, M., Retz-Junginger, P., Retz, W., & Stieglitz, R. D. (2008). *HASE Homburger ADHS-Skalen fuer Erwachsene Untersuchungsverfahren zur syndromalen und kategorialen Diagnostik der Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Erwachsenenalter*.
- Rösler, M., & Retz, W. (2006a). Die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Erwachsenenalter: Allgemeine Grundlagen, Epidemiologie, Psychopathologie, Klassifikation, Verlauf, Neurobiologie und soziale Adaptation. [Journal Article; Literature (1; 99)]. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*, 54(2), 77-86.
- Rösler, M., & Retz, W. (2006b). Die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Erwachsenenalter. *Zeitschrift fuer Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*, 54, 77-86.
- Rösler, M., Retz, W., Retz-Junginger, P., Stieglitz, R. D., Kessler, H., Reimherr, F., et al. (2008). ADHS-Diagnose bei Erwachsenen: Nach DSM-IV, ICD-10 und den UTAH-Kriterien. *Nervenarzt*, 79(3), 320-327.
- Rösler, M., Retz, W., Retz-Junginger, P., Thome, J., Supprian, T., Nissen, T., et al. (2004). Instrumente zur Diagnostik der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung

- (ADHS) im Erwachsenenalter: Selbstbeurteilungsskala (ADHS-SB) und Diagnosecheckliste (ADHS-DC). *Nervenarzt*, 75(9), 888-895.
- Ruchsow, M., Herrnberger, B., Beschoner, P., Grön, G., Spitzer, M., & Kiefer, M. (2006). Error processing in major depressive disorder: Evidence from event-related potentials. *Journal of Psychiatric Research*, 40(1), 37-46.
- Saß, H., Wittchen, H. U., Zaudig, M., & Houben, I. (Eds.). (2003). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen – Textrevision- DSM-IV-TR*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Schlander, M., Trott, G.-E., & Schwarz, O. (2010). Gesundheitsökonomie der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung in Deutschland. *Nervenarzt*, 81, 289-300.
- Schmidt, S., & Petermann, F. (2009). Developmental psychopathology: Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). *BMC Psychiatry*, 9, 58.
- Schwartz, K., & Verhaeghen, P. (2008). ADHD and Stroop interference from age 9 to age 41 years: a meta-analysis of developmental effects. *Psychological medicine*, 38(11), 1607-1616.
- Seidel, W. T., & Joschko, M. (1990). Evidence of difficulties in sustained attention in children with ADDH. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 18(2), 217-229.
- Shen, X. (2006). P300 and response time from the colored kanji Stroop task. *International Journal of Neuroscience*, 116(12), 1481-1490.
- Smid, H. G., Mulder, G., & Mulder, L. J. (1990). Selective response activation can begin before stimulus recognition is complete: A psychophysiological and error analysis of continuous flow. *Acta Psychologica*, 74(2-3), 169-201.
- Sobanski, E., Bruggemann, D., Alm, B., Kern, S., Philipsen, A., Schmalzried, H., et al. (2008). Subtype differences in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) with regard to ADHD-symptoms, psychiatric comorbidity and psychosocial adjustment. *Eur Psychiatry*, 23(2), 142-149.
- Sobanski, E., Sabljic, D., Alm, B., Skopp, G., Kettler, N., Mattern, R., et al. (2008). Driving-related risks and impact of methylphenidate treatment on driving in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *J Neural Transm*, 115(2), 347-356.
- Steinhausen, H. C. (2003). Attention-deficit hyperactivity disorder in a life perspective. *Acta Psychiatr Scand*, 107(5), 321-322.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extension of Donder's method. In W. G. Koster (Ed.), *Attention and performance II* (pp. 276-315). Amsterdam: North-Holland.
- Sternberg, S. (1975). Memory scanning: New findings and current controversies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27(1), 1-32.

- Stevenson, C. S., Whitmont, S., Bornholt, L., Livesey, D., & Stevenson, R. J. (2002). A cognitive remediation programme for adults with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Aust N Z J Psychiatry*, 36(5), 610-616.
- Strehl, U., Leins, U., Goth, G., Klinger, C., Hinterberger, T., & Birbaumer, N. (2006). Self-regulation of slow cortical potentials: a new treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 118(5), e1530-1540.
- Strehl, U., Trevorrow, T., Veit, R., Hinterberger, T., Kotchoubey, B., Erb, M., et al. (2006). Deactivation of brain areas during self-regulation of slow cortical potentials in seizure patients. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 31(1), 85-94.
- Sumi, N., Nan'no, H., Fujimoto, O., Ohta, Y., & Takeda, M. (2000). Interpeak latency of auditory event-related potentials (P300) in senile depression and dementia of the Alzheimer type. *Psychiatry Clin Neurosci*, 54(6), 679-684.
- Szűcs, D., Soltész, F., Bryce, D., & Whitebread, D. (2009). Real-time tracking of motor response activation and response competition in a Stroop task in young children: A lateralized readiness potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(11), 2195-2206.
- Szuromi, B., Czobor, P., Komlosi, S., & Bitter, I. (2011). P300 deficits in adults with attention deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis. [Meta-Analysis]. *Psychological medicine*, 41(7), 1529-1538.
- Tanaka, H., Masaki, H., Takasawa, N., & Yamazaki, K. (2002). The relationship between the error-related negativity (ERN) and mental resource allocation in the error-related processes. *Japanese Journal of Physiological Psychology and Psychophysiology*, 20(1), 29-37.
- Tanaka, H., Mochizuki, Y., Masaki, H., Takasawa, N., & Yamazaki, K. (2005). A study of attentional resource of discrete and gradational allocation strategy using error-related negativity (ERN). *Japanese Journal of Psychology*, 76(1), 43-50.
- Taylor, P. C. J., Nobre, A. C., & Rushworth, M. F. S. (2007). Subsecond changes in top-down control exerted by human medial frontal cortex during conflict and action selection: A combined transcranial magnetic stimulation-electroencephalography study. *The Journal of Neuroscience*, 27(42), 11343-11353.
- Tillman, C. M., & Wiens, S. (2011). Behavioral and ERP indices of response conflict in Stroop and flanker tasks. *Psychophysiology*, 48(10), 1405-1411.
- van Mourik, R., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2005). The stroop revisited: A meta-analysis of interference control in AD/HD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(2), 150-165.
- Vasic, N., Plichta, M. M., Wolf, R. C., Fallgatter, A. J., Sosic-Vasic, Z., & Gron, G. (2012). Reduced Neural Error Signaling in Left Inferior Prefrontal Cortex in Young Adults With ADHD. *J Atten Disord*.

- Vidal, F., Burle, B., Bonnet, M., Grapperon, J., & Hasbroucq, T. (2003). Error negativity on correct trials: A reexamination of available data. *Biological Psychology*, 64(3), 265-282.
- Weiβ, R. H. (2006). *Grundintelligenztest Skala 2 -Revision- (CFT 20-R)*. Göttingen.
- Wender, E. H. (1995). Attention-deficit hyperactivity disorders in adolescence. [Review]. *Journal of developmental and behavioral pediatrics : JDBP*, 16(3), 192-195.
- Wender, P. H., Reimherr, F. W., & Wood, D. R. (1981). Attention deficit disorder ('minimal brain dysfunction') in adults. A replication study of diagnosis and drug treatment. *Arch Gen Psychiatry*, 38(4), 449-456.
- Wender, P. H., Ward, M. F., Reimherr, F. W., & Marchant, B. K. (2000). ADHD in adults. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 39(5), 543.
- West, R., & Travers, S. (2008). Tracking the temporal dynamics of updating cognitive control: An examination of error processing. *Cerebral Cortex*, 18(5), 1112-1124.
- Wilens, T. E., Biederman, J., Faraone, S. V., Martelon, M., Westerberg, D., & Spencer, T. J. (2009). Presenting ADHD symptoms, subtypes, and comorbid disorders in clinically referred adults with ADHD. *J Clin Psychiatry*, 70(11), 1557-1562.
- Wittchen, H. U., Zaudig, M., & Fydrich, T. (1997). *Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV* Göttingen: Hogrefe.
- Wood, D., Wender, P. H., & Reimherr, F. W. (1983). The prevalence of attention deficit disorder, residual type, or minimal brain dysfunction, in a population of male alcoholic patients. *Am J Psychiatry*, 140(1), 95-98.
- Wood, D. R., Reimherr, F. W., Wender, P. H., & Johnson, G. E. (1976). Diagnosis and treatment of minimal brain dysfunction in adults: a preliminary report. *Arch Gen Psychiatry*, 33(12), 1453-1460.
- Zeef, E. J., Sonke, C. J., Kok, A., Buiten, M. M., & Kenemans, J. L. (1996). Perceptual factors affecting age-related differences in focused attention: performance and psychophysiological analyses. *Psychophysiology*, 33(5), 555-565.
- Zhang, J. S., Wang, Y., Cai, R. G., & Yan, C. H. (2009). The brain regulation mechanism of error monitoring in impulsive children with ADHD--an analysis of error related potentials. *Neurosci Lett*, 460(1), 11-15.

## 6 Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen

EEG	Elektroenzephalogramm
EKP	Ereigniskorrelierte Potentiale
ERN	Error Related Negativity / Fehlernegativierung
LRP	Lateralisiertes Bereitschaftspotential
ms	Millisekunden
PK	Prozent korrekter Antworten
RZ	Reaktionszeit
S-LRP	Stimulusbezogenes Lateralisiertes Bereitschaftspotential

## Anhang A

Medizinische Fakultät

Institut für Medizinische Psychologie und  
Verhaltensneurobiologie  
Leiter: Prof. Dr. N. Birbaumer

EBERHARD KARLS

UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



Universität Tübingen · Gartenstr.29 · 72074 Tübingen

Ansprechpartner: Frank Nonnenmacher  
und Tina Betschinger  
Tel.: 07071-2975906  
[cds@uni-tuebingen.de](mailto:cds@uni-tuebingen.de)

Projektleiter Prof. Dr. Boris Kotchoubey  
Tel. 07071 – 29 74221  
[Boris.kotchoubey@uni-tuebingen.de](mailto:Boris.kotchoubey@uni-tuebingen.de)

Prüfarzt: Prof. Dr. W. Larbig

### Informationen für Teilnehmer/innen

#### **Aufmerksamkeit und Impulsivität bei Erwachsenen mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung Messung elektrophysiologischer Korrelate**

Sehr geehrte Dame, sehr geehrter Herr,

wir bedanken uns für Ihr Interesse an der oben genannten Studie des Instituts für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen. Die Studie ist Teil eines größeren Projekts, welches sich mit der Diagnostik sowie der Behandlung der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Erwachsenenalter auf neuro- sowie elektrophysiologischer Ebene beschäftigt. Die Studie wird durch die Christoph-Dornier-Stiftung für Klinische Psychologie gefördert.

Im Folgenden werden **Hintergrund, Ziele und Methoden** sowie der erwartete **Nutzen** und mögliche **Risiken** dieser Studie dargestellt. Sollten Sie beim Verständnis irgendwelche Schwierigkeiten haben, können Sie sich jederzeit an den Projektleiter wenden.

#### Hintergrund und Ziele

An unserem Institut wird bereits seit vielen Jahren Forschung zu ADHS betrieben. Lange Zeit ging man davon aus, dass die Störung ausschließlich im Kindesalter besteht und sich mit dem Erwachsenenalter auswächst. Mittlerweile konnte anhand wissenschaftlicher Studien gezeigt werden, dass diese Krankheit bei bis zu **80% der Betroffenen auch im Erwachsenenalter bestehen bleibt**. Noch ist unser Wissen über diese Erkrankung vergleichsweise gering. Daher sind wir auf wissenschaftliche Studien angewiesen, um mehr über diese Erkrankung zu erfahren. Im Zentrum der aktuellen Studie stehen die beiden Kardinalsymptome dieser Erkrankung, das **Aufmerksamkeitsdefizit** sowie die **Impulsivität**. Diese beiden Symptome werden anhand wissenschaftlicher Methoden untersucht. Die daraus

gewonnenen Erkenntnisse könnten die diagnostischen sowie die therapeutischen Möglichkeiten für diese Erkrankung, erheblich verbessern.

In der Wissenschaft werden für solche Studien erkrankte Personen mit gesunden Personen verglichen. Daher benötigen wir Erwachsene die an ADHS erkrankt sind und Erwachsene, die nicht an dieser Erkrankung leiden.

#### **Methoden und Ablauf:**

Die Untersuchung wird an **4 bzw. 3 Tagen** stattfinden:

- **Tag 1:** diagnostische Untersuchung (Intelligenzquotient, ADHS-Diagnostik, Diagnostik anderer psychischer Erkrankungen); Dauer ca. 2,5 Stunden.
- **Tag 2:** Untersuchung der Aufmerksamkeit sowie eine Aufzeichnung ihres Elektro-Enzephalogramms (EEG); Dauer ca. 2,5 Stunden.
- **Tag 3:** Untersuchung der Impulsivität sowie eine Aufzeichnung ihres Elektro-Enzephalogramms (EEG); Dauer ca. 2,5 Stunden.
- **Tag 4:** **nur für die Patientengruppe:** Besprechung der diagnostischen Ergebnisse sowie Behandlungsempfehlung (**Teilnahme an Interventionsstudien möglich**); Dauer max. 1 Stunde.

#### **Risiko**

Mit der Messung des EEGs und der Reizdarbietung sind **keinerlei Risiken** verbunden.

#### **Erwarteter Nutzen**

Wir hoffen auf ein verbessertes Verständnis der Störung und damit auf eine Verbesserung der Diagnostik sowie der Behandlungsmöglichkeiten. Ihre Teilnahme hilft somit zukünftigen Patienten, die unter dieser Erkrankung leiden.

#### **Freiwilligkeit und Datenschutz**

Wenn Sie wünschen, informieren wir Sie nach der Durchführung des Experiments im Detail darüber, welche Ergebnisse wir erwarten und warum wir das Reizmaterial so ausgewählt haben, wie wir es Ihnen präsentiert haben.

Alle im Laufe der Untersuchung erhobenen Daten werden streng vertraulich behandelt. Die Speicherung erfolgt anonymisiert und ohne eine persönliche Kennung. Die ärztliche Schweigepflicht gilt für alle Mitarbeiter des Projektes.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig, Sie können Ihre Einwilligung jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen, ohne dass Ihnen daraus irgendwelche Nachteile entstehen werden. Auch wenn Sie die Teilnahme abbrechen, ist die Studie nicht gefährdet.

Der verantwortliche Versuchsleiter dieser Studie ist Prof. Dr. Boris Kotchoubey (Tel.: 07071/29-74221, [Boris.kotchoubey@uni-tuebingen.de](mailto:Boris.kotchoubey@uni-tuebingen.de)). Sollten Sie Fragen zur Teilnahme haben, wenden Sie sich bitte an Herrn Dipl.-Psych. Frank Nonnenmacher bzw. Frau Dipl.-Psych. Tina Betschinger (Tel.: 07071-2975906).

Medizinische Fakultät

Institut für Medizinische Psychologie und  
Verhaltensneurobiologie  
Leiter: Prof. Dr. N. Birbaumer

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



Universität Tübingen · Gartenstr.29 · 72074 Tübingen

Ansprechpartner: Frank Nonnenmacher  
und Tina Betschinger  
Tel.: 07071-2975906  
cds@uni-tuebingen.de

Projektleiter Prof. Dr. Boris Kotchoubey  
Tel. 07071 – 29 74221  
Boris.kotchoubey@uni-tuebingen.de

Prüfarzt: Prof. Dr. W. Larbig

## Einwilligungserklärung

### Aufmerksamkeit und Impulsivität bei Erwachsenen mit einer

### Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung

Messung elektrophysiologischer Korrelate

Mit dieser Unterschrift bestätige ich, über die möglichen Risiken sowie die Bedeutung der o. g. Studie aufgeklärt worden zu sein. Ich nehme freiwillig an der Studie teil und bin darüber informiert worden, dass ich meine Teilnahme an der Untersuchung jederzeit und ohne weitere Angabe von Gründen abbrechen kann und mir daraus keine Nachteile entstehen werden. Meine Daten werden vertraulich behandelt und alle Mitarbeiter des Projektes stehen unter der ärztlichen Schweigepflicht

---

(Name des Teilnehmers / der Teilnehmerin), Geburtsdatum

---

Datum, Ort

---

Unterschrift des/r Teilnehmers/Teilnehmerin

## Anhang B

Liebe Versuchsperson,

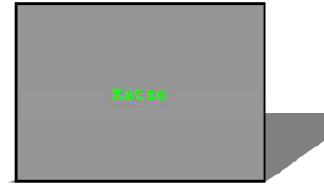
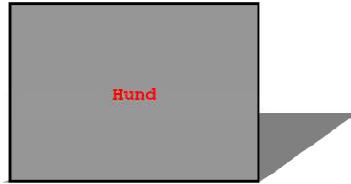
Ihnen werden folgende Reize über den Computerbildschirm präsentiert:

Hund, Katze, rot, grün,—

Diese Reize werden entweder in roter oder in grüner Farbe dargeboten.

Bitte drücken Sie die LINKE TASTE, wenn die Reize ROT sind!

Bitte drücken Sie die RECHTE TASTE, wenn die Reize GRÜN sind!



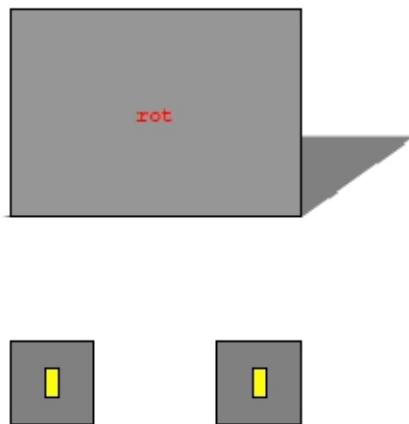
Linke Taste drücken!



Rechte Taste drücken!



Welche Taste müssen Sie drücken?



Bitte versuchen Sie immer so schnell und so richtig wie möglich zu reagieren!

Liebe Versuchsperson,

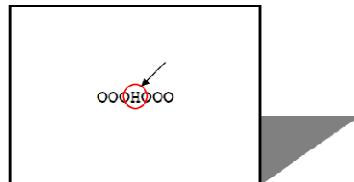
Ihnen werden folgende Buchstaben über den Computerbildschirm präsentiert:

H und Z

Diese Buchstaben werden in der MITTE des Bildschirms dargeboten.

Bitte drücken Sie die RECHTE TASTE, wenn ein H in der MITTE des Bildschirms erscheint!

Bitte drücken Sie die LINKE TASTE, wenn ein Z in der MITTE des Bildschirms erscheint!



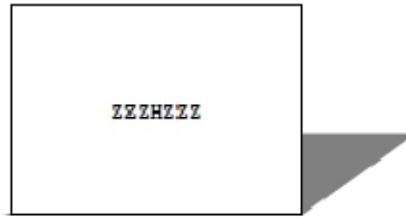
Rechte Taste drücken!



Linke Taste drücken!



Welche Taste müssen Sie drücken?



Bitte versuchen Sie immer so schnell und so richtig wie möglich zu reagieren!