

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie, Psychosomatik und
Psychotherapie
der Universität Würzburg
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. J. Deckert

**Präfrontale Aktivierungsmuster bei der
Emotionsregulationsstrategie der
Aufmerksamkeitslenkung
- Eine kombinierte EKP - fNIRS-Studie -**

**Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
vorgelegt von
Elisabeth Kiesel
aus Warburg
Würzburg, Mai 2017**

Referentenblatt

Referent: Prof. Dr. Martin J. Herrmann, Dipl. Psych.

Korreferent: Prof. Dr. rer. nat. Erhard Wischmeyer

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 06.06.2018

Die Promovendin ist Ärztin

Widmung

Für meine Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 1 |
| 1.1 | Emotionsregulation..... | 1 |
| 2 | THEORETISCHER HINTERGRUND | 3 |
| 2.1 | Abgrenzung des Emotionsregulationsbegriffs | 3 |
| 2.2 | Prozessmodell der Emotionsregulation nach James J. Gross | 3 |
| 2.2.1 | Situationsauswahl (situation selection) | 4 |
| 2.2.2 | Situationsmodifikation (situation modification) | 4 |
| 2.2.3 | Aufmerksamkeitslenkung (attentional deployment) | 5 |
| 2.2.4 | Kognitive Veränderung (cognitive change) | 5 |
| 2.2.5 | Antwortmodulation (Response modulation) | 6 |
| 2.3 | Neuronale Grundlagen von Emotion und Emotionsregulation | 7 |
| 2.3.1 | Die funktionelle Neuroanatomie der Emotion..... | 7 |
| 2.3.2 | Die funktionelle Neuroanatomie der Emotionsregulation..... | 12 |
| 2.3.2.1 | fMRT- Befunde zur Aufmerksamkeitsablenkung | 13 |
| 2.3.2.2 | EEG-Befunde zur Aufmerksamkeitslenkung | 15 |
| 3 | SPEZIFISCHE FRAGESTELLUNGEN UND HYPOTHESEN | 18 |
| 4 | MATERIAL UND METHODEN | 19 |
| 4.1 | Untersuchungsdesign..... | 19 |
| 4.1.1 | Stimulusmaterial..... | 19 |
| 4.1.2 | Versuchsplan..... | 19 |
| 4.1.3 | Trialabfolge..... | 20 |
| 4.2 | Abhängige Variablen..... | 21 |
| 4.2.1 | Ereigniskorrelierte Potentiale im EEG | 21 |
| 4.2.2 | Funktionelle Nahinfrarotspektroskopie (fNIRS) | 23 |
| 4.2.3 | Emotional Arousal | 25 |
| 4.3 | Untersuchungsablauf..... | 25 |
| 4.3.1 | Verwendete Fragebögen..... | 26 |
| 4.3.2 | Instruktion | 27 |
| 4.3.3 | Übung | 27 |
| 4.4 | Beschreibung der Stichprobe | 28 |
| 4.5 | Datenauswertung..... | 29 |
| 4.5.1 | Auswertung der EEG- Daten | 29 |
| 4.5.2 | Auswertung der fNIRS –Daten | 31 |
| 4.5.3 | Auswertung des emotionalen Arousal und der Nachbefragung..... | 33 |
| 5 | ERGEBNISSE | 34 |
| 5.1 | Subjektive Daten: emotionales Arousal und Nachbefragung..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2 EEG –Daten | 35 |
| 5.2.1 Das LPP..... | 36 |
| 5.3 NIRS –Daten | 38 |
| 5.3.1 Ergebnisse der „Betrachten“ -Bedingung..... | 38 |
| 5.3.2 Ergebnisse der „Regulations“- Bedingung als Strategie der Aufmerksamkeitslenkung..... | 41 |
| 5.3.3 Ergebnisse der Interaktion „Regulation vs. Betrachten“ | 43 |
| 6 DISKUSSION | 45 |
| 7 ZUSAMMENFASSUNG | 55 |
| 8 LITERATURVERZEICHNIS | 56 |
| 9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 70 |
| 10 TABELLENVERZEICHNIS | 71 |

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|-------------------|---|
| ACC | anteriöer cingulärer Kortex |
| BDI | Beck – Depression –Inventar |
| DLPFC | dorsolateraler Präfrontalkortex |
| VLPFC | ventrolateraler Präfrontalkortex |
| DMPFC | dorsomedialer Präfrontalkortex |
| EEG | Elektroencephalogramm |
| EIH | Edinburgh Inventory of Handedness |
| EKP | Ereignis –korreliertes Potenzial |
| EOG | Elektrookulogramm |
| EPN | Early posterior negativity |
| fMRT | funktionelle Magnet –Resonanz –Tomografie |
| fNIRS | funktionelle Nahinfrarotspektroskopie |
| HHb | desoxygeniertes Hämoglobin |
| HRF | haemodynamic response function |
| IAPS | International Affective Picture System |
| LPP | late positive potential |
| MWT | Mehrfachwahl- Wortschatztest |
| OFC | Orbitofrontaler Kortex |
| O ₂ Hb | oxygeniertes Hämoglobin |
| PANAS | Positive And Negative Affect Schedule |
| PET | Positronen –Emissions- Tomografie |
| PFC | Präfrontalkortex |
| rCBF | regional cerebral blood flow |
| SAM | Self- Assessment –Manikin |
| STAI | State –Trait –Angstinventar |
| VLPFC | Ventrolateraler Präfrontalkortex |
| VMPFC | Ventromedialer Präfrontalkortex |
| Vp(-n) | Versuchsperson(-en) |

1 Einleitung

1.1 *Emotionsregulation*

Im Supermarkt in einer langen Schlange an der Kasse zu stehen ist sicherlich keine angenehme Alltagssituation. Aber wenn dann auch noch ein ungeschickter Kassierer die Schlange immer länger werden lässt, merken wir wie Geduld schwindet und anfängliche leichte Verärgerung langsam doch zu deutlichem Ärger wird. Diese Veränderungen zeigen sich in unseren Gedanken, Gefühlen, unserem Verhalten und tatsächlich auch in unserem Körper. Der Blutdruck steigt, die Finger umfassen immer fester den Griff des Einkaufswagens und wir legen uns im Kopf einen entsprechenden Kommentar für den Kassierer zurecht. Aber im letzten Moment entscheiden wir uns zumeist doch tief durchzuatmen, sich auf die Zunge zu beißen und sich einen Kommentar zu verkneifen.

Alltägliche Anwendungen von Emotionsregulation, wie in der oben beschriebenen Situation, sind ein wichtiger Baustein im Gesamtgefüge unserer Zivilisation. Letzten Endes ist Zivilisation durch aufeinander abgestimmten sozialen Austausch definiert, der ständig fordert zu regulieren wie Emotionen erlebt und ausgedrückt werden (Gross 2007).

Im Alltag wenden wir ständig erfolgreich Emotionsregulationsstrategien an um im sozialen Gefüge agieren zu können. Wir denken an etwas Positives um uns nicht weiter ärgern zu müssen, wir unternehmen Freizeitaktivitäten nach einem anstrengenden Arbeitstag um positive Emotionen zu erfahren oder sprechen uns vor schwierigen Prüfungen Mut zu um die Angst zu verringern.

Die Auswirkungen misslungener Emotionsregulationsstrategien äußern sich ebenso im psychiatrischen Klinikalltag. Für eine ganze Reihe von Erkrankungen konnten Zusammenhänge zu gestörter Emotionsregulation hergestellt werden, bspw. im Rahmen von Affektstörungen (Beauregard, Paquette et al. 2006; Johnstone, van Reekum et al. 2007; Bermpohl, Walter et al. 2009; Erk, Mikschl et al. 2010; Kanske, Heissler et al. 2012; Morris, Sparks et al. 2012; Perlman, Almeida et al. 2012; Townsend, Torrissi et al. 2013), Angststörungen (Goldin, Manber et al. 2009a; Goldin, Manber-Ball et al. 2009b; Campbell-Sills, Simmons et al. 2011), Posttraumatischer Belastungsstörungen (Koenigsberg, Fan et al. 2009a; Koenigsberg, Siever et al. 2009b; Wolf and Herringa 2016) oder auch für die Aufmerksamkeitsdefizit/ -Hyperaktivitätsstörung (Spencer, Faraone et al. 2011; Seymour, Chronis-Tuscano et al. 2012).

Was machen Menschen um ihre Emotion zu regulieren? Welche Strategien der Emotionsregulation sind erfolgreich? Was ist das anatomische Korrelat? Welche klinische Relevanz ergibt sich?

Die vorliegende Arbeit untersucht die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung durch Ablenkung der Aufmerksamkeit auf nicht- emotionale Aspekte einer Situation.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Abgrenzung des Emotionsregulationsbegriffs

Im Kontext sozialer Interaktion dient Emotionsregulation der Anpassung des Individuums an sein Umfeld und beeinflusst den alltäglichen Umgang mit seinen Mitmenschen. Die Fähigkeit der Emotionskontrolle wird als wesentliche Voraussetzung emotionaler Intelligenz angesehen (Mayer 1995). Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zur Emotionsregulation und der Qualität der sozialen Interaktionen (Lopes 2004).

Die theoretische Grundlage dieser Arbeit orientiert sich an James J. Gross' Prozessmodell der Emotionsregulation.

2.2 Prozessmodell der Emotionsregulation nach James J. Gross

Erst James J. Gross (Gross 1998a) definierte ein genaues Prozessmodell der Emotionsregulation und baute damit auf den Grundlagen der bisherigen Emotionsforschung auf. Laut Gross beginnt der Emotionsprozess mit der Bewertung der Situation hinsichtlich persönlicher Relevanz. Abhängig davon werden ein bestimmtes Emotionsprogramm und eine Verhaltensbereitschaft ausgelöst. Diese wiederum führt zu Veränderungen des Verhaltens, subjektiven Empfindens und der physiologischen Aktiviertheit.

Nach Gross (Gross 1998a) bezieht sich Emotionsregulation auf kognitive und behaviorale Prozesse, die die Regulation der Emotion selbst betreffen, und nicht regulierende Wirkungen von Emotionen auf andere Prozesse.

Gross unterscheidet zwischen zwei Arten der Emotionsregulation, der kognitiven und der behavioralen Regulation, die an unterschiedlichen Zeitpunkten im Emotionsgenerierungsprozess wirken.

Bei der behavioralen Regulation kommt es zur Reduktion des nach außen sichtbaren Ausdrucksverhaltens der Emotion. Die kognitive Regulation führt zu einer verminderten Wahrnehmung einer Emotion durch kognitive Prozesse, die das subjektive Erleben beeinflussen (Gross 2002).

Die kognitive Emotionsregulation zählt zu den „antecedent- focused“ Strategien, die früh in den Entstehungsprozess eingreifen. Die behaviorale Regulation, eine „responded- focused“ Strategie, hingegen setzt spät im Entstehungsprozess ein und inhibiert den Impuls emotionales Verhalten zu äußern (Gross 1995).

In Weiterentwicklung des Modells unterscheidet Gross (Gross 1998a) fünf verschiedene Regulationsmechanismen: die Situationsauswahl, die Situationsmodifikation, die Aufmerksamkeitslenkung, die kognitive Veränderung und die Antwortmodulation.

„Antecedent- focused“ Emotionsregulation umfasst die ersten vier Strategien, „responded-focused“ Emotionsregulation ist die fünfte Strategie.

2.2.1 Situationsauswahl (situation selection)

Die erste Regulationsstrategie im Emotionsprozess ist die Situationsauswahl. Man kann gezielt auswählen, welche Situationen man aufsucht um möglichst wahrscheinlich erwünschte Emotionen zu erzeugen oder unerwünschte Emotionen zu vermeiden. Diese Strategie setzt allerdings ein hohes Maß an Verständnis voraus, welche Eigenschaften entfernte Situationen haben, und welche emotionalen Antworten wohl auf diese Eigenschaften zu erwarten sind. Gedächtnisfehler können zu Irritationen in der Emotionseinschätzung führen, da häufig große Unterschiede zwischen dem „experiencing- self“ und dem „remembering- self“ vorliegen. Die Emotionsregulationsstrategie der Situationsauswahl findet auch im psychiatrischen Klinikalltag Anwendung. In der kognitiven Verhaltenstherapie depressiver Patienten werden angenehme Aktivitäten geplant. Alkoholabhängige Patienten sollen störungsspezifische Reize (z.B. Kneipe) meiden. Aber auch im alltäglichen Leben wenden wir ständig die Strategie der Situationsauswahl an ohne dies zwangsläufig bewusst als gezielte Strategie zur Erfahrung positiver Emotionen zu nutzen.

2.2.2 Situationsmodifikation (situation modification)

Die Strategie der Situationsmodifikation bezieht sich auf die Veränderung externer Eigenschaften der emotionsinduzierenden Situation. Potentiell emotionserregende Situationen müssen also nicht zwangsläufig auch zu emotionalen Antworten führen (z.B. kann Ärger über laute Nachbarn reduziert werden, indem man bittet den Geräuschpegel zu senken). Allerdings ist Situation ein vager Begriff und die Grenze zwischen Situationsauswahl und –modifikation ist schwierig, da eine modifizierte Situation auch eine neue Situation darstellen kann (Gross. 1998a).

Ebenso der emotionale Ausdruck einer in die Situation involvierten Person, kann soziale Handlungen dramatisch beeinflussen (Keltner 1998) und somit eine mächtige extrinsische Form der Emotionsregulation darstellen. Wenn bspw. im Streit eine Person zu weinen beginnt wird Ärger schnell zu Mitgefühl und die emotionale Natur der Situation ändert sich komplett (Rime 2007).

2.2.3 Aufmerksamkeitslenkung (attentional deployment)

Es ist ebenso möglich Emotionen zu regulieren ohne tatsächlich die Umgebung zu verändern. Die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung beschreibt die Möglichkeit Emotionen zu beeinflussen indem Individuen ihre Aufmerksamkeit innerhalb einer gegebenen Situation auf bestimmte Foki lenken. Es ist folglich eine internale Form der Situationsauswahl (Gross 1998a).

Gross & Thompson beschreiben zwei Hauptstrategien der Aufmerksamkeitslenkung: Ablenkung, d.h. WEG vom emotionalen Fokus, und Konzentration, d.h. HIN zum emotionalen Fokus.

Bei der Strategie der Ablenkung wird der Fokus auf weniger emotionsinduzierende Inhalte einer Situation oder von der Gesamtsituation weg gerichtet.

Diese Ablenkung kann zum einen aktives Handeln bedeuten, zum Beispiel bewusstes Wegschauen, zum anderen aber auch internale Prozesse darstellen. Man kann an etwas anderes denken oder sich an etwas erinnern. Die Strategie der Konzentration oder Hinwendung bedeutet eine bewusste Fokussierung auf internale oder externale Aspekte eines emotionsinduzierenden Situationsinhaltes. Die Konzentration auf bestimmte Bereiche oder Tätigkeiten soll die kognitiven Ressourcen derart beanspruchen, dass sie dem emotionalen Erleben entzogen werden (Eber 1992). Auch die Rumination, das Wiederkäuen der eigenen Gefühle und deren Konsequenzen, ist eine Form der Aufmerksamkeitslenkung HIN zum emotionalen Fokus um das Emotionsempfinden zu intensivieren. Verschiedene Untersuchungen zeigten, dass Rumination negativer Emotionen, wie Ärger oder Trauer, zu längeren und ernsteren depressiven Symptomen sowie auch zu sympathischer Aktivierung führen können (Just and Alloy 1997).

2.2.4 Kognitive Veränderung (cognitive change)

Auch nachdem eine Situation ausgewählt und modifiziert worden ist, die Aufmerksamkeit somit selektiv gelenkt worden ist, ist eine emotionale Antwort dennoch keine vorhersehbare Gesetzmäßigkeit. Eine Emotion setzt voraus, dass Empfindungen mit Bedeutungen gefüllt werden, die wiederum von der individuellen Einschätzung abhängen, wie man diese Situation bewältigen kann. Die Strategie der kognitiven Veränderung geht davon aus, dass die Bewertung der Situation entscheidend für die Entstehung der Emotion ist. Entweder verändern wir, wie wir über eine bestimmte Situation denken, oder verändern die Einschätzung der Möglichkeiten zur Situationsbewältigung.

Eine häufige Anwendung von kognitiver Veränderung im Gefüge sozialer Interaktion ist der soziale Vergleich der eigenen Situation mit schlechter oder besser gestellten Personen. Auf

diese Weise kommt es zu einer Umbewertung der eigenen Situation und entsprechend zur Veränderung der eigenen Emotion (Taylor and Lobel 1989; Gross 1998a).

Eine weitere Strategie, die in der Emotionsforschung besondere Aufmerksamkeit erlangt hat, ist das sogenannte Reappraisal (Gross 2002; John 2007; Ochsner 2007).

Die Strategie des Reappraisals führt zu einer Veränderung der Bedeutung einer Situation, indem die Situation entweder mehr oder weniger emotional interpretiert wird und somit den emotionalen Wert verändert. Ochsner et al. (Ochsner, Ray et al. 2004) differenzierten darüber hinaus zwischen selbstbezogenem und fremdbezogenem Reappraisal. Während selbstbezogenes Reappraisal die persönliche Relevanz der Situation neu bewertet, werden beim fremdbezogenen Reappraisal Situationseigenschaften und situationsassoziierte Handlungen neu interpretiert.

2.2.5 Antwortmodulation (Response modulation)

Die letzte Strategie im Emotionsregulationsprozess ist die Veränderung der emotionalen Reaktion. Nachdem die Emotion bereits ausgelöst worden ist, kann auch noch an diesem späten Zeitpunkt des Regulationsprozesses die emotionale Reaktion in allen Komponenten verändert werden.

Medikamente zur Muskelrelaxation (Anxiolytica) oder zur Senkung des Sympathikotonus (β -Blocker) werden eingesetzt um die physiologische Erregung zu dämpfen, ebenso wie Biofeedback, Entspannungsübungen oder sportliche Aktivität. Aber auch Alkohol, Zigaretten, Drogen oder Essen können das emotionale Empfinden subjektiv modifizieren (Gross 2007).

Eine andere Art der Antwort Modulation ist die Regulation des emotionalen Ausdrucks, also Modifikation auf der Verhaltensebene (Gross 2006). Der faziale Ausdruck einer Emotion, wie zum Beispiel ein Lachen, erhöht das Erleben der Emotion (Strack, Martin et al. 1988). Andersherum ist es allerdings auch möglich den emotionalen Ausdruck zu unterdrücken und somit die Emotion zu verändern. Wie zu erwarten führte die Unterdrückung des Ausdrucks positiver Emotionen dazu, dass die Emotion als weniger positiv empfunden wurde (Strack, Martin et al. 1988; Gross and Levenson 1997). Die Unterdrückung negativer Emotionen hingegen, veränderte das emotionale Erleben nicht und führte sogar darüber hinaus zu einer erhöhten sympathischen Aktivität (Gross and Levenson 1997; Gross 1998b).

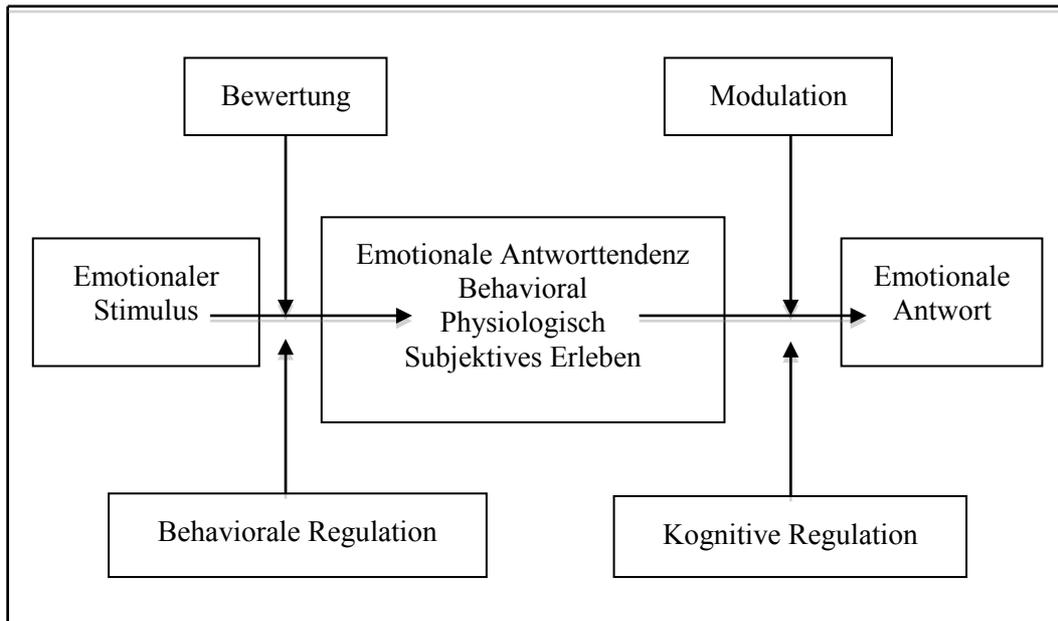


Abb. 1: Konsensmodell der Emotionsgenerierung nach James J. Gross (Gross 1998a), abgeändert

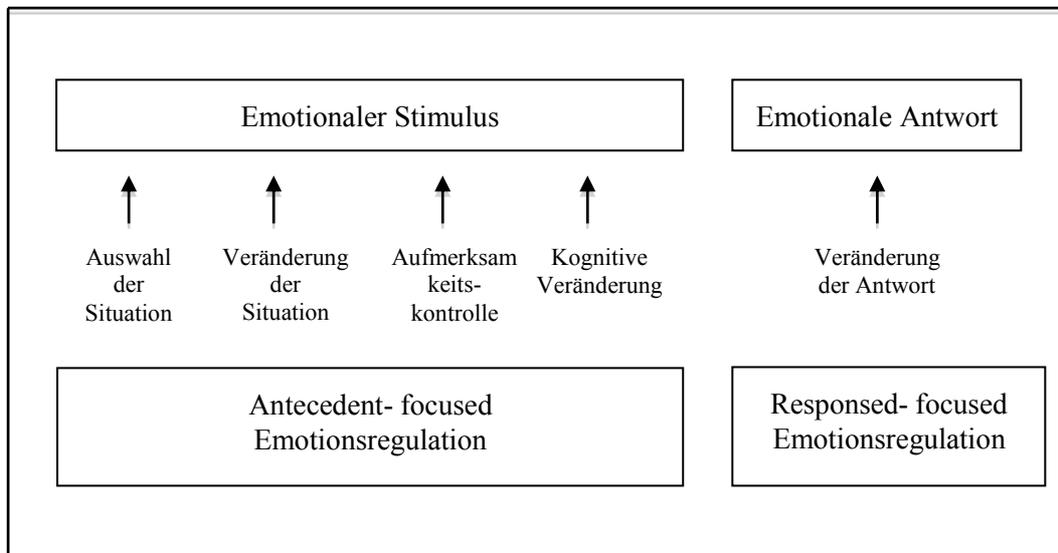


Abb. 2: Prozessmodell der Emotionsregulation nach James J. Gross (Gross, 1998a), abgeändert.

2.3 Neuronale Grundlagen von Emotion und Emotionsregulation

2.3.1 Die funktionelle Neuroanatomie der Emotion

Häufig wird das limbische System als Ort der Emotion im Gehirn beschrieben. Das limbische System umgibt Balken und Zwischenhirn und trägt neben der Emotionsverarbeitung auch zum Entstehen von Triebverhalten, Motivation, Antrieb und kognitiven Leistungen bei (Reiner 1990; LeDoux 1998; Calder, Lawrence et al. 2001). Der Amygdala, als Struktur des limbischen Systems, wird eine zentrale Rolle bei der Emotionswahrnehmung und -verarbeitung zugesprochen. Sie wird als die Hirnstruktur bezeichnet, die für die emotionale Einfärbung von Informationen zuständig ist. Allgemein dient sie als Vermittlungsstelle

emotionaler Verhaltensweisen indem sie entscheidend an der Kontrolle vegetativer Funktionen und emotionaler Reaktionen beteiligt ist. Sie besteht aus mehreren Untereinheiten, die man funktionell in die basolateralen und corticomediale Gruppen zusammenfassen kann. Der basolaterale Kernkomplex erhält Afferenzen aus sämtlichen Sinnessystemen, sowohl direkt aus dem Bulbus olfactorius oder aus thalamischen Schaltkernen der übrigen Sinnesmodalitäten als auch indirekt aus dem entorhinalen Kortex. Der corticomediale Kernkomplex entsendet massive Efferenzen unter anderem in den Hypothalamus und beeinflusst somit das vegetative Nervensystem und die Freisetzung von Stresshormonen. Deren Aktionen wiederum wirken als Gefühl auf das Gehirn zurück. Im Tierexperiment (Aggleton 1993; Cahill and McGaugh 1998; LeDoux 1998) konnte eindrucksvoll die Rolle der Amygdala für die Entstehung der Emotion Angst (LeDoux 1998; LeDoux 2000; Calder, Lawrence et al. 2001) und vor allem die Angstkonditionierung gezeigt werden (LeDoux 2000; Davis and Whalen 2001; Cardinal, Parkinson et al. 2002). Demnach werden sensorische Informationen über konditionierte und unkonditionierte Stimuli in der Amygdala miteinander assoziiert. Diese wiederum sendet Signale an Kerngebiete des Hypothalamus und des Hirnstamms und löst die endokrine, behaviorale und vegetative Furchtreaktion aus (LeDoux 2000). Reziproke Projektionen zwischen Amygdala und Hippocampus ermöglichen die Verknüpfung zwischen dem potentiell gefährlichen Stimulus und dem entsprechenden temporospatialen Kontext. Da die Amygdala nicht nur Informationen aus dem sensorischen Kortex erhält sondern auch Projektionen zu cholinergen Neuronen des basalen Vorderhirns unterhält, kann sie die Aufmerksamkeit auf emotionale Stimuli richten und deren sensorische Verarbeitung modifizieren. Die kortikale Verknüpfung ermöglicht eine genauere Analyse des potentiell gefährlichen Stimulus und des gesamten situativen Kontextes. Durch die Wechselwirkung des unbewussten und bewussten Verarbeitungsweges entsteht nach LeDoux das subjektive Angstgefühl (LeDoux 1998). Die bewusste Wahrnehmung von Emotionen findet im Arbeitsgedächtnis statt, wo aktuelle Informationen mit vorangegangenen abgeglichen werden. LeDoux geht also davon aus, dass die Emotion das Ergebnis aus kognitiver Reizbewertung, den verknüpften Erinnerungen im Langzeitspeicher und der durch die Amygdala ausgelösten kortikalen Aktivierung ist. Demnach ist die Amygdala auch in kognitiven Prozessen wie Gedächtnis und Aufmerksamkeit involviert (Phelps 2006).

Zahlreiche Studien unterstreichen die zentrale Rolle der Amygdala bei der Verarbeitung emotionsinduzierender Stimuli (LaBar 1998; Morris, Friston et al. 1998; Phan, Wager et al. 2002).

Weitere Studien zeigten, dass es vor allem bei Darbietung negativer Emotionen zu Aktivierungen der Amygdala kam. So konnte eine Beteiligung der Amygdala bei Darbietung negativer, aversiver Emotionen durch visuelle (Whalen, Rauch et al. 1998), aber auch durch unangenehme olfaktorische (Zald, Lee et al. 1998) oder gustatorische (Zald and Pardo 1997) Reize nachgewiesen. Viele Studien (Irwin, Davidson et al. 1996; Lane, Fink et al. 1997) fanden Aktivierungen der Amygdala bei Präsentation unangenehmer Bilder nicht jedoch bei angenehmen Bildern. Davis & Whalen (Davis and Whalen 2001) hingegen beschrieben sehr wohl Aktivierungen der Amygdala bei Verarbeitung positiver Reize. Diese Ergebnisse führen eher zu der These, dass die Amygdala unabhängig von der Valenz des Stimulus in die Informationsverarbeitung involviert ist (Sander, Grafman et al. 2003; Sergerie, Chochol et al. 2008).

Die Amygdala wiederum unterhält zahlreiche Projektionen in unterschiedliche Areale des Präfrontalkortexes (PFC), die ebenso an der Verarbeitung von Emotionsprozessen beteiligt sind.

So postuliert Damasio (Damasio 1999) auf der Grundlage der Hypothese der somatischen Marker ein neuronales Netzwerk aus ventromedialem PFC, zentralen autonomen Effektoren, wie der Amygdala, und den somatosensorischen Kortexen.

Viele Autoren sprechen dem medialen PFC eine allgemeine, unspezifische Rolle in der Verarbeitung von Emotionen zu (Lane, Fink et al. 1997; Lane, Reiman et al. 1997; Reiman, Lane et al. 1997; Phan, Wager et al. 2002). Positive Emotionen scheinen eher den linken PFC hingegen negative Emotionen den rechten PFC zu aktivieren (Davidson 1992). Es bestehen wiederum Verbindungen zwischen dem MPFC und der Amygdala. Man geht davon aus, dass die Amygdala durch Projektionen aus dem MPFC gehemmt wird und es somit zu einer Löschung konditionierter Furchtreaktionen kommt. Im MPFC wird folglich das Extinktionsgedächtnis der involvierten Stimuli gebildet (Morgan, Romanski et al. 1993; Schafe 2004). Darüber hinaus konnten dem MPFC auch spezifische Funktionen zugeordnet werden. Er ist an emotionaler Entscheidungsfindung und Verhaltenshemmung (Damasio 2007) beteiligt und trägt somit auch entscheidend zur Emotionsregulation bei (Davidson, Putnam et al. 2000).

Die Amygdala unterhält reziproke Verbindungen zum orbitofrontalen Kortex (OFC) (Barbas 2007). Dieser dient der Auswahl eines reizadaptierten Verhaltensmusters, indem er den Belohnungs- und Bestrafungswert eines Stimulus einschätzt und bewertet. Diese Bewertung stellt dann wiederum die Entscheidungsgrundlage dar, ob annäherndes oder vermeidendes Verhalten ausgewählt wird (Rolls 2000; Kringelbach and Rolls 2004). Kringelbach

differenziert genauer zwischen medialem und lateralem OFC, wobei der mediale Anteil für die Einschätzung des Stimuluswertes und deren Speicherung im Gedächtnis und der laterale Anteil für die Bewertung und die konsequente Verhaltensanpassung verantwortlich ist (Kringelbach 2005). Der OFC projiziert neben der Amygdala auch in zahlreiche andere Hirnareale (Cavada and Schultz 2000; Rolls 2000; Kringelbach and Rolls 2004). Es bestehen bspw. enge Verbindungen in sensorische Kortexareale zur Integration von Sinneswahrnehmungen in die Stimulusbewertung. Somit wird insgesamt von einer regulativen Funktion des OFC bei der Verhaltensauswahl im Sinne von Hemmung oder Anpassung an emotionale Situationen ausgegangen (Beer 2004).

Eine weitere bedeutende Struktur im Emotionsprozess ist der anteriore cinguläre Kortex (ACC), der durch Bewertung der Relevanz internaler und externaler Stimuli Konflikte zwischen verschiedenen möglichen Reaktionen auf eine Aufgabe überwacht und kontextabhängig entsprechende Verhaltensweisen initiiert (Botvinick, Nystrom et al. 1999; Miller and Cohen 2001). Die Funktion des ACC beinhaltet emotionale Selbstbeherrschung, fokussiertes Problemlösen, das Erkennen von Fehlern und die Fähigkeit adaptiert auf veränderte Bedingungen zu antworten (Allman, Hakeem et al. 2001). Dabei wird der ACC in den ventralen ACC, als sogenannte „affektive Abteilung“, und den dorsalen ACC, als „kognitive Abteilung“, unterteilt (Devinsky, Morrell et al. 1995; Bush, Luu et al. 2000). Ausgehend von der Theorie, dass der ACC eine vermittelnde Funktion bei Konflikten zwischen verschiedenen möglichen Reaktionen auf eine Aufgabe erfülle (Miller and Cohen 2001) stellten Davidson und Kollegen (Davidson 2003) folgende Weiterentwicklung der Funktionsbereiche des ACC dar. Die affektive Abteilung decke die Konflikte zwischen dem emotionalen Zustand und dessen Konsequenz auf, woraufhin die kognitive Abteilung Signale an andere Hirnareale zur Initiation kontrollierter Informationsverarbeitung sende. Die affektive Abteilung unterhält reziproke Verbindungen zu limbischen und paralimbischen Arealen, wie Amygdala und OFC. Die kognitive Abteilung projiziert direkt in den dorsolateralen Präfrontalkortex (DLPFC).

Der DLPFC wird als die zentrale Exekutive zur kognitiven Kontrolle beschrieben (Stuss and Levine 2002). Im DLPFC werden Ziele und Reaktionen zur Zielerreichung repräsentiert. Stehen nun verschiedene Reaktionen zur Zielerreichung miteinander in Konflikt, erhöht der DLPFC die Aktivität in Arealen, die adaptive Reaktionen initiieren und hemmt Reaktionen im konkurrierenden Areal, das die schlechter adaptierte Reaktion abbildet (Garavan, Ross et al. 1999; Miller and Cohen 2001).

Aktivierungen des lateralen PFC, der funktionell häufig in DLPFC, als kognitive Abteilung, und VPEC, als affektive Abteilung (Stuss and Levine 2002) unterteilt wird, konnten in zahlreichen Studien zu verschiedenen Emotionen durch funktionelle Bildgebung nachgewiesen werden. Bei Präsentation emotionaler Bilder kam es im Rahmen von fMRT-Untersuchungen (funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie) zu erhöhten Aktivierungen im lateralen PFC (Dolcos, LaBar et al. 2004; Stark, Schienle et al. 2004; Bermpohl, Pascual-Leone et al. 2006). PET-Studien (Positronen- Emissions- Tomografie) zu selbstgenerierten Emotionen wie Trauer, Ärger, Angst und Glück führten zu bilateralen Aktivierungen im PFC (Damasio, Grabowski et al. 2000). Im Rahmen weiterer Studien (Davidson 1992; Jones and Fox 1992; Sutton 1997) folgerten die Autoren, dass der rechte PFC eher bei negativen Emotionen und Vermeidungsverhalten und der linke PFC eher bei positiven Emotionen und Annäherungsverhalten aktiviert wird und somit den rechten PFC hemmt.

Die Metaanalyse nach Phan (Phan, Wager et al. 2002) beschreibt, dass unterschiedliche Aspekte von Emotion unterschiedliche Hirnareale beanspruchen. Die Amygdala reagiert besonders auf Angst induzierende Stimuli. Visuelle Stimuli führen vor allem zu Aktivierungen des occipitalen Kortexes und der Amygdala. Bei emotionalen Aufgaben mit kognitiver Beteiligung sind das anteriore Cingulum und die Insula involviert.

Neben der Methode des fMRT wurde auch die Methode des Elektroenzephalogramms (EEG) zur Untersuchung neuronaler Korrelate von Emotionen verwendet.

Mit Hilfe des EEGs kann die elektrokortikale Aktivität des Gehirns gemessen werden. Die entscheidende Komponente bei der Emotionsverarbeitung ist das „late positive potential“ (LPP). Das LPP beginnt etwa 250ms nach der Stimuluspräsentation und erreicht eine maximal positive Amplitude in den darauffolgenden 50 bis 550ms. Es kann über zentroparietalen Regionen lokalisiert werden und ist eine Komponente des ereignis- korrelierten Potenzials (EKP) (Cuthbert, Schupp et al. 2000). Dass das LPP besonders sensitiv für emotionale Stimuli ist, konnte in zahlreichen Studien belegt werden (Cuthbert, Schupp et al. 2000; Schupp, Cuthbert et al. 2000; Keil, Bradley et al. 2002; Schupp, Junghofer et al. 2003; Foti and Hajcak 2008; Hajcak and Olvet 2008). Das LPP ist nicht sensitiv für Nebenkriterien eines Stimulus, wie bspw. die Bildgröße (De Cesarei and Codispoti 2006), und macht es somit zu einem sehr verlässlichen Index des emotionalen Arousals eines Stimulus (Hajcak, MacNamara et al. 2010). Man geht davon aus, dass die erhöhte Aufmerksamkeit gegenüber motivational relevanter Stimuli eine erleichterte Verarbeitung ermöglicht (Schupp, Cuthbert et al. 2000; Schupp, Junghofer et al. 2003).

Auch mittels der neueren Methode der fNIRS wurde in Studien versucht emotionsbezogene Aktivierungen präfrontal zu messen (Herrmann, Huter et al. 2008; Dieler, Plichta et al. 2010; Hoshi, Huang et al. 2011). Hoshi et al. fanden unterschiedliche Aktivierungen bei Präsentation von aversiven Bildern. Sehr unangenehme Bilder führten zu bilateralen Aktivierungen im VLPFC. Bei sehr angenehmen Bildern kam es zu Deaktivierungen im linken DLPFC.

Da jedoch mittels NIRS keine tieferen Hirnstrukturen abgebildet werden können ist eine eindeutige Zuordnung und Interpretation der erhobenen Daten jedoch schwierig (Herrmann, Huter et al. 2008; Ozawa, Matsuda et al. 2014) .

2.3.2 Die funktionelle Neuroanatomie der Emotionsregulation

Zahlreiche Studien konnten erfolgreich neuronale Korrelate der Emotionsregulation mit Hilfe bildgebender Verfahren nachweisen (Levesque, Eugene et al. 2003; Kalisch, Wiech et al. 2005; Ochsner 2005; Phan, Fitzgerald et al. 2005). Emotionsregulation beinhaltet Interaktionen zwischen dem limbischen System, der Amygdala und übergeordneten präfrontalen Arealen (Dolcos, Sung et al. 2011). Präfrontale kortikale Regionen, die am häufigsten in Regulationsprozesse involviert waren, sind der OFC, der dorsomediale PFC (MdPFC), das ACC, der DLPFC und der VLPFC (Phillips, Ladouceur et al. 2008). Davidson et al. (Davidson, Putnam et al. 2000) beschreiben ein neuronales Netzwerk aus OFC, VMPFC, DLPFC, ACC und Amygdala zur Regulation von Emotionsprozessen. Der OFC, VMFC und Teile des ACC unterhalten direkte Verbindungen zur Amygdala und anderen subkortikalen Strukturen. Der DLPFC hingegen kommuniziert nicht direkt sondern über OFC und ACC mit der Amygdala (LeDoux 2000). Davidson et al. gehen davon aus, dass präfrontale kortikale Areale die Amygdala inhibieren und in Folge Emotionen regulieren. Auch Lange et al. (Lange, Williams et al. 2003) finden eine hemmende Funktion des rechten VLPFC auf die Amygdala während einer kognitiven Aufgabe zur Emotionsregulation bei Präsentation ängstlicher Gesichtsausdrücke. Der VLPFC soll wiederum möglicherweise vom OFC moduliert werden (Hariri, Bookheimer et al. 2000; Lange, Williams et al. 2003). Die These einer vermittelnden Funktion des OFC wird auch von anderen Studien unterstützt, da der OFC sowohl Verbindungen zu Arealen des PFC als auch zur Amygdala unterhält (Rolls 2000; Stein, Wiedholz et al. 2007).

Hariri et al. (Hariri, Bookheimer et al. 2000) schlagen einen neokortikal- amygdalären Kreislauf als neuronale Basis der Emotionsregulation vor. Subkortikale Strukturen, wie die Amygdala, werden durch kognitive Prozesse moduliert. Diese kognitiven Prozesse wiederum werden in präfrontalen Arealen initiiert. Diese Hypothese konnte in folgenden Studien

bestätigt werden (Phillips, Drevets et al. 2003; Urry, van Reekum et al. 2006; Ghashghaei, Hilgetag et al. 2007; Johnstone, van Reekum et al. 2007; Lieberman, Eisenberger et al. 2007; Phillips, Ladouceur et al. 2008; Foland-Ross, Altshuler et al. 2010; Dolcos, Sung et al. 2011). Eine Patientenstudie mit depressiven Jugendlichen (Perlman, Simmons et al. 2012) zeigte eine erhöhte Amygdalaaktivität bei Bildbetrachtung unter Anwendung einer Emotionsregulationsstrategie im Vergleich zum reinen Betrachten und eine entsprechend verringerte Aktivität der die Amygdala regulierenden Strukturen. Perlman et al. (Perlman, Simmons et al. 2012) sehen eine zu schwache Modulation der Amygdala als mögliche Ursache für die Störung der Emotionsregulation bei depressiven Patienten. Campbell-Sills et al. (Campbell-Sills, Simmons et al. 2011) fanden bei Angstpatienten erhöhte Aktivierungen in Hirnarealen kognitiver Emotionskontrolle, bspw. im VLPFC und im DLPFC. Phillips et al. (Phillips, Ladouceur et al. 2008) unterscheiden darüber hinaus zwischen automatischer und bewusster, willentlicher Emotionsregulation. Sie fanden bei bewusster Regulation, bspw. beim Reappraisal, vor allem Aktivierungen der dorsalen präfrontalen Kortexareale und beschreiben diese als Areale, die in die Verarbeitung kognitiver Prozesse involviert sind (Phillips, Drevets et al. 2003).

Es können verschiedene Emotionsregulationsstrategien, von der Aufmerksamkeitslenkung bis hin zur kognitiven Veränderung, angewendet werden (Ochsner 2005). Es konnte gezeigt werden, dass beide Strategien sowohl das subjektive Emotionsempfinden als auch die am Emotionsprozess beteiligten Aktivierungen der Hirnareale erfolgreich modulieren können (Dillon, Ritchey et al. 2007; Kim and Hamann 2007). Dennoch sind die genauen neuronalen Korrelate dieser Regulationsprozesse unklar (McRae, Hughes et al. 2010).

Die Rolle des medialen PFC im Bereich der Emotionsregulation ist weniger eindeutig (Ozawa and Hiraki 2017). Zum einen wird der mediale PFC als Region beschrieben, die eher unspezifisch Reaktionen auf emotionale Stimuli abbildet (Phan, Wager et al. 2002; Ochsner, Ray et al. 2009), zum anderen als Region, die an kognitiven Kontrollmechanismen von Emotionen beteiligt ist (Diekhof, Geier et al. 2011; Nelson, Fitzgerald et al. 2015).

Daher wird in aktuellen Studien eine genauere Definition der Rolle des medialen PFC im Bereich von Emotionsregulationsprozessen gefordert (Ozawa and Hiraki 2017).

2.3.2.1 fMRT- Befunde zur Aufmerksamkeitsablenkung

Die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung basiert auf der Vorstellung die Aufmerksamkeit zu lenken, indem der Hauptfokus auf eine konkurrierende Aufgabe gelenkt wird und so die emotionale Antwort reduziert wird (Kanske, Heissler et al. 2011). Aufmerksamkeitslenkung wird definiert als das Richten der Aufmerksamkeit weg von

unangenehmen Situationen oder das Ändern des unerwünschten inhaltlichen Fokus (Thiruchselvam, Hajcak et al. 2012).

In vorherigen Studien zur Aufmerksamkeitslenkung konnten in verschiedenen Kortexarealen gesteigerte Aktivitäten nachgewiesen werden.

Bildgebende Studien haben gezeigt, dass eine Vielzahl inhaltlich konkurrierender Aufgaben, wie beispielsweise an etwas anderes zu denken, zu einer verminderten Schmerzwahrnehmung führten (Bantick, Wise et al. 2002; Kalisch, Wiech et al. 2006). Gleichzeitig kam es bei Reduktion der Schmerzwahrnehmung zu erhöhten Aktivierungen in Arealen kognitiver Kontrolle, wie im lateralen PFC und dem dorsalen ACC (Bantick, Wise et al. 2002; Kalisch, Wiech et al. 2006; Seminowicz and Davis 2007). Kalisch et al. (Kalisch, Wiech et al. 2006) beschreiben während der Aufmerksamkeitsablenkung vor allem links präfrontale Aktivierungen, die negativ mit dem Emotionserleben korrelieren. Auch Bishop et al. (Bishop, Duncan et al. 2004) lokalisieren die Aufmerksamkeitskontrolle eher links präfrontal, da sie Aktivierungen des linken DLPFC und VLPFC bei Präsentation bedrohlicher Distraktoren fanden, die wiederum negativ mit dem Angstlevel korrelierten. Hingegen fanden Mayer et al. (Mayer, Bittner et al. 2007) Aktivierungen rechter präfrontaler und parietaler Regionen bei der Aufmerksamkeitsablenkung, die an der Kontrolle von Aufmerksamkeit beteiligt sein sollen.

Eine Reihe von Studien belegte die Effektivität der Methode der Aufmerksamkeitsablenkung zur Abschwächung des subjektiven emotionalen Erlebens und der Amygdalaaktivität (Pessoa, McKenna et al. 2002; Blair, Smith et al. 2007; Erk, Kleczar et al. 2007; Van Dillen 2007).

Eine Studie von Van Dillen (Van Dillen 2009) zur Aufmerksamkeitslenkung beschreibt im rechten DLPFC gesteigerte Aktivität während einer mathematischen Aufgabe. Die Down-Regulation der Amygdala verhielt sich proportional zum Schwierigkeitsgrad der konkurrierenden Aufgabe. So mutmaßten von Dillen et al., dass die gesteigerte Aktivität im rechten DLPFC durch Aufmerksamkeitslenkung möglicherweise Prozesse kognitiver Emotionskontrolle abbildet.

Einen klaren Zusammenhang zwischen der Amygdalaaktivität und der Strategie der Aufmerksamkeitslenkung konnte jedoch diese Studie nicht herstellen (Kanske, Heissler et al. 2011). Anspruchsvollere Aufgaben beanspruchen auch Areale im DLPFC und im superioren Parietalkortex, die typischerweise Aktivierungen bei Anforderungen an Aufgaben zeigen (de Fockert, Rees et al. 2001). Einige Studien zur Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung benutzten die Schmerzstimulation als zu regulierenden Stimulus (Bantick, Wise et al. 2002; Kalisch, Wiech et al. 2006). Zwei Studien (McRae, Hughes et al.

2010; Kanske, Heissler et al. 2011), die die Emotionsregulationsstrategien der Aufmerksamkeitslenkung und des Reappraisals innerhalb eines Experimentes miteinander verglichen, nutzten die Präsentation emotionaler Bilder. Während des Reappraisals sollten die Bilder neu interpretiert werden. Zur Aufmerksamkeitslenkung sollte eine kognitive Aufgabe während der Bildpräsentation angewendet werden. Sowohl McRae et al. als auch Kanske et al. fanden bei beiden Strategien Verminderungen der Amygdalaaktivität sowie Aktivierungen des DMPFC, des DLPFC und des inferioren Parietalkortexes. McRae et al. fand zusätzliche Aktivierungen des DMPFC und des DLPFC beim Reappraisal hingegen bei der Aufmerksamkeitslenkung vermehrte Aktivierungen des superioren Parietalkortexes und des DLPFC. Interessanterweise kam es zu einer stärkeren Reduktion der Amygdalaaktivität während der Aufmerksamkeitslenkung als während des Reappraisals, obwohl der Stimulus weniger affektive Bedeutung für den Probanden bei der Aufmerksamkeitslenkung als beim Reappraisal hatte (Sheppes and Meiran 2007). Bei Kanske et al. wurde eine Aktivierung des OFC nur während des Reappraisals gefunden. Aktivierungen des dorsalen anterioren cingulären Kortexes, des DMPFC, der Insula sowie große Aktivierungsmuster des parietalen Kortexes konnten nur unter der Bedingung der Aufmerksamkeitsablenkung nachgewiesen werden.

Das Paradigma mit emotionalen Bildern hat sich für die Strategie des Reappraisals in vielen Studien (Ochsner, Bunge et al. 2002; Urry, van Reekum et al. 2006) als erfolgreich erwiesen, für die Aufmerksamkeitslenkung hingegen sind deutlich weniger Daten vorhanden.

2.3.2.2 EEG-Befunde zur Aufmerksamkeitslenkung

Aufgrund zahlreicher Studien, die die Sensitivität des LPPs gegenüber emotionaler Stimuli nachweisen konnten, stellten Hajcak und Nieuwenhuis (Hajcak and Nieuwenhuis 2006) die These auf, dass das LPP auch durch Emotionsregulationsstrategien moduliert werden und darüber hinaus den zeitlichen Verlauf der Regulation abbilden könnte.

Tatsächlich fanden Hajcak et al. eine reduzierte Amplitude des LPP bei Anwendung von Emotionsregulationsstrategien, allerdings nutzten sie die Methode des Reappraisals um Emotionen bei Betrachtung negativer Bilder zu beeinflussen.

Dunning et al. (Dunning and Hajcak 2009) konnten auch für die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung eine Veränderung des LPP nachweisen. Unter der Bedingung der Aufmerksamkeitslenkung sollte der Aufmerksamkeitsfokus innerhalb eines negativen Bildes zum einen auf emotionale Bildinhalte zum andern auf nicht- emotionale Bildinhalte gerichtet werden. Als Kontrollbedingung wurden neutrale Bilder gezeigt, wo die Aufmerksamkeit ebenfalls auf nicht- emotionale Inhalte fallen sollte. Das LPP war signifikant

höher bei Aufmerksamkeitsfokus auf emotionale Bildinhalte als bei nicht- emotionalem oder neutralem Fokus. Der Vergleich des LPP bei neutraler Bildbetrachtung und bei Betrachtung negativer Bilder mit nicht- emotionalem Fokus wies keinen signifikanten Unterschied auf. Demnach ist die Aufmerksamkeitslenkung von emotionalen auf weniger emotionale Reize eine erfolgreiche Emotionsregulationsstrategie. Auch Hajcak et al. (Hajcak, Dunning et al. 2009) zeigten, dass das Richten des Blickes auf nicht- erregende Aspekte eines emotionalen Stimulus das LPP modulieren kann.

In Anlehnung an das Prozessmodell von Gross (Gross 1998b) geht man davon aus, dass die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung früh den emotionsgenerierenden Prozess in der Aufmerksamkeitsbereitstellung beeinflusst. Mit der Methode des fMRT ist es schwierig den zeitlichen Verlauf der Emotionsregulation abzubilden (Thiruchselvam, Blechert et al. 2011). Das EEG hingegen hat eine exzellente zeitliche Auflösung (Schupp, Flaisch et al. 2006). Dass das LPP erfolgreich den zeitlichen Verlauf von Emotionsregulation abbilden kann, ist vor allem für das Reappraisal belegt (Hajcak and Nieuwenhuis 2006; Foti and Hajcak 2008).

Auch Hajcak et al. (Hajcak, Dunning et al. 2009) bestätigen, dass das LPP schnell und dynamisch den Ort gesteigerter Aufmerksamkeit auf emotionale Stimuli abbildet.

Bei Thiruchselvam et al. (Thiruchselvam, Blechert et al. 2011), die den zeitlichen Verlaufs des LPP während der Aufmerksamkeitslenkung und des Reappraisals verglichen, fand die Modulation des LPP bei der Aufmerksamkeitslenkung sehr früh im Emotionsprozess nach 300ms statt, hingegen beim Reappraisal wesentlich später nach 1500ms. Uusberg et al. (Uusberg, Thiruchselvam et al. 2014) werteten die von Thiruchselvam 2011 erhobenen EEG Daten in einer weiteren Studie erneut aus um genauere Aussagen treffen zu können, wann Regulationsprozesse, wie die Aufmerksamkeitslenkung, bei der Entstehung und Verarbeitung von Emotionen stattfinden. Diese Studie nutze die hohe temporale Auflösung des EEG um okzipitale Theta- Dynamiken auszuwerten. Es konnten zwei Peaks bei der Präsentation emotionaler Bilder beschrieben werden. Die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung führte beim zweiten Peak (350-550ms) zu einer Reduktion der gemessenen Theta- Dynamik, der erste Peak (150-350ms) blieb unverändert. Somit wird die Aufmerksamkeitslenkung als Methode beschrieben, die zwar früh in den Emotionsprozess eingreift jedoch nicht die Wahrnehmung des emotionalen Stimulus blockiert.

Auch Paul et al. führten 2016 eine EEG Studie zur Aufmerksamkeitslenkung durch (Paul, Kathmann et al. 2016). Paul et al. beschreiben die Methode der Aufmerksamkeitslenkung weg vom emotionalen Fokus als eine Form der Vermeidung, wie sie bei Angststörungen

instrumentalisiert wird. In einer ersten Habituationsphase wurden emotionale und neutrale Bilder entweder betrachtet oder die Aufmerksamkeit durch Gedanken an etwas vom Bildinhalt unabhängiges, wie ein Supermarktbesuch, abgelenkt. In einer zweiten Reexpositionphase wurden die gleichen Bilder erneut präsentiert und ausschließlich betrachtet. Die wiederholte Betrachtung führte zu einem unveränderten LPP, jedoch das Betrachten von Bildern, bei denen zuvor die Aufmerksamkeit abgelenkt wurde, führte zu einem Anstieg des LPP und somit vermehrter Emotionswahrnehmung.

In EEG -Studien zur Aufmerksamkeitslenkung konnte gezeigt werden, dass das Lenken der Aufmerksamkeit weg vom emotionalen Fokus sowohl durch kognitive Prozesse (Thiruchselvam, Blechert et al. 2011; Paul, Kathmann et al. 2016) als auch visuelle Prozesse (Dunning and Hajcak 2009; Hajcak, Dunning et al. 2009; MacNamara and Hajcak 2009; Norberg and Wiens 2013; Wiens and Syrjanen 2013) zu einer reduzierten Amplitude des LPP führte.

3 SPEZIFISCHE FRAGESTELLUNGEN UND HYPOTHESEN

Ziel dieser Dissertationsarbeit ist es die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung innerhalb eines Bild basierten Paradigmas zu untersuchen, wie es McRae et.al (McRae, Hughes et al. 2010) zur besseren direkten Vergleichbarkeit mit der Emotionsregulationsstrategie des Reappraisals forderten.

Es soll untersucht werden, ob die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung Emotionen erfolgreich modulieren kann. Dazu werden die elektrokortikale Aktivität des Gehirns und das subjektive Arousal gemessen.

Dabei sollen die Ergebnisse von Dunning et al. (Dunning and Hajcak 2009) zur Aufmerksamkeitslenkung repliziert werden.

Daraus leitet sich wiederum folgende These ab:

Hypothese 1:

Die Aufmerksamkeitslenkung führt zu einer erfolgreichen Emotionsregulierung. Dies wird durch eine niedrigere Amplitude des LPP sowie durch ein niedrigeres emotionales Arousal im Vergleich zur Nicht- Regulation belegt.

Zudem soll der Einfluss der Aufmerksamkeitslenkung auf die Aktivität kortikaler Gehirnregionen erfasst werden, um Aussagen darüber treffen zu können, welches neuronale Netzwerk unter dem Paradigma der Bildpräsentation beansprucht wird.

In Anlehnung an McRae et al. (McRae, Hughes et al. 2010) und Kanske et al. (Kanske, Heissler et al. 2011) leitet sich folgende Hypothese ab:

Hypothese 2:

Bei der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung kommt es zu Aktivierungen des DMPFC und des DLPFC.

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Untersuchungsdesign

4.1.1 Stimulusmaterial

Die Untersuchung erfolgte in einem bildbasierten Paradigma. Folglich wurden visuelle Stimuli zur Emotionsinduktion verwendet. Hierzu wurden 40 neutrale und 80 negative Bilder aus dem International Affective Picture System (IAPS) ausgewählt (Lang 2005). Als neutrale Bilder wurden die ausgewählt, deren Valenz¹ am wenigsten vom Gesamtmittelwert 5 abwich und deren emotionales Arousal² als möglichst niedrig eingestuft wurde.

Mikels et al. (Mikels, Fredrickson et al. 2005) untersuchten 203 negative IAPS-Bilder im Hinblick auf die ausgelösten negativen Emotionen. Die Bilder stammten aus den Kategorien Angst, Ekel, Ärger und Trauer und wurden auf einer 7-stufigen Skala bewertet (1 für überhaupt nicht, 7 für sehr viel). Es waren Mehrfachnennungen möglich. Basierend auf der Grundlage dieser Bewertungen sind für die vorliegende Arbeit 80 Bilder ausgewählt worden. 40 Bilder hatten hohe Ratings für die Kategorie „Angst“ und niedrige Ratings für die drei anderen negativen Emotionen. Die anderen 40 Bilder wiesen hohe Ratings für die Kategorie „Ekel“ und niedrige Ratings für die anderen drei negativen Emotionen auf. Zudem sollten die Arousal-Ratings sowohl der „Angst“- als auch „Ekel“-Bilder möglichst hoch sein (Lang 2005). Das durchschnittliche Arousal für Bilder der Angst-Kategorie lag in der vorliegenden Untersuchung bei $M = 3,87$, $SD = 1,69$ und für Bilder der Ekel-Kategorie bei $M = 4,44$, $SD = 1,91$.

Die Nummern der ausgewählten Bilder zuzüglich der entsprechenden Valenz- und Arousal-Ratings aus dem IAPS-Manual (Lang 2005) und deren Emotions-Ratings (Mikels, Fredrickson et al. 2005) sind im Anhang angegeben.

4.1.2 Versuchsplan

Ziel dieser Arbeit war es die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung im Blockdesign zu untersuchen. Dazu durchlief die Versuchsgruppe zwei verschiedene Bedingungen, zum einen die HIN-Bedingung zum anderen die WEG-Bedingung. Die Präsentation enthielt sowohl emotionale Bilder der Kategorien Angst und Ekel als auch neutrale Bilder.

¹ Die Valenz wurde auf einer 9-stufigen Skala (1 für sehr negativ und 9 für sehr positiv) bewertet.

² Das Arousal wurde ebenso auf einer 9-stufigen Skala (1 für wenig emotional und 9 für sehr emotional) bewertet.

Die WEG- Bedingung stellt die Bedingung der Emotionsregulation dar. Die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung wurde durch das Lenken der Aufmerksamkeitsfokus auf nicht-emotionale Bildkomponenten innerhalb des präsentierten Bildes angewendet. Die Vpn konnten dabei frei wählen welche nicht- emotionale Komponente sie betrachteten. Es war bspw. nicht vorgegeben ob sie ihren Blick nach rechts oben oder links unten auf den Bildhintergrund richteten. Lediglich nicht zulässig war den Fokus vom gesamten Bild abzuwenden. Die HIN- Bedingung stellte die Kontrollbedingung dar. Somit wurden unter der HIN- Bedingung den Vpn die gleichen Bilder der Angst- oder Ekelkategorie wie unter der WEG- Bedingung gezeigt. Hier sollten die Vpn jedoch nicht die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung anwenden, sondern lediglich die Bilder aufmerksam betrachten und die Emotion zuzulassen. Die neutralen Bilder wurden ebenfalls unter der HIN- Bedingung präsentiert, wiederum mit der Instruktion diese aufmerksam zu betrachten.

4.1.3 Trialabfolge

Insgesamt wurden 120 Trials im Blockdesign präsentiert, wobei jeweils 40 negative Bilder aus der Angstkategorie, 40 Bilder aus der Ekelkategorie und 40 neutrale Bilder ausgewählt wurden. Pro Block wurden je 10 Bilder einer Bedingung gezeigt. Insgesamt sind somit 20 Blöcke präsentiert worden, jeweils vier Blöcke pro Bedingung. Das Präsentationsprogramm hat zufällig die Reihenfolge der jeweiligen Blöcke ausgewählt, um den Gewöhnungsaspekt so gering wie möglich zu halten. Vor jedem Block ist den Vpn eine kurze Instruktion der jeweilig anzuwendenden Bedingung präsentiert worden, die etwa 15s dauerte. Durch Betätigen der Leertaste konnte der Proband die Präsentation des nun folgenden Blockes starten. Vor jedem Bild leuchtete kurz das Instruktionswort „HIN“ oder „WEG“ mittig auf schwarzem Hintergrund auf. Diese Präsentation diente der expliziten Instruktion und verschwand nach etwa 1s woraufhin das folgende Bild noch für weitere 3s zu sehen war. Dieser Zeitraum war nötig um die hämodynamische Antwort im fNIRS messen zu können. Folglich dauerte eine Bedingung 40s. Im Anschluss an einen Block bewerteten die Vpn die Intensität ihres aktuellen Gefühlszustandes auf einer 9- stufigen Skala. Dazu hatten sie maximal 12s Zeit. Bevor der nächste Block präsentiert wurde, erschien ein schwarzer Bildschirm für etwa 20s. Während dieser 20s waren die Vpn instruiert möglichst ruhig zu bleiben und einfach den Bildfokus auf dem Bildschirm zu halten. Diese Pause wurde benötigt um die Auswirkungen der Aufmerksamkeitslenkung im EEG erfassen zu können. Ein Durchgang dauerte insgesamt also bis zu 87s. Bei 20 Blöcken hatte die Vp nach maximal 30 min alle fünf Bedingungen durchlaufen.

Für die Präsentation der Trials und die Aufzeichnung des Emotionsratings wurde das Programm „Presentation“ Version 9.50 verwendet.

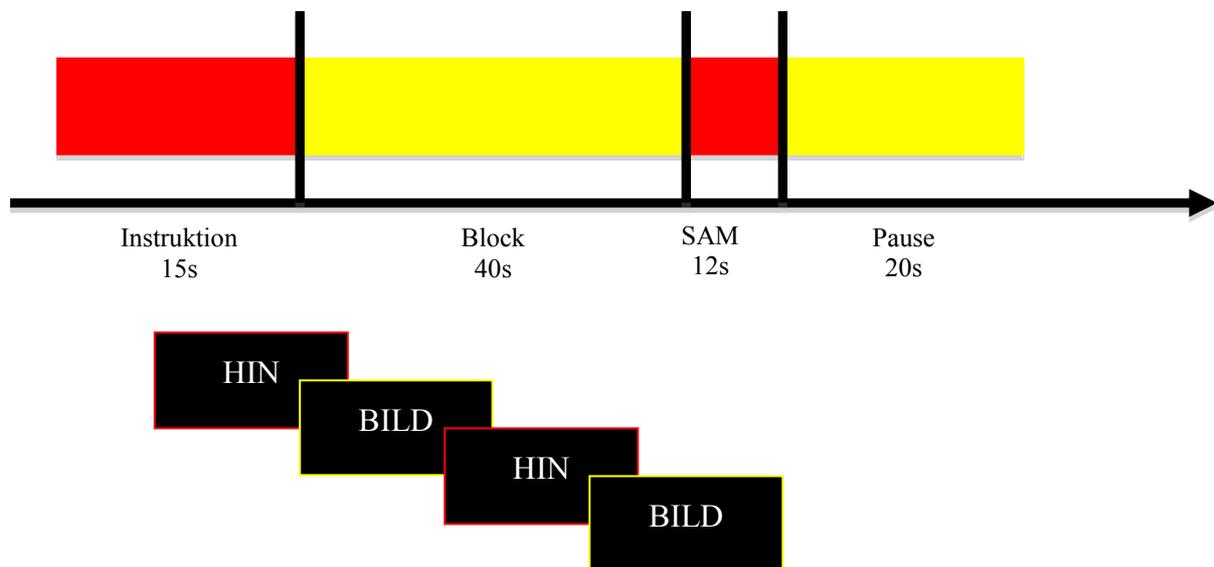


Abb. 3: Versuchsablauf

4.2 Abhängige Variablen

Ziel dieser Dissertationsarbeit war die Messung kortikaler Aktivität des Gehirns während der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung. Zu diesem Zweck ist gleichzeitig eine Messung der Ereignis- korrelierten Potentiale im EEG (AV1) und eine Messung der hämodynamischen Veränderungen mittels funktioneller Nahinfrarotspektroskopie (AV2) durchgeführt worden. Zudem ist nach jedem Block das subjektive emotionale Arousal erfasst (AV3) worden.

4.2.1 Ereigniskorrelierte Potentiale im EEG

Zur Messung des EEGs wird die elektrokortikale Aktivität des Gehirns als Spannungsverlauf über die Zeit aufgezeichnet. Ereignis- korrelierte Potentiale sind Aktivierungen im EEG, die vor, während oder nach sensorischen, motorischen oder psychischen Ereignissen gemessen werden können. EKPs können Peaks oder langsame Potentialverschiebungen beinhalten. Diese wiederum werden mittels ihrer Amplitude (Spannung in μV), Polarität (positiv oder negativ) und Latenz (ms) näher definiert. Schandry et al. (Schandry 2003) bezeichnen diese Peaks oder langsamen Potentialverschiebungen als Komponenten des EKPs. Der entscheidende Vorteil des EEGs gegenüber anderen bildgebenden Verfahren, wie bspw. auch

der fNIRS, ist die hohe zeitliche Auflösung der Hirnaktivität im Bereich von Millisekunden (Birbaumer 2006; Hajcak, Dunning et al. 2009).

In der Emotionsforschung liegt das Augenmerk vor allem auf dem LPP, als spezifische Komponente des EKPs. Anhand zahlreicher Studien konnte gezeigt werden, dass diese langsame positive Potentialverschiebung eine höhere Amplitude bei Präsentation emotionaler im Vergleich zu neutralen Stimuli aufweist (Cuthbert, Schupp et al. 2000; Schupp, Cuthbert et al. 2000; Hajcak and Olvet 2008). In der vorliegenden Arbeit sollen die Ergebnisse von Dunning et al. (Dunning and Hajcak 2009), dass die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung Emotionen erfolgreich modulieren kann, repliziert werden.

Das Anbringen der Elektroden erfolgte in der vorliegenden Arbeit gemäß des internationalen 10/20 –Systems (Jasper 1958) (s. Abb. 3).

Die Wahl der Elektroden Pz und Cz orientiert sich an den Ergebnissen vorausgegangener Studien (Cuthbert, Schupp et al. 2000; Hajcak and Nieuwenhuis 2006), die dort das LPP und dessen Modulation beschreiben. Ebenso geht man davon aus, dass die Elektrode Oz ein emotionsspezifisches Potential, die EPN (early posterior negativity), abbildet. Die EPN tritt etwa nach 250ms nach Stimuluspräsentation auf, wobei die Amplitude für emotionale Stimuli größer ist als für neutrale (Schupp, Junghofer et al. 2003). Die Elektroden an den Positionen Fp2 und EOGRU wurden jeweils oberhalb und unterhalb des rechten Auges positioniert um die Augenbewegungen während des Versuchsablaufs zu registrieren und aufzuzeichnen. Außerdem wurde für die Referenz- Elektrode die Position Fz gewählt und die Ground-Elektrode direkt über FPz angelegt. Zudem wurden noch zwei weitere Elektroden auf dem linken (TP9) und dem rechten (TP10) Mastoiden positioniert. Da in dieser Untersuchung zeitgleich noch eine Messung mittels fNIRS erfolgen sollte musste aus praktischen Gründen auf weitere Elektroden verzichtet werden.

Zur Ableitung des EEGs wurde ein 32- Kanal DC- Verstärker verwendet. Die Aufzeichnung erfolgte letztlich mit der Datenaufzeichnungssoftware „Aquire“ Version 4.0 (beides vom Hersteller Neuroscan Inc., Vernon, USA). Das EEG wurde mit einer Rate von 1000 Hz aufgezeichnet und anschließend mit einem Bandpass von 0.1 – 70 Hz gefiltert. Die Impedanzen sollten unter 5 k Ω gehalten werden.

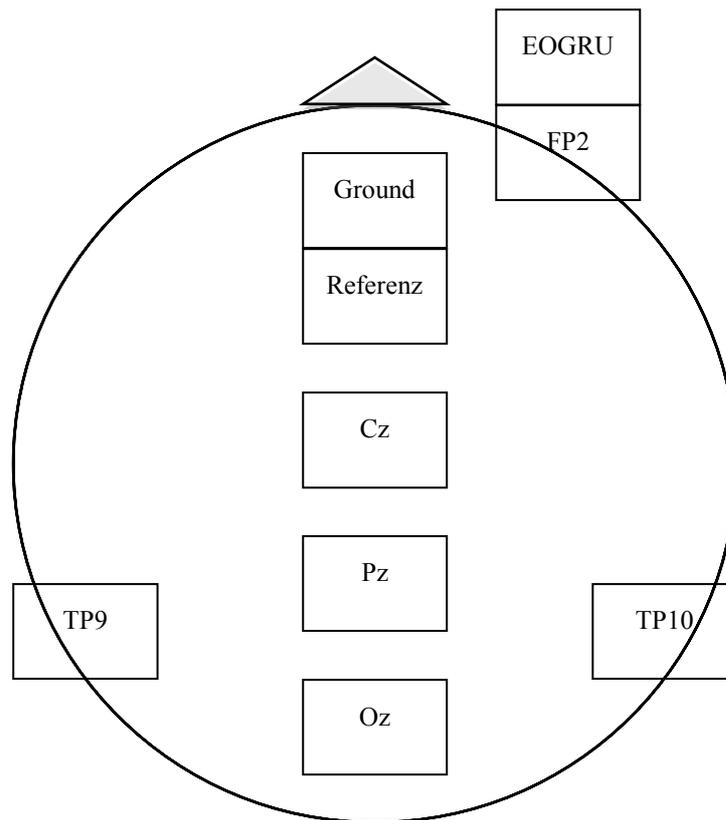


Abb. 4: Position der EEG- Elektroden, das Dreieck stellt die Nase dar.

4.2.2 Funktionelle Nahinfrarotspektroskopie (fNIRS)

Zwei grundlegende Prinzipien bilden die Basis der Methode der funktionellen Nahinfrarotspektroskopie, zum einen die neurovaskuläre Kopplung (Heeger and Ress 2002) zum anderen das optische Fenster (Strangman, Boas et al. 2002). Unter neurovaskulärer Kopplung versteht man die zeitliche und räumliche Korrelation neuronaler Aktivität und der Veränderung von Blutfluss und Blutoxygenierung (Logothetis and Wandell 2004). Bei neuronaler Aktivität kommt es zu einem Anstieg des lokalen Blutflusses sowie zu einem erhöhten Sauerstoffverbrauch (Buxton, Uludag et al. 2004). Die Folge ist eine Hyperperfusion mit oxygeniertem Blut (O_2Hb) begleitet von einem Abfall des desoxygenierten Blutes (HHb). Die hämodynamischen Antworten variieren innerhalb der Person (Fox, Snyder et al. 2006) und zwischen den Personen (Huppert, Hoge et al. 2006). Das optische Fenster umfasst den nah- infraroten Wellenlängenbereich von 650 – 950 nm und die Eigenschaft, dass Licht diesen Bereiches biologisches Gewebe mit nur geringer Absorption durchdringen kann (Strangman, Boas et al. 2002). Die Chromophoren bzw. Farbträger mit den größten Absorptionskoeffizienten in diesem Wellenlängenbereich sind O_2Hb und HHb, die als Indikatoren für neuronale Aktivität dienen. Zur Messung werden sogenannte Optoden

(optische Dioden) auf dem Kopf angebracht, die sowohl Licht senden (Emitter) als auch empfangen (Detektoren). Licht, das am Detektor ankommt, muss in einem bananenförmigen Bogen Haut, Schädelknochen, Zerebrospinalflüssigkeit und Gehirn durchdringen und erreicht dabei eine Tiefe von etwa 1,5cm (Okada and Delpy 2003) bis 2cm (Ferrari, Mottola et al. 2004; Huppert, Hoge et al. 2006). Es tritt schließlich ein kleiner Teil an der Schädeloberfläche wieder aus und wird vom Detektor erfasst.

Die Methode der fNIRS nutzt, dass O₂Hb und HHb unterschiedliche Absorptionsspektren besitzen. Es werden folglich relative Konzentrationsunterschiede für O₂Hb und HHb gemessen werden (Hoshi 2003).

Aus einem Emitter– Detektor- Paar wird ein Messkanal berechnet. Mit Hilfe von Multi-Kanal- Systemen kann man größere Areale untersuchen. Hierzu sind die Optoden auf sogenannten „Probesets“ angebracht, die mit einer Haube auf dem Kopf befestigt werden. Auch hier dient das internationale 10/20- System des EEGs (Jasper 1958) als Orientierung. Somit kann ohne vorhandene neuroanatomische Aufnahmen mit Hilfe der Elektrodenpositionen eine ungefähre Zuordnung zum gemessenen Hirnareal erfolgen (Okamoto, Dan et al. 2004).

Vergleicht man fNIRS mit fMRT so besitzt fNIRS neben einer geringen Eindringtiefe auch eine begrenztere räumliche Auflösung, da die erforderlichen Optodenabstände im Zentimeterbereich liegen. Allerdings besitzt fNIRS eine höhere zeitliche Aufzeichnungsrate der hämodynamischen Antwort und weist zusätzlich mit dem Ausbleiben lauter Geräuschkulissen, der Möglichkeit der aufrechten Haltung während der Messung, geringerer Anfälligkeit für Bewegungsartefakte, der hohen Mobilität und dem geringen Kostenaufwand viele Vorteile gegenüber dem fMRT auf. Zudem lässt sich die Methode gut mit der Messung eines EEGs kombinieren.

Dass mit der Methode der fNIRS neuronale Aktivität valide gemessen werden kann, belegen zahlreiche Studien. Während visueller Stimulation kommt es zu Hirnaktivität des visuellen Kortexes (Jasdzewski, Strangman et al. 2003; Plichta, Herrmann et al. 2006). Kognitive Aufgaben führen zu Aktivitäten des PFC, z.B. bei Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis (Ehlis, Bahne et al. 2008), zur Antworthemmung (Herrmann, Plichta et al. 2005a), zur Wortflüssigkeit (Herrmann 2005b) und zur Interferenz (Ehlis, Herrmann et al. 2005). Auch Studien zur Reliabilität belegen eine gute Reproduzierbarkeit der Hirnaktivität während visueller Stimulation (Plichta, Herrmann et al. 2006) und motorischer Aktivität (Plichta, Herrmann et al. 2007).

Bei dieser Untersuchung wurde zur Messung der präfrontalen Aktivierungen eine 3 x 11 Optoden –Haube gewählt. Diese Haube besteht aus 16 Photodektoren und 17 Lichtemittern mit einem Optodenabstand von jeweils 3 cm. Die Aktivierung konnte somit über 52 Kanäle aufgezeichnet werden. Die Haube wurde über frontalen und fronto– temporalen Gehirnregionen positioniert, wobei sich die mittlere Optode der untersten Reihe auf der Elektrodenposition FPz nach internationalem 10/20 –System des EEGs (Jasper 1958) befand. Somit erstreckte sich der Messbereich in etwa zu den EEG- Positionen T3 und T4.

Die Messung wurde mit einem Gerät der Serie ETG- 4000 (Hitachi Medical Co., Japan) durchgeführt. Das Gerät benutzt die sogenannte „continuous wave“ Methode mit einer Messrate von 10Hz. Es wird Licht aus den Wellenlängenbereichen von 695 ± 20 nm und 830 ± 20 nm verwendet. Somit können relative Konzentrationsveränderungen im O₂Hb und HHb berechnet werden (Hoshi 2003).

4.2.3 Emotional Arousal

Zur Erfassung der Intensität des emotionalen Zustandes wurde die 9- stufige Self-Assessment- Manikin (SAM)- Skala (Lang 2005) für das Arousal verwendet. Hierbei bedeutet 1 „sehr ruhig“ und 9 bedeutet „sehr aufregend“.

4.3 Untersuchungsablauf

Der Versuch fand in der Universitätsklinik und Poliklinik für Psychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik, in der Fuchsleinstr.15, in Würzburg statt. Insgesamt dauerte eine Messung etwa 1h 15min.

Zu Beginn unterschrieben die Vpn eine Einverständniserklärung und füllten im Anschluss einige Fragebögen aus. Während des Beantwortens der Fragebögen wurden erst die EEG- Elektroden und im Anschluss zusätzlich die NIRS- Haube angebracht. Den Vpn wurde von der Versuchsleiterin ausführlich die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung, in diesem Fall durch Richten des Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte, erläutert. Der Versuch begann mit einer Übung in Form einer Bildpräsentationsmappe. Hatten die Vpn ihre Aufgabe verstanden, begann das eigentliche Experiment und dauerte durchschnittlich 30 min. Im Anschluss wurden die NIRS- Haube und die EEG- Elektroden wieder entfernt und die Vpn beantworteten nochmals eine Nachbefragung zur Anwendung der Strategie der Aufmerksamkeitslenkung. Zuletzt bestand die Möglichkeit sich die Haare zu waschen.

4.3.1 Verwendete Fragebögen

Zu Beginn wurden erst einmal demografische Daten erhoben. Daraufhin wurden noch einmal direkt die Einschlusskriterien abgefragt und anhand der folgenden Fragebögen überprüft.

Die Händigkeit wurde durch das „Edinburgh Inventory of Handedness“ (EIH, Oldfield, 1979) festgestellt. Die Vpn müssen dabei angeben, welche Hand sie bevorzugt für verschiedene Tätigkeiten benutzen. Außerdem ist es möglich sowohl die Stärke der Handpräferenz anzugeben als auch zu markieren, dass man gewisse Tätigkeiten mit beiden Händen ausführen kann.

Zum Ausschluss von Vpn mit depressiver Symptomatik wurde der „Beck –Depression – Inventar“, BDI II (Hautzinger 2006), ausgewählt. Beim BDI II werden 21 Symptome abgefragt. Zu diesen Symptomen liegen jeweils 4 Aussagen vor und die Probanden sollen die Aussage auswählen, welche am besten ihre Gefühle der letzten zwei Wochen wieder spiegelt. Jede Aussage wird mit 0 bis 3 Punkten bewertet. Durch Addition der Punktwerte pro Aussage errechnet sich ein Gesamtwert, der zwischen 0 und 63 Punkten variieren kann. Die Gesamtpunktzahl gibt die Schwere einer Depression an. Bei einem Gesamtwert zwischen 0 und 13 bezeichnet man die Ausprägung einer Depression als minimal, zwischen 14 und 19 als leicht, zwischen 20 und 28 als mittelschwer und bei einer Punktzahl zwischen 29 und 63 spricht man von einer schweren Depression. Zum Ausschluss von der Untersuchung kam es ab einer Punktzahl von 14 Punkten.

Außerdem wurde das State- Trait- Angstinventar, STAI (Laux 1981), hinzugezogen. Die Skalenform X1 misst die Zustandsangst, die Skalenform X2 erfasst die allgemeine Ängstlichkeit als Persönlichkeitsmerkmal. Zu beiden Formen gibt es jeweils 20 Aussagen. Auf einer 4- stufigen Skala müssen die Vpn ankreuzen, ob sie sich im Augenblick (X1) oder im allgemeinen (X2) so fühlen, wie beschrieben. Pro Aussage können Einzelpunktwerte zwischen 1 und 4 erhoben werden. Durch Addition der 20 Einzelpunktwerte wird der Gesamtwert pro Skala berechnet. Dieser kann zwischen 20 und 80 Punkten betragen.

Zur Sicherung einer durchschnittlichen Intelligenz (laut MWT –B $IQ \geq 91$) der teilnehmenden Vpn ist auch der Mehrfachwahl- Wortschatz- Test, MWT (Lehrl 2005), durchgeführt worden. Der MWT- B beinhaltet 37 Zeilen innerhalb derer jeweils fünf Wörter präsentiert werden. Nur ein Wort in der Reihe existiert tatsächlich. Die Vpn sind angehalten in jeder Zeile das Wort durchzustreichen, das sie kennen. Durch Addition der richtig markierten Wörter wird der Gesamtwert ermittelt. Dieser wird anhand einer Normtabelle in einen IQ- Wert

umgewandelt. Ein Gesamtwert von 21 entspricht einem IQ von 91 und muss mindestens erreicht werden um laut Manual von einer durchschnittlichen Intelligenz sprechen zu können.

Zum Vergleich positiver und negativer Stimmung vor und nach der Untersuchung ist die deutsche Version des Positive And Negative Affect Schedule, PANAS (Krohne 1996), verwendet worden. Der PANAS setzt sich aus 20 Items zusammen mit je 10 positiven³ und 10 negativen⁴ Gefühlswörtern. Die Vpn soll auf einer Skala von 1 bis 5 ankreuzen (1= ganz wenig oder gar nicht, 5= äußerst), wie sehr diese Wörter ihrem Gefühlszustand entsprechen. Im Anschluss werden die angekreuzten Punktwerte der positiven oder negativen Wörter addiert und aus dem Gesamtwert wird letztlich die positive oder negative Affektivität der Vpn ermittelt.

Im Anschluss an die Untersuchung füllten die Versuchspersonen außerdem eine Nachbefragung aus. Diese diente der Erfolgskontrolle.

Die Nachbefragung beinhaltete offene Fragen. Die Vpn sollte zum einen angeben, ob sie die Strategie erfolgreich anwenden konnte, und zum anderen konkret abschätzen, in wieviel Prozent der Bilder ihr dieses gelungen ist. Außerdem sollte notiert werden auf welche Stelle innerhalb der präsentierten Bilder die Vpn zumeist ihren Fokus gerichtet hat. Zuletzt ist die Vpn noch zu Schwierigkeiten während der Untersuchung befragt worden.

4.3.2 Instruktion

Nach Anbringen aller EEG- Elektroden und der NIRS- Haube wurde der Untersuchungsraum abgedunkelt und der Vpn wurde am Bildschirm die Instruktion zur Methode der Aufmerksamkeitslenkung präsentiert. Die Vpn sollten sobald das Wort WEG erscheint ihre Aufmerksamkeit auf einen nicht- emotionalen Fokus, wie bspw. den Bildhintergrund, bei nachfolgender Bildpräsentation richten. Wenn das Wort HIN vor der nächsten Bildpräsentation erschien, sollten die Vpn das Bild aufmerksam zu betrachten. Im Anschluss an jeden Block waren die Vpn dazu angehalten ihren aktuellen Gefühlszustand anhand einer 9- stufigen Skala zu bewerten.

4.3.3 Übung

Vor Beginn der Präsentation des Versuches wurde das Verständnis der Methode anhand einer schriftlichen Übung kontrolliert. Die Vpn wurden ausführlich durch die Versuchsleiterin instruiert während der WEG- Bedingung den Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte

³ 1,3,4,6,10,11,13,15,17,18

⁴ 2,5,7,8,9,12,14,16,19,20

innerhalb des präsentierten Bildes zu richten und während der HIN- Bedingung das Bild mit Fokus auf den emotionalen Bildinhalt aufmerksam zu betrachten. Zur Übung wurden den Vpn Bilder aus dem IAPS (Lang 2005) der Kategorien Angst und Ekel (Mikels, Fredrickson et al. 2005) vorgelegt, die nicht für die eigentlichen Präsentation ausgewählt wurden. Sie waren nun aufgefordert innerhalb des Bildes schriftlich, bspw. durch Einkreisen, zu markieren auf welche Stelle sie unter HIN- oder WEG- Bedingung ihren Fokus richteten. Konnte anhand der schriftlichen Übung ein ausreichendes Verständnis der Strategie der Aufmerksamkeitslenkung dokumentiert werden, ist der Vpn nochmals die Möglichkeit gegeben worden ggf. bestehende Fragen zu stellen. Konnten diese geklärt werden, begann der eigentliche Versuch.

Die Vpn wurden darauf hingewiesen eine entspannte und bequeme Sitzhaltung einzunehmen, sich während des Versuchs möglichst wenig zu bewegen und möglichst wenig zu blinzeln um Artefakte im EEG zu verringern.

Nun wurde die Datenaufzeichnung mittels EEG und fNIRS gestartet und das Experiment begann mit Darbietung der Instruktion. Im Anschluss wurden die 120 Trials im Block-Design präsentiert.

4.4 Beschreibung der Stichprobe

Es wurden 35 Personen im Alter von 20 bis 26 Jahren aus dem Bekanntenkreis der Versuchsleiterin sowie aus der Versuchspersonenkartei der Universitätspsychiatrie Würzburg rekrutiert. Die Vpn waren ausschließlich weiblich, da geschlechtsspezifische Unterschiede in der Reaktion auf negative visuelle Stimuli nachgewiesen werden konnten (Canli, Desmond et al. 2002; Yang, Zhou et al. 2007). Darüber hinaus wurden nur Frauen untersucht die zum Zeitpunkt der Versuchsteilnahme mit Östrogenen verhüteten, da Östrogene das Arbeitsgedächtnis durch Beeinflussung des Dopaminlevels im PFC modulieren (Jacobs 2008). Um einen einheitlichen Östrogenstatus der Probandinnen zu gewährleisten durften nur hormonelle Verhütungsmittel, die kontinuierlich Ethinylestradiol, die synthetische Form des Östrogens, abgeben, eingenommen werden. Zugelassen waren demnach orale Einphasenpräparate sowie vaginale Freisetzungssysteme.

Ausgeschlossen von der Untersuchung wurden weiterhin Vpn mit psychiatrischen und neurologischen Vorerkrankungen, derzeitiger psychotherapeutischer Behandlung und Psychopharmaka- und Drogeneinnahme.

Außerdem wurden nur Rechtshänderinnen untersucht. Die Händigkeit wurde mittels des EIH überprüft.

Allerdings mussten vier Vpn aus der Datenanalyse ausgeschlossen werden, da es bei drei Vpn Probleme bei der Datenaufzeichnung gab und bei einer Person im Verlauf eine psychiatrische Erkrankung festgestellt wurde. Im Rahmen der Auswertung der EEG- Daten musste hier zusätzlich eine Person wegen unzureichender Daten ausgeschlossen werden.

Die in der Datenanalyse berücksichtigte Gruppe bestand somit aus 31 Frauen im Alter von 20 bis 26 Jahren ($M = 22,78$; $SD = 1,56$) mit einem mittleren IQ von 107 ($SD = 2,89$; Spannweite von 94 bis 136) laut MWT- B.

Hinsichtlich depressiver Symptomatik (BDI 2: $M = 4,67$; $SD = 4,57$). Die Range der Vpn reichte von 0 bis 15, worauf hin eine Versuchsperson ausgeschlossen werden musste.

Hinsichtlich situativer und habitueller Angst ergaben sich folgende Werte: STAI -X1: $M = 31,9$; $SD = 5,67$ und STAI -X2: $M = 35,73$; $SD = 7,62$. Anhand des PANAS (PA: $M = 20,7$; $SD = 5,1$; NA: $M = 1,82$; $SD = 1,44$) wurden Vpn im Anschluss an die Untersuchung bezüglich positiver und negativer Affektivität eingestuft.

In der Versuchsgruppe waren hauptsächlich Studentinnen, so hatten die meisten Vpn mindestens einen Fachschulabschluss und keine abgeschlossene Berufsausbildung. Alle Vpn waren ledig, sieben Vpn lebten allein, 25 Vpn mit einem festen Partner. Die meisten waren Nichtraucherinnen (24 Vpn) und tranken nicht regelmäßig Alkohol.

Die Probandinnen wurden durch eine Internetanzeige, durch Anschreiben der Versuchspersonenkartei der Universitätspsychiatrie Würzburg oder durch persönliche Ansprache rekrutiert. Sie erhielten bei gleichzeitiger Aufnahme in die Versuchspersonenkartei 15€ als Aufwandsentschädigung.

Das Studiendesign berücksichtigte die Richtlinien der „Declaration of Helsinki“. Die Genehmigung der Ethikkommission der Universität Würzburg wurde vor Studienbeginn eingeholt. Alle Teilnehmer wurden vor Durchführung der Untersuchung detailliert über den Versuchsaufbau und den Hintergrund dieser Studie aufgeklärt. Sie gaben danach schriftlich ihr Einverständnis zur Durchführung, Speicherung und Veröffentlichung ihrer Daten in anonymisierter Form.

4.5 Datenauswertung

4.5.1 Auswertung der EEG- Daten

Die Analyse des EEGs wurde mit dem Programm Vision Analyzer (Version 2.0; Brain Products, München) durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden die gesamten Daten im Rahmen einer Average Referenz transformiert. Hierbei wird von allen Elektrodenpotentialen einer Vpn zu allen Messzeitpunkten der Mittelwert dieser Potentiale bestimmt. Dieser

Mittelwert wird dann wiederum von allen zu diesem Zeitpunkt vorliegenden einzelnen Elektrodenpotentialen abgezogen. Als nächstes wurden die Daten auf verbundene Mastoide re-referenziert und im Anschluss die FP2 -und die Augenelektrode bipolar verschaltet. Dieses sogenannte vertikale Elektrokulogramm (EOG) wurde dann zur Korrektur von Blinzelartefakten nach Gratton and Coles (Gratton 1989) verwendet. Darauf hin wurden Epochen von insgesamt 800ms Länge definiert. Das Datensegment umfasste den Zeitraum von 100ms vor bis 700ms nach Stimuluspräsentation. Anschließend folgte eine automatische Artefakt- Ablehnung, wo Epochen mit Amplituden von mehr als $100\mu\text{V}$ oder weniger als $100\mu\text{V}$ sowie Spannungsänderungen von mehr als $100\mu\text{V}$ zwischen zwei Messpunkten ausgeschlossen wurden. Voraussetzung für jede Vpn war, dass mindestens 20 artefaktfreie Epochen pro Versuchsbedingung vorlagen, um in die weitere Analyse mit aufgenommen werden zu können. Die resultierenden artefaktfreien Epochen sind nun über die fünf Bedingungen⁵ (2 Bedingungen mit je 2 Emotionen und Neutral Betrachten) zu EKPs gemittelt worden.

Zudem wurde noch eine Baseline- Korrektur durchgeführt, bei der der Wert 100ms vor dem Stimulus als Baseline verwendet wurde. Zuletzt wurden nach der Bildpräsentation einzeln für die Elektrodenpositionen Cz, Pz und Oz die LPPs über ein Zeitfenster von 300 ms bis 500 ms nach Bildpräsentation gemittelt.

Zur statistischen Analyse wurden die EEG- Daten mit Hilfe von Varianzanalysen (ANOVA, Analysis of Variance) ausgewertet. Diese Analysen gehen von einem allgemeinen linearen Modell aus und überprüfen ob ein oder zwei Faktoren einen signifikanten Einfluss auf den Mittelwert einer bestimmten abhängigen Variable einer Gruppe haben.

Für die Elektrode Pz wurde zunächst eine Varianzanalyse mit dem between- Faktor „Emotion“ (Angst vs. Ekel vs. Neutral) x within Faktor „Bedingung“ (Betrachten) (Signifikanzniveau: $p = 0.05$) berechnet. Anschließend wurden zur genaueren Analyse signifikanter Interaktionen t- Tests für gepaarte Stichproben (Signifikanzniveau: $p = 0,05$) berechnet.

Zudem wurden die EEG- Daten der Elektrode Pz mittels einer weiteren Varianzanalyse mit dem between- Faktor „Emotion“ (Angst vs. Ekel) x dem within- Faktor (Betrachten vs. Regulation) (Signifikanzniveau: $p = 0,05$) analysiert. Signifikante Interaktionen wurden wiederum anhand von t- Tests für gepaarte Stichproben (Signifikanzniveau: $p = 0,05$) überprüft.

⁵ S1 = Regulation Angst, S2 = Betrachten Angst, S3 = Regulation Ekel, S4 = Betrachten Ekel S5 = Betrachten Neutral

4.5.2 Auswertung der fNIRS –Daten

Bevor eine statistische Analyse der NIRS- Daten erfolgen konnte, durchliefen die Daten mehrere Verarbeitungsschritte.

Zur Datenanalyse sind die Daten in das Computerprogramm Matlab R2008 (Math Works, Natick, MA) eingelesen und mit Hilfe laborinterner Auswerteroutinen verarbeitet worden. In einem ersten Schritt wurden langsame Signaldrifts der Daten mit einem Cosinus- Filter nivelliert. Um eine Verfälschung der Daten durch Bewegungsartefakte möglichst gering zu halten, wurden die Daten mittels der von Cui et al. vorgeschlagenen Prozedur (Cui, Bray et al. 2010) korrigiert. Diese von Cui et al. konzipierte Prozedur basiert auf der Annahme, dass Hirnaktivierung durch einen Anstieg von O₂Hb und einen parallelen Abfall von HHb abgebildet wird. Kommt es nun jedoch im Verlauf der Datenaufzeichnung zu einem gleichzeitigen Anstieg von O₂Hb und HHb wird dies als Artefakt gewertet und aus der Analyse herausgerechnet. Nach erfolgreicher Anwendung der Cui- Korrektur wird Hirnaktivierung nicht mehr getrennt für O₂Hb und HHb betrachtet sondern als zusammengefasste Kortexaktivierung. Die auf diese Weise prozessierten NIRS- Daten stellen dann ein Maß für die örtliche neuronale Aktivität dar.

Die Daten dieser Untersuchung wurden im Blockdesign erhoben. Innerhalb jedes Blocks wurde ein Zeitfenster von 20s, etwa ab Beginn der Stimuluspräsentation, definiert. Für jede Vpn und jeden Kanal wurden die aufgezeichneten Daten über sich wiederholende Bedingungen⁶ gemittelt. Somit resultierten Mittelwerte der gemessenen Aktivierungen als Maß für örtliche neuronale Aktivität während den unterschiedlichen Instruktionen. Im Anschluss wurde eine Baselinekorrektur jeweils zehn Sekunden vor jedem Block vorgenommen um interindividuelle Baselineunterschiede zu korrigieren und die einzelnen Durchgänge je Bedingung und je Kanal gemittelt. Somit resultierte pro Kanal eine Baseline-korrigierte Aktivierung.

Für eine erste Übersicht erfolgte eine graphische Abbildung der fNIRS- Daten in t- Maps. Dafür wurden für alle 52 Messkanäle über die nach Cui et al. korrigierten Kortexaktivierungen t- Tests gegen die Baseline gerechnet. Die resultierenden t- Werte wurden daraufhin farblich kodiert und zwischen den einzelnen Kanälen interpoliert und als t- Maps dargestellt.

Wegen der multiplen t- Tests wurden alle statistischen Schlussfolgerungen bei der Auswertung auf der Basis eines adjustierten α - Niveaus von $p = 0.05$ gezogen. Diese

⁶ S1 = Regulation Angst, S2 = Betrachten Angst, S3 = Regulation Ekel, S4 = Betrachten Ekel S5 = Betrachten Neutral

Adjustierung des α - Niveaus wurde mit der Berechnung von Dubey/ Armitage Palmar α - Grenzen vorgenommen (Sankoh 1997). In diesen korrigierten α - Grenzen ist die räumliche Korrelation zwischen den NIRS- Kanälen mit eingerechnet. Dies stellte folglich den Referenzrahmen dar und statistische Schlussfolgerungen wurden auf der Basis des α - Levels gezogen.

In den folgenden Tabellen werden die räumlichen Korrelationen und die korrigierten t- und p- Werte für die verschiedenen Bedingungen und die entsprechenden Kontraste dargestellt.

Tabelle 1: Darstellung der Korrelationen, der korrigierten t- und p-Werte nach DAP α - Korrektur der NIRS- Daten bei Präsentation von Bildern der Angst- Kategorie

| | Angst Betrachten | Angst Regulation | Angst Betrachten vs. Angst Regulation |
|----------------------|------------------|------------------|---------------------------------------|
| Korrelation | $r = 0.34$ | $r = 0.39$ | $r = 0.37$ |
| korrigierter t- Wert | $t_{31} = 2.87$ | $t_{31} = 2.79$ | $t_{31} = 2.81$ |
| Korrigierter p-Wert | $p = 0.0037$ | $p = 0.0046$ | $p = 0.0043$ |

Tabelle 2: Darstellung der Korrelationen, der korrigierten t- und p-Werte nach DAP α - Korrektur der NIRS- Daten bei Präsentation von Bildern der Ekel- Kategorie.

| | Ekel Betrachten | Ekel Regulation | Ekel Betrachten vs. Ekel Regulation |
|----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
| Korrelation | $r = 0.34$ | $r = 0.34$ | $r = 0.37$ |
| korrigierter t- Wert | $t_{31} = 2.86$ | $t_{31} = 3.49$ | $t_{31} = 2.82$ |
| Korrigierter p-Wert | $p = 0.0038$ | $p = 0.0008$ | $p = 0.0042$ |

Tabelle 3: Darstellung der Korrelationen, der korrigierten t- und p-Werte nach DAP α - Korrektur der NIRS- Daten bei Präsentation von neutralen und emotionalen Bildern.

| | Neutral Betrachten | Emotional Betrachten | Emotional Regulation | Emotional Betrachten vs. Emotional Regulation |
|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---|
| Korrelation | $r = 0.31$ | $r = 0.34$ | $r = 0.34$ | $r = 0.36$ |
| korrigierter t- Wert | $t_{31} = 2.91$ | $t_{31} = 2.86$ | $t_{31} = 2.87$ | $t_{31} = 2.83$ |
| korrigierter p- Wert | $p = 0.0034$ | $p = 0.0038$ | $p = 0.0038$ | $p = 0.0041$ |

Registrierung der Nirs- Kanäle auf die Raumkoordinaten des Montreal Neurological Institute (MNI)

Um den Zusammenhanges zwischen der Lokalisation der verwendeten Nirs- Kanälen und den entsprechenden räumlichen Koordinaten eines MNI Standardhirns darzustellen wurde eine Methode zur virtuellen Registrierung nach Tsuzuki et. al (Tsuzuki, Jurcak et al. 2007)

angewandt. Diese Methode nutzt mittels MRT erhobene neuroanatomische Daten (Okamoto, Dan et al. 2004; Jurcak, Okamoto et al. 2005) und überträgt die Positionen der Nirs- Kanäle auf ein standardisiertes 3D- Gehirn , Montreal Neurological Institute coordinate System MNI, (Collins, Neelin et al. 1994; Tsuzuki, Jurcak et al. 2007). Eine virtuelle Nirs- Haube kann somit auf die Kopfoberfläche projiziert werden. Basierend auf den von Tzourio- Mazoyer et. al. (Tzourio-Mazoyer, Landeau et al. 2002) beschriebenen anatomischen Korrelaten der Nirs- Kanäle, wurden die gefundenen Aktivierungen topografisch zugeordnet.

4.5.3 Auswertung des emotionalen Arousal und der Nachbefragung

Zunächst wurden die Arousal- Ratings der einzelnen Bildpräsentationen pro Vp für jede der einzelnen Versuchsbedingungen getrennt gemittelt. Anschließend wurden diese Werte mittels einer Varianzanalyse mit dem between- Faktor „Emotion“ (Angst vs. Ekel) x within- Faktor „Bedingung“ (Betrachten vs. Regulation) (Signifikanzniveau: $p = 0.05$) statistisch analysiert. Zur Auswertung der Nachbefragung, welche ausschließlich offene Fragen enthielt, wurden die Antworten der einzelnen Vpn verglichen und in prozentualer Häufung aufgeführt.

5 ERGEBNISSE

5.1 Subjektive Daten: emotionales Arousal und Nachbefragung

Die Varianzanalyse Emotion (Angst vs. Ekel) x Bedingung (Betrachten vs. Regulation) für die Arousal- Ratings ergab sowohl einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Emotion ($F_{1,31} = 18,42$, $p < 0,001$) als auch für den Faktor Bedingung ($F_{1,31} = 18,45$, $p < 0,001$). Jedoch konnte keine signifikante Interaktion Emotion x Bedingung ($F_{1,31} = 3,01$, $p = 0,09$) festgestellt werden.

Die genauere Analyse des Haupteffektes Emotion zeigte, dass die Emotion Ekel ($M = 4,02$; $SD = 0,28$) zu einem höheren emotionalen Arousal- Rating führte als die Emotion Angst ($M = 3,54$, $SD = 0,24$).

Bei Betrachtung des Haupteffektes Regulation hingegen wurden Bilder der Angst- Kategorie ($M = 4,15$, $SD = 0,31$) mit höheren emotionalen Arousal bewertet als Bilder der Ekel- Kategorie ($M = 3,41$, $SD = 0,23$).

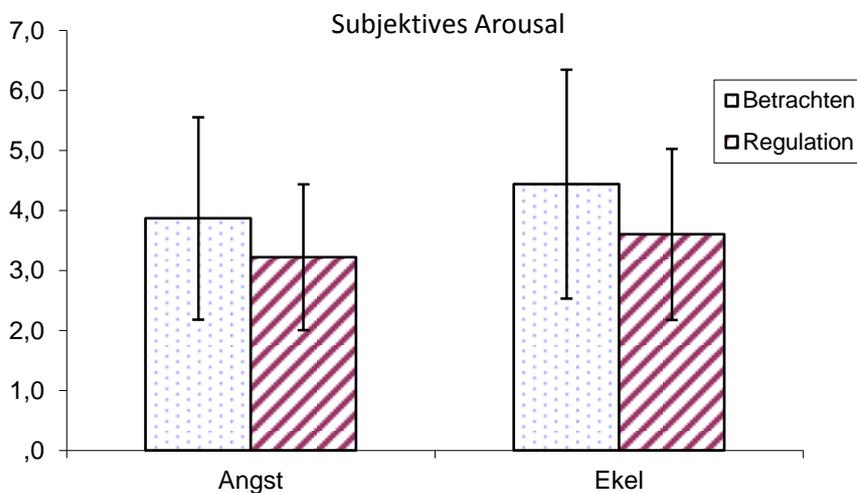


Abb. 5: Mittelwert und Standardabweichung der Arousal- Ratings in den zwei Versuchsbedingungen Betrachten und Regulation, getrennt für Emotionen Angst und Ekel.

Die Auswertung der Nachbefragung zeigte, dass die Vpn den Anteil misslungener Anwendung der Strategie („In wie viel Prozent der Fälle ist es Ihnen NICHT gelungen ist die Instruktion HIN bzw. WEG zu befolgen?“) mit durchschnittlich 8,05 % bewertet (maximal 40%, minimal 0%). Auf die Frage („Auf welche Stelle im Bild haben sie am häufigsten gesehen, wenn sie ihre Aufmerksamkeit WEG lenken sollten?“) antworteten 30 von 32 Vpn

(93,75%), dass sie ihren Fokus auf die Ecken des Bildes im Bildhintergrund richteten. Die verbliebenen zwei (6,25%) gaben an, dass sie individuell ihren Fokus auf nicht- emotionale Inhalte richteten.

Hinsichtlich der Bewertung von Schwierigkeiten („Gab es Schwierigkeiten während des Versuchs, und wenn ja, welche?“) gaben 15 Vpn (46,88%) keinerlei Schwierigkeiten an, sechs Vpn (18,75%) klagten über leichte Kopfschmerzen, drei Vpn (9,38%) beschrieben das Zeitfenster zur Anwendung der Emotionsregulationsstrategie als zu kurz und eine Vpn (3,13%) klagte über Übelkeit. Außerdem gaben zwei Vpn (6,25%) in der Nachbefragung an dass ihnen die Anwendung der WEG- Bedingung wesentlich schwerer gefallen ist als die HIN- Bedingung.

5.2 EEG –Daten

Die graphische Analyse der EKPs über den relevanten Elektrodenpositionen Pz, Cz und Oz zeigte, dass über Pz ein LPP vorlag. Da weder über Cz noch über Oz EKPs gefunden werden konnten, wurden die entsprechenden Daten nicht näher analysiert.

Im Folgenden werden die Ergebnisse zum LPP über Pz besprochen.

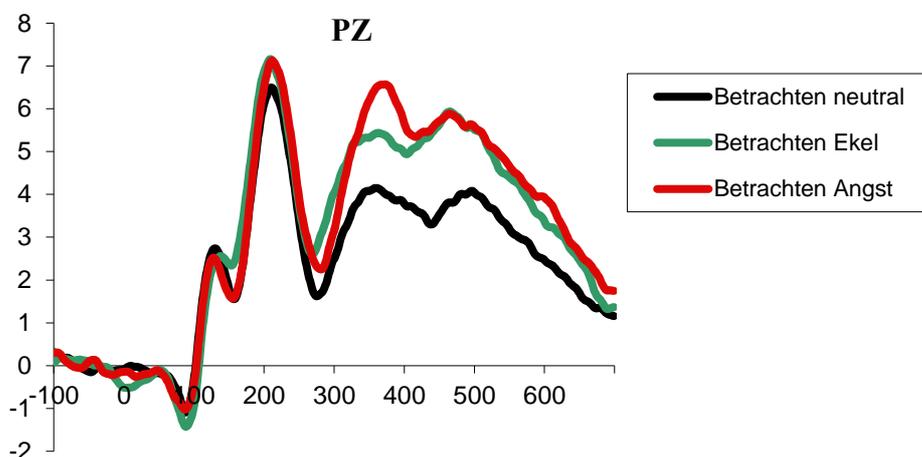


Abb. 6: Verlauf des LPP über Pz in der Versuchsbedingung Betrachten bei Präsentation von neutralen Bildern und Bildern der Ekel- und Angst- Kategorie.

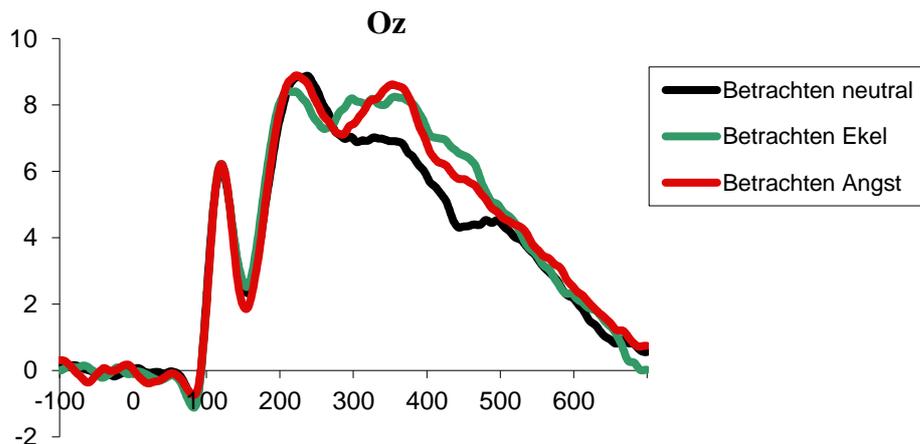


Abb. 7: Verlauf des LPP über Oz in der Versuchsbedingung Betrachten bei Präsentation von neutralen Bildern und Bildern der Ekel- und Angst- Kategorie.

5.2.1 Das LPP

Zur Untersuchung eines Emotionseffektes ist eine Varianzanalyse für den Faktor Emotion (Angst vs. Ekel vs. Neutral) nur für die Bedingung „Betrachten“ berechnet worden. Sie ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Emotion ($F_{2,60} = 19,10$, $p < 0,001$). Das Betrachten von Bildern der Angst- Kategorie ($M = 7,04$, $SD = 3,80$) führte zu einem höheren LPP über Pz als das Betrachten von Bildern der Ekel- Kategorie ($M = 6,45$, $SD = 4,28$). Das Betrachten neutraler Bilder ($M = 4,41$, $SD = 3,99$) zeigte erwartungsgemäß das kleinste LPP. Um den Haupteffekt Emotion wiederum aufzuklären, wurden die Kategorien Angst und Ekel mittels gepaarter t- Tests auf signifikante Unterschiede überprüft.

Es zeigte sich auch hier ein deutlicher Emotionseffekt: das LPP beim Betrachten von Bildern der Angst- Kategorie unterscheidet sich signifikant vom LPP beim Betrachten neutraler Bilder ($t_{31} = 5,42$; $p < 0,001$), ebenso wie das LPP beim Betrachten von Bildern der Ekel- Kategorie sich signifikant vom LPP beim Betrachten neutraler Bilder unterscheidet ($t_{31} = 4,46$; $p < 0,001$). Allerdings ergab der Vergleich des LPPs während des Betrachtens von Bildern der Angst- und Ekelkategorie keinen signifikanten Unterschied ($t_{31} = 1,52$; $p = 0,14$).

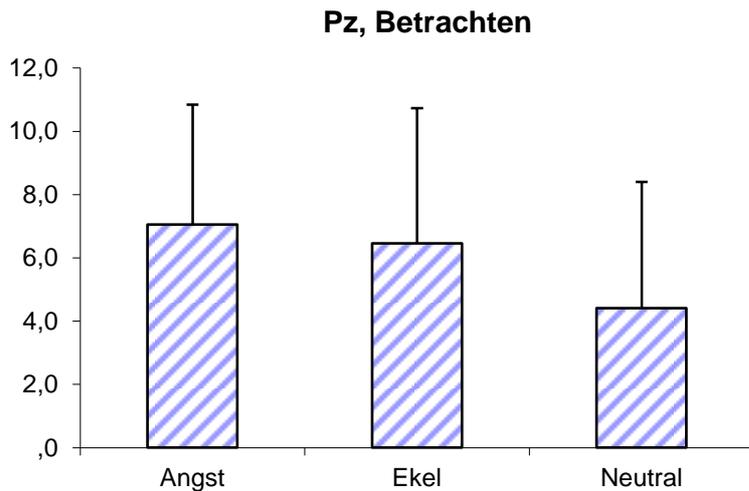


Abb. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen des LPPs über Pz in der Versuchsbedingung Betrachten, getrennt für die Bildkategorien Angst, Ekel und Neutral.

Die Varianzanalyse Emotion (Angst vs. Ekel) x Bedingung (Betrachten vs. Regulation) für das LPP über Pz ergab keinen signifikanten Haupteffekt für die den Faktor Emotion ($F_{1,30} = 0.44$; $p = 0.51$). Der Faktor Bedingung ($F_{1,30} = 27.72$; $p < 0.001$) hingegen beschrieb einen signifikanten Haupteffekt. Auch die Interaktion Emotion x Bedingung ($F_{1,30} = 18.69$; $p < 0.001$) wurde signifikant. Somit zeigte sich ein signifikanter Emotionsregulationseffekt.

Anhand von t- Tests für gepaarte Stichproben wurde der Emotionsregulationseffekt auf signifikante Unterschiede zwischen den Kategorien Angst und Ekel untersucht.

So unterschied sich das LPP bei Bildern der Angst- Kategorie in der Betrachten- Bedingung signifikant von der Regulations- Bedingung ($t_{31} = 5.84$; $p < 0.001$). Ebenso bei Bildern der Ekel- Kategorie zeigte der Vergleich des LPPs in der Betrachten- Bedingung mit der Regulations- Bedingung einen signifikanten Unterschied ($t_{31} = 3.67$; $p < 0.001$). Der Regulationseffekt, der aus der Differenz des LPP über Pz zwischen der Betrachten- und der Regulationsbedingung berechnet wurde, ist bei der Emotion Angst signifikant größer als bei der Emotion Ekel ($t_{31} = 3.89$; $p < 0.001$).

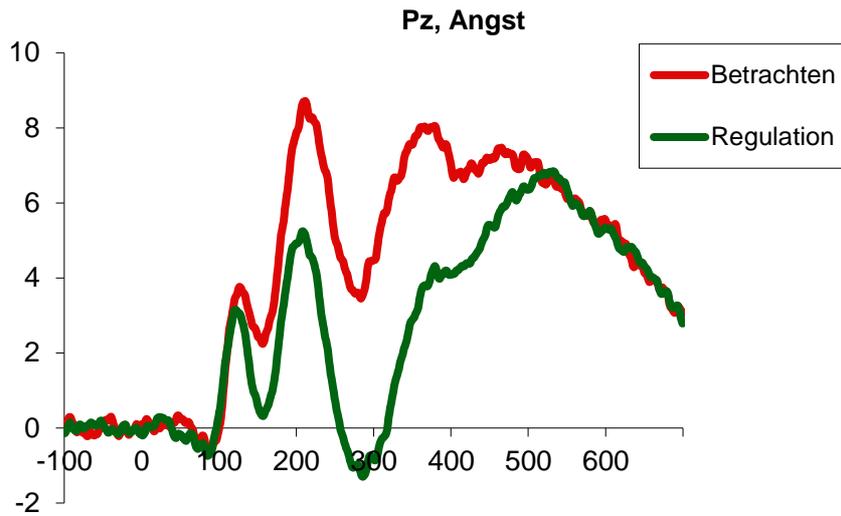


Abb. 9: Verlauf des LPP über Pz in den Versuchsbedingungen Betrachten und Regulation bei Präsentation von Bildern der Angst- Kategorie.

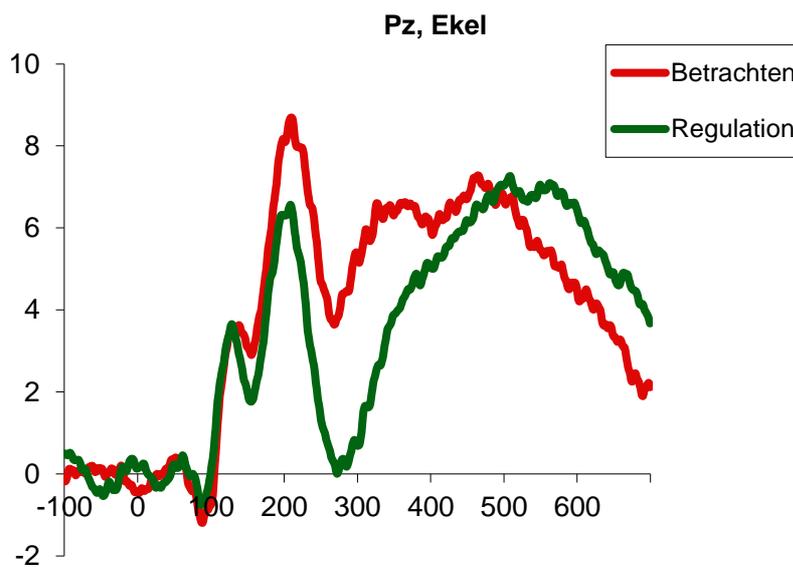


Abb. 10: Verlauf des LPP über Pz in den Versuchsbedingungen Betrachten und Regulation bei Präsentation von Bildern der Ekel- Kategorie.

5.3 NIRS –Daten

5.3.1 Ergebnisse der „Betrachten“- Bedingung

Beim Betrachten emotionaler Bilder im Vergleich zum Betrachten neutraler Bilder kam es lediglich in zwei Kanälen (# 25, # 29, $t_{31} > 2,86$, $p > 0,0038$) zu signifikanten Aktivierungen.

Dies zeigt Abb. 11b. Die Übertragung dieser aktivierten Nirs- Kanäle bezüglich der MNI-Raumkoordinaten beschreibt demnach, dass das Betrachten emotionaler Bilder im Vergleich zu neutralen Bildern zu bilateralen Aktivierungen im mittleren superioren Frontalkortex (# 25) und linkshemisphärisch zu Aktivierungen des inferioren Frontal- und des superioren Temporalkortexes (# 29) führte.

Die getrennte Auswertung ausschließlich für das Betrachten von Bildern der Ekel- Kategorie im Vergleich zum Betrachten neutraler Bilder ergab ebenso in nur zwei Kanälen (# 29, # 39, $t_{31} > 2.86$, $p > 0,0038$) signifikante Aktivierungen, wie in Abb. 11c dargestellt.

Der Vergleich der kortikalen Aktivierungen beim Betrachten von Bildern der Ekel- Kategorie mit neutralen Bildern führte somit ebenfalls zu Aktivierungen des linken inferioren Frontal- und des superioren Temporalkortexes (# 29) und darüber hinaus zu Aktivierungen des linken prä- und postzentralen Kortexes (# 39).

Das Betrachten emotionaler Bilder der Angst- Kategorie im Vergleich zum Betrachten neutraler Bilder hingegen zeigte signifikante Aktivierungen in sechs Kanälen (# 13, # 25, # 35, # 39, # 46, # 49, $t_{31} > 2,87$, $p > 0,0037$) und führte also zu mehr Aktivierungen im PFC als das Betrachten von Bildern der Ekel- Kategorie. Dies ist in Abb. 11d abgebildet.

Die Übertragung der aktivierten Messkanäle auf die entsprechenden Kortexareale beim Betrachten von Bildern der Angst- Kategorie im Vergleich zu neutralen Bildern ergab bilaterale Aktivierungen. Rechtshemisphärisch kam es zu Aktivierungen des mittleren und superioren Frontalkortexes (# 13, # 25, # 35, # 46), linkshemisphärisch zu Aktivierungen des inferioren, mittleren und superioren Frontalkortexes (# 39, # 46, # 49) sowie des prä- und postzentralen Kortexes (# 39, # 49).

Entgegen der Erwartungen kam es beim Betrachten neutraler Bilder zur deutlichsten Aktivierung des PFC. In 33 der 52 Messkanäle wurden signifikante Aktivierungen ausgewertet (# 1, # 2, # 3, # 4, # 5, # 6, # 8, # 9, # 11, # 12, # 13, # 14, # 15, # 16, # 17, # 18, # 19, # 21, # 24, # 25, # 26, # 27, # 28, # 29, # 35, # 36, # 37, # 38, # 39, # 46, # 47, # 48, # 49, $t_{31} > 2,91$, $p > 0,0034$).

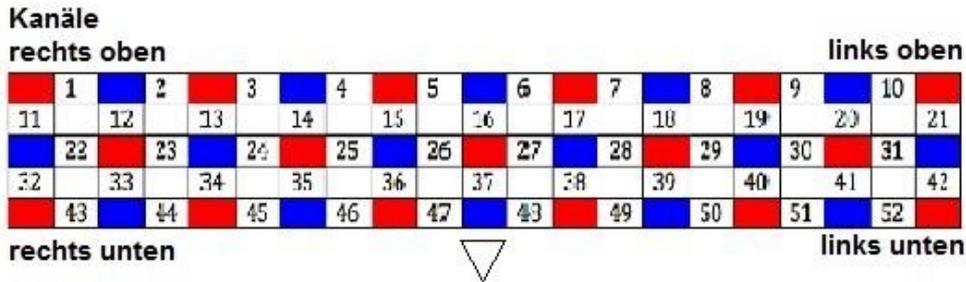


Abb. 11a

Betrachten emotionaler Bilder > Betrachten neutraler Bilder

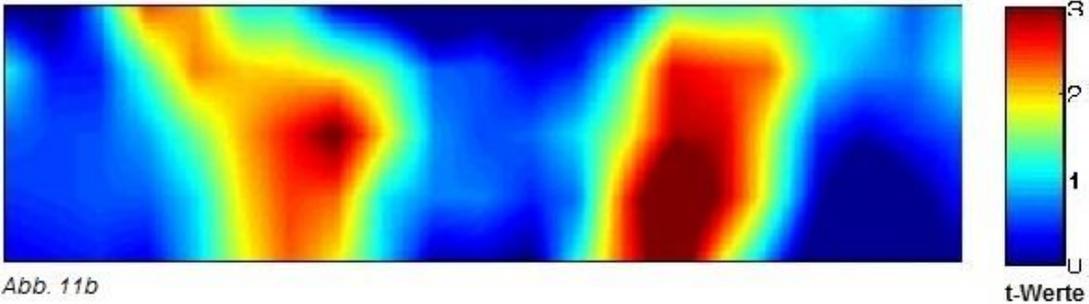


Abb. 11b

Betrachten Ekel-Bilder > Betrachten neutraler Bilder

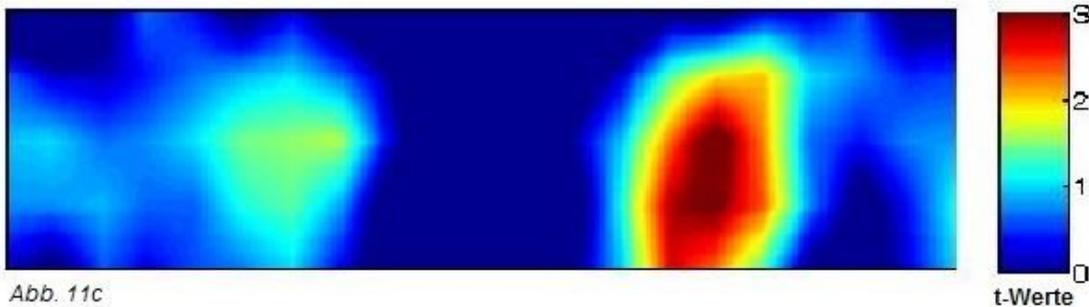


Abb. 11c

Betrachten Angst-Bilder > Betrachten neutraler Bilder

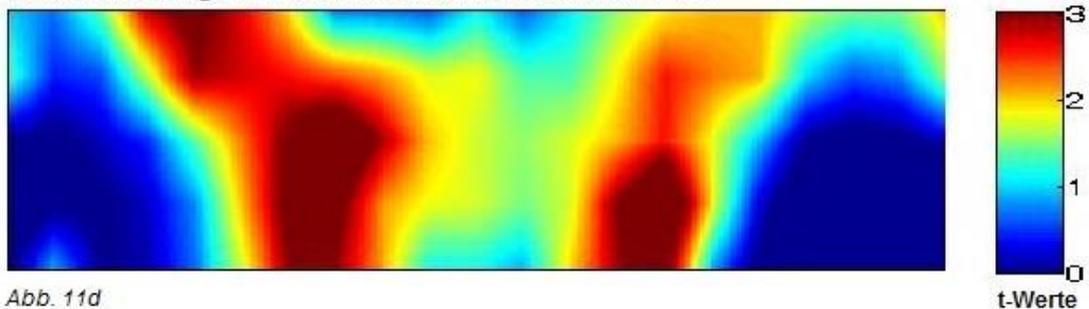


Abb. 11d

Abb. 11: a)Die Abbildung zeigt die Messkanäle der Probesetmaske, bestehend aus 52 fNirs- Kanälen, und wurde gemäß des internationalen 10/20 Systems an die Kopfoberfläche angepasst mit der mittleren Messoptode in der unteren Optoden- Reihe auf FPz. Die Maske erstreckte sich in Richtung der Positionen T3 /T4. Das Dreieck stellt die Nase dar.11b: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich *Betrachten emotionaler Bilder > Betrachten neutraler Bilder*.11c: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich *Betrachten Bilder der Ekel- Kategorie > Betrachten neutraler Bilder*.11d: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich *Betrachten Bilder der Angst- Kategorie > Betrachten neutraler Bilder*.

5.3.2 Ergebnisse der „Regulations“- Bedingung als Strategie der Aufmerksamkeitslenkung

Die Auswertung der Aktivierungen unter der Anwendung der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung bei emotionalen Bildern im Vergleich zum Betrachten neutraler Bilder ergab signifikante Aktivierungen in sechs Kanälen (# 11, # 13, # 24, # 25, # 35, # 39, $t_{31} > 2,87$, $p > 0,0038$). Dies zeigt Abb. 12b. Die Strategie führt also zu Aktivierungen des PFC.

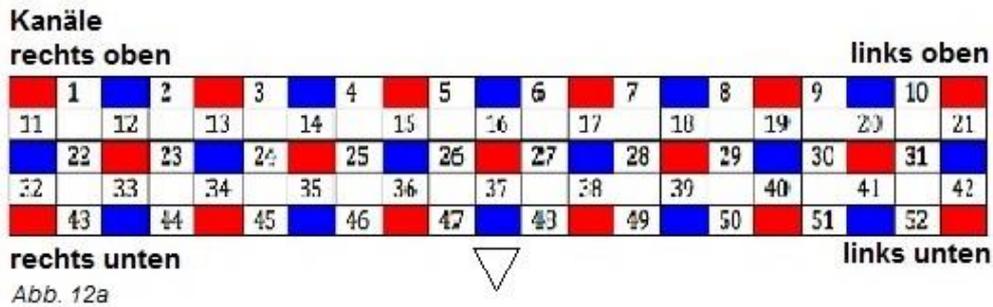
Die Übertragung wiederum der registrierten Nirs- Kanäle auf die entsprechenden Kortexareale gemäß der MNI- Raumkoordinaten beschreibt vor allem rechtshemisphärisch Aktivierungen des inferioren (# 11), mittleren und superioren Frontalkortexes (# 13, # 24, # 25, # 35). Auch der rechte mittlere und superiore Temporalkortex (# 11) zeigte Aktivierungen. Linkshemisphärisch war lediglich der inferiore Frontalkortex (#39) beteiligt.

Betrachtet man die Aktivierungen getrennt für die Kategorien Angst und Ekel in der „Regulations“- Bedingung so fanden wir für den Vergleich der Aktivierungen unter Anwendung der Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Ekel- Kategorie zum Betrachten neutraler Bilder nur einen signifikanten Kanal (# 25, $t_{31} > 3,49$, $p > 0,0008$), dargestellt in Abb. 12c.

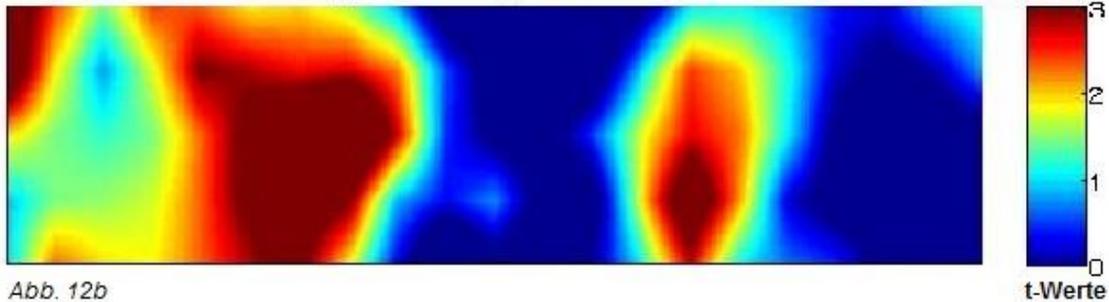
Diese Aktivierung in Messkanal # 25 entspricht Arealen der mittleren und superioren Frontalkortexes.

Für den Vergleich von Aktivierungen bei Anwendung der Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Angst- Kategorie zum Betrachten neutraler Bilder konnten in drei Kanälen (#11, # 25, # 35, $t_{31} > 2,79$, $p > 0,0046$) signifikante Aktivierungen beschrieben werden. Dies zeigt Abb. 12d.

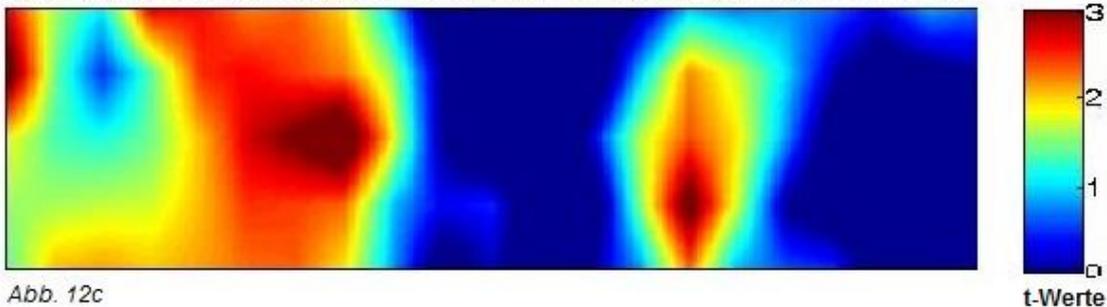
Folglich konnten in diesem Vergleich neben den bilateralen Aktivierungen im mittleren und superioren Frontalkortex (#25) zusätzlich Aktivierungen im rechten inferioren Frontalkortexes und des rechten mittleren und superioren Temporalkortexes (#35, #11) beschrieben werden.



Aufmerksamkeitslenkung bei emotionalen Bildern > Betrachten neutraler Bilder



Aufmerksamkeitslenkung bei Ekel-Bildern > Betrachten neutraler Bilder



Aufmerksamkeitslenkung bei Angst-Bildern > Betrachten neutraler Bilder

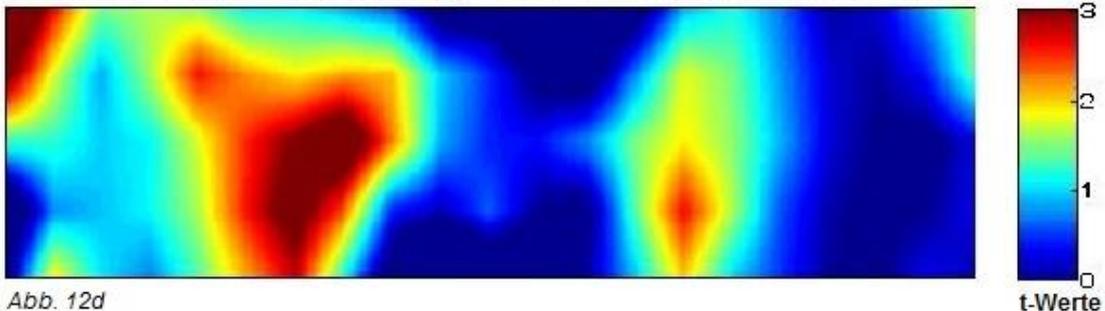


Abb. 12: a)Die Abbildung zeigt die Messkanäle der Probesetmaske, bestehend aus 52 fNirs- Kanälen, und wurde gemäß des internationalen 10/20 Systems an die Kopfoberfläche angepasst mit der mittleren Messoptode in der unteren Optoden- Reihe auf FPz. Die Maske erstreckte sich in Richtung der Positionen T3 /T4. Das Dreieck stellt die Nase dar 12b: Diese Abb. zeigt die Werte für den Vergleich *Aufmerksamkeitslenkung bei emotionalen Bildern > Betrachten neutraler Bilder*.12c: Diese Abb. zeigt Werte für den Vergleich *Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Ekel- Kategorie > Betrachten neutraler Bilder*.12d: Diese Abb. zeigt die Werte für den Vergleich *Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Angst- Kategorie > Betrachten neutraler Bilder*.

5.3.3 Ergebnisse der Interaktion „Regulation vs. Betrachten“

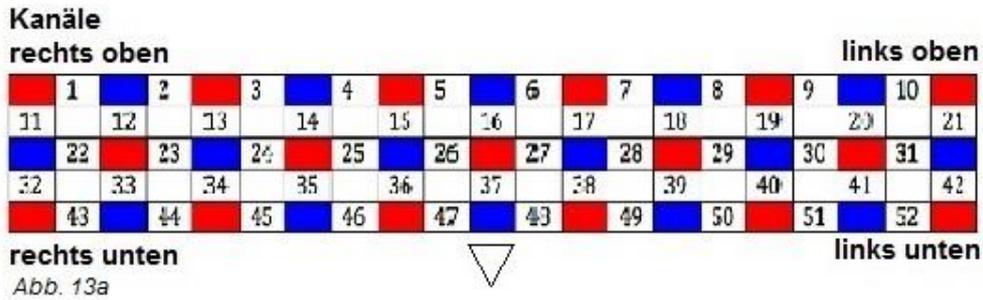
Die Auswertung des Vergleichs der gemessenen Aktivierungen bei Anwendung der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung bei Präsentation emotionaler Bilder mit den Aktivierungen beim reinen Betrachten emotionaler Bilder ergab schwach signifikante Aktivierungen in zwei Kanälen (# 1, # 11, $t_{31} > 2,83$, $p > 0,0041$). Dies beschreibt Abb.13b.

Die Übertragung dieser Aktivierungen auf die entsprechenden Kortextareale gemäß der MNI Raumkoordinaten entsprechen Aktivierungen des rechten postzentralen, supramarginalen Kortexes und des rechten inferioren Parietalkortexes (# 1), sowie des inferioren Frontal- und des mittleren und superioren Temporalkortexes (#11).

Betrachtet man wiederum die Aktivierungen für die Interaktion „Anwendung der Aufmerksamkeitslenkung vs. Betrachten“ nur für Bilder der Ekel- Kategorie so wurde ebenso Kanal 1 signifikant (# 1, $t_{31} > 2,82$, $p > 0,0042$), siehe Abb. 13c.

Diese Aktivierung in Messkanal # 1 entspricht ebenfalls Arealen des rechten postzentralen, supramarginalen Kortexes und des rechten inferioren Parietalkortexes.

Die Auswertung dieses Vergleiches für Bilder der Angst- Kategorie führte in keinem Kanal zu signifikanten Aktivierungen, was in Abb.13d abgebildet wird.



Aufmerksamkeitslenkung bei emotionalen Bildern > Betrachten emotionaler Bilder

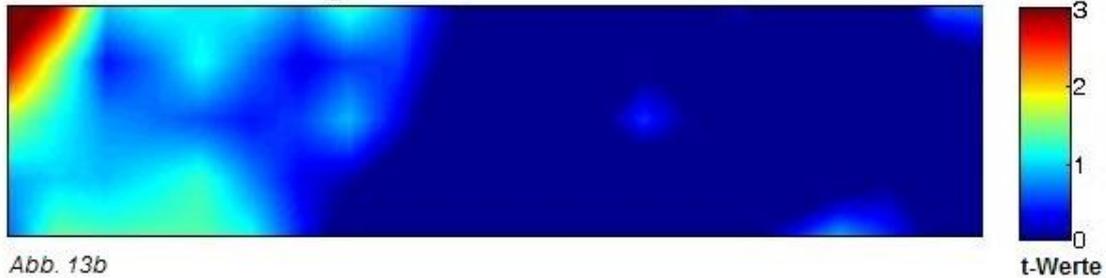


Abb. 13b

Aufmerksamkeitslenkung bei Ekel-Bildern > Betrachten Ekel-Bilder

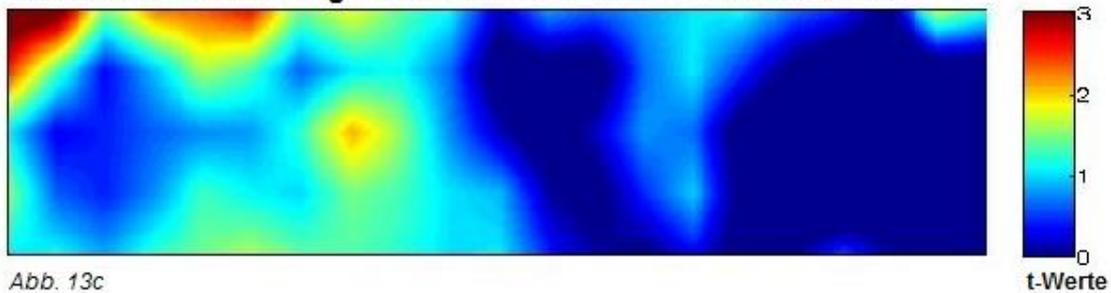


Abb. 13c

Aufmerksamkeitslenkung bei Angst-Bildern > Betrachten Angst-Bilder



Abb. 13d

Abb. 13: a)Die Abbildung zeigt die Messkanäle der Probesetmaske, bestehend aus 52 fNirs- Kanälen, und wurde gemäß des internationalen 10/20 Systems an die Kopfoberfläche angepasst mit der mittleren Messoptode in der unteren Optoden- Reihe auf FPz. Die Maske erstreckte sich in Richtung der Positionen T3 /T4. Das Dreieck stellt die Nase dar

13b: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich *Aufmerksamkeitslenkung bei emotionalen Bildern > Betrachten emotionaler Bilder*.13c: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich *Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Ekel- Kategorie > Betrachten Ekel- Bilder*.13d: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich *Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Angst- Kategorie > Betrachten Angst- Bilder*.

6 DISKUSSION

Das hauptwissenschaftliche Ziel dieser Dissertationsarbeit war die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung bezüglich ihrer Auswirkungen auf die neuronale Aktivität des Gehirns – gemessen mit EEG und fNIRS- und auf das subjektive Emotionsempfindens zu untersuchen. Dazu wurden zwei Hypothesen aufgestellt:

1. Die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung führt zu einer reduzierten Amplitude des LPP und zu einem niedrigeren emotionalem Arousal im Vergleich zur Nicht- Regulation.
2. Bei der Strategie der Aufmerksamkeitslenkung kommt es zu Aktivierungen des DMPFC und des DLPFC.

Die Auswertung der Arousal- Ratings zeigte einen deutlichen Regulationseffekt: Die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung bei Präsentation emotionaler Bilder führte zu einem niedrigeren emotionalen Arousal als das Betrachten emotionaler Bilder. Dies bestätigt die Ergebnisse anderer Studien, die ebenfalls subjektive Emotionsratings zur Aufmerksamkeitslenkung erhoben (McRae, Hughes et al. 2010; Kanske, Heissler et al. 2011; Lieberman, Inagaki et al. 2011; Ferri, Schmidt et al. 2012; Van Dillen, van der Wal et al. 2012). Auf subjektiver Ebene konnte die Emotion unter Anwendung der Strategie der Aufmerksamkeitslenkung demnach erfolgreich reguliert werden.

Die Auswertung der Arousal- Ratings bezüglich eines Emotionseffektes ergab, dass emotionale Bilder zwar zu einem höheren Arousal führten als neutrale Bilder aber kein signifikanter Unterschied zwischen den Emotionen Ekel und Angst bestand. Dies wiederum konnte ebenso in vorausgegangenen Studien (Stark, Schienle et al. 2003; Schafer, Schienle et al. 2005; Stark, Zimmermann et al. 2007; Schafer, Leutgeb et al. 2009) gezeigt werden, die ebenfalls Bilder der Angst- und Ekelkategorie als emotionale Stimuli verwendeten. Die Betrachtung des Hauteffektes Emotion zeigte jedoch, dass Bilder der Ekelkategorie im Mittel mit einem insgesamt höheren emotionalen Arousal bewertet wurden als Bilder der Angstkategorie. Auch Schäfer et al. (Schafer, Leutgeb et al. 2009) fanden höhere emotionale Arousal bei Präsentation von Bildern der Ekelkategorie als der Angstkategorie. Signifikant unterschied sich das Arousal für Ekel und Angst auch hier nicht. Interessanterweise mutmaßen Schäfer et al., dass eine hohe subjektive Empfindsamkeit gegenüber emotionalen Stimuli, wie Angst und Ekel, mit Defiziten in der Fähigkeit zur Emotionsregulation einhergehen könnte. In der vorliegenden Studie gaben die Probanden trotz des subjektiv höheren Arousals beim Betrachten von Bildern der Ekelkategorie unter Anwendung der

Aufmerksamkeitslenkung ein niedrigeres Arousal bei Bildern der Ekel- als der Angstkategorie an. Auf subjektiver Ebene würde dies der von Schäfer et al. aufgeführten Hypothese widersprechen. Da sich jedoch das emotionale Arousal unter Anwendung der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung bei Ekel- und Angstbildern nicht signifikant unterschieden, kann hier lediglich eine Tendenz beschrieben werden. Um die Hypothese von Schäfer und Kollegen zu untersuchen sollten weitere Untersuchungen zum subjektiven Arousal unter Anwendung von Emotionsregulationsstrategien bei Präsentation von Bildern der Angst- und Ekelkategorie anhand größerer Stichproben erfolgen.

In der graphischen Analyse der EEG- Daten konnte über der Elektrodenposition Pz ein LPP nachgewiesen werden. Auch vorausgegangene Studien (Schupp, Cuthbert et al. 2000; Keil, Bradley et al. 2002; Hajcak, Dunning et al. 2007; Foti and Hajcak 2008; Dunning and Hajcak 2009) beschreiben das LPP typischerweise maximal über parietalen und posterioren Regionen. Andere Studien (Cuthbert, Schupp et al. 2000; Schupp, Cuthbert et al. 2000; Paul, Kathmann et al. 2016) fanden außerdem ein LPP über der Position Cz, was jedoch in dieser Studie nicht nachgewiesen werden konnte.

In der vorliegenden Studie konnten die Ergebnisse von Dunning et al. (Dunning and Hajcak 2009), dass die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung auf nicht- emotionale Bildinhalte zu einer Reduktion des LPP führte, repliziert werden.

Vorraussetzung ist die Annahme, dass das LPP einen Marker für die Sensitivität gegenüber emotionalen Stimuli darstellt. Dies konnte bereits in zahlreichen Studien gezeigt werden (Cuthbert, Schupp et al. 2000; Hajcak and Nieuwenhuis 2006).

Auch die vorliegende Arbeit belegt einen signifikanten Emotionseffekt. Das Betrachten emotionaler Bilder führte im Vergleich zu neutralen Bildern zu einem signifikant erhöhten LPP. Analog zu den Ergebnissen des subjektiven Arousals konnte bei der Betrachtung des Emotionseffektes kein signifikanter Unterschied zwischen Bildern der Angst- und Ekelkategorie festgestellt werden.

Die weitere Auswertung der EEG- Daten beschreibt ebenso einen signifikanten Regulationseffekt. Der Regulationseffekt war bei der Emotion Angst signifikant größer als bei der Emotion Ekel. In der vorliegenden Studie ließ sich folglich die Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung deutlicher bei Präsentation von Angst induzierenden Stimuli abbilden. Sowohl beim subjektiven Arousal als auch in der Auswertung der EEG- Daten unterschieden sich Angst und Ekel nicht signifikant. In der aktuellen Literatur sind keine Studien zur Emotionsregulation und zu Auswirkungen des verwendeten Stimulustyps vorliegend. Eine 2013 von Costa und Kollegen (Costa, Cauda et al.

2013) durchgeführte Studie untersuchte die Basisemotionen Angst, Ekel, Ärger, Freude und Traurigkeit auf Unterschiede in der zeitlichen und räumlichen neuronalen Abbildung mittels EEG und fMRI. Die Analyse ergab keine spezifischen Korrelate der einzelnen Basisemotionen. Vielmehr zeigten sich räumliche Überlappungen vor allem der Emotionen Angst und Ekel. Diese Hypothese wird auch von einer 2012 durchgeführten Meta- Analyse zur anatomischen Grundlage von Emotionen unterstützt (Lindquist, Wager et al. 2012).

Anhand vieler vorausgegangener Studien konnte gezeigt werden, dass das LPP ebenso ein sensitiver Marker ist um Effekte von Emotionsregulationsstrategien darzustellen, vor allem jedoch für die Strategie des Reappraisal (Hajcak and Nieuwenhuis 2006; van Reekum, Johnstone et al. 2007; Foti and Hajcak 2008).

Dunning et al. konnten dies erstmals für die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung zeigen. Sie nahmen an, dass das LPP erhöhte Aufmerksamkeitsprozesse gegenüber emotionalen Stimuli abbildet (Schupp, Cuthbert et al. 2000; Schupp, Junghofer et al. 2003). Die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung durch Richten des emotionalen Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte innerhalb desselben emotionalen Stimulus führte zur Reduktion des LPP und stellte somit einen objektiven Messwert zur Beurteilung des Strategieerfolges dar. Es folgte die Hypothese, dass durch den emotionalen Stimulus hervorgerufene Aufmerksamkeit durch gerichtete Aufmerksamkeit verdrängt werden kann (Dunning and Hajcak 2009). Wir konnten in der vorliegenden Studie ebenfalls einen signifikanten Emotionsregulationseffekt nachweisen. Im Gegensatz zu Dunning et al. war es im Rahmen dieser Studie den Probanden unter der Regulationsbedingung frei gestellt einen nicht- emotionalen Fokus innerhalb des präsentierten Bildes zu wählen. In der sich anschließenden Nachbefragung gaben 93,75% der Probanden an, dass sie unter der Regulationsbedingung ihren Fokus auf den Bildhintergrund gerichtet hatten. Subjektiv war es in nur 8,05% der präsentierten Stimuli den Probanden nicht gelungen die geforderte Strategie anzuwenden. Ein häufig aufgeführter Kritikpunkt im Bereich klinischer Studien zur willentlichen Emotionsregulation ist die mangelnde Kontrolle der korrekten Durchführung der entsprechenden Emotionsregulationsstrategien. In einer von van Reekum et al. (van Reekum, Johnstone et al. 2007) durchgeführten fMRI- Studie wurden während der Bildpräsentation die fixierten Bildpunkte mittels Eye- Tracking erfasst. Auch hier zeigte sich, dass unter der Instruktion Emotion zu regulieren der Fokus auf weniger emotionale Bildinhalte im Bildhintergrund gerichtet wurde. Diese Beobachtung passt zu den Ergebnissen der subjektiven Nachbefragung in der vorliegenden Arbeit.

Interessanterweise sollte in der von van Reekum und Kollegen durchgeführten Studie zur verminderten Emotionswahrnehmung die Strategie des Reappraisals angewendet werden.

Somit ergab sich konsequenterweise die Hypothese, dass die Emotionsregulationsstrategien der Aufmerksamkeitslenkung und des Reappraisals eng miteinander verknüpft sind. Van Reekum et al. nahmen an, dass die Probanden die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung als Form des Reappraisals nutzten. Das Richten des Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte somit auch zu einer Neuinterpretation der gesamten Bildsituation führte. Dass das LPP ein sensitiver Marker zur Beurteilung von Emotionsregulationsstrategien ist, konnte mehrfach in Studien zum Reappraisal belegt werden (Hajcak and Nieuwenhuis 2006; van Reekum, Johnstone et al. 2007; Foti and Hajcak 2008). Zur Aufmerksamkeitslenkung konnte es erstmals durch Dunning et al.(Dunning and Hajcak 2009) beschrieben werden, was erfolgreich in der vorliegenden Arbeit repliziert werden konnte. Weitere EEG- Studien zur Aufmerksamkeitslenkung konnten ebenfalls nachweisen, dass das Ablenken der Aufmerksamkeit weg vom emotionalen Fokus zu einer reduzierten Amplitude des LPP führte (Hajcak, Dunning et al. 2009; Wiens, Sand et al. 2011; Wiens and Syrjanen 2013).

Das LPP in der vorliegenden Arbeit wurde in einem Zeitfenster von 300-500ms nach Stimulus- Präsentation gemessen. Dies wiederum passt zu der Hypothese vorheriger Studien, dass frühere Komponenten des LPP eher automatische, unwillentliche Prozesse abbilden, während spätere Komponenten eher willentliche Prozesse, wie gerichtete Aufmerksamkeit oder die Verarbeitung emotionaler Inhalte, beinhalten (Weinberg and Hajcak 2011; Kujawa, Weinberg et al. 2013; Uusberg, Thiruchselvam et al. 2014; Paul, Kathmann et al. 2016).

Das LPP scheint somit ein probater Marker zur Messung von Emotionsregulation mittels Aufmerksamkeitslenkung zu sein.

Weiterhin unklar hingegen ist, welcher Prozess für die Modulation des LPP verantwortlich ist. Basierend auf diesen Studien entstand die Forderung die Rolle der Aufmerksamkeitslenkung durch Richten des Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte in Kombination mit funktioneller Bildgebung zu untersuchen.

Folgende fMRT- Studien zur Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung (McRae, Hughes et al. 2010; Kanske, Heissler et al. 2011) beschrieben neben reduzierter bilateraler Amygdalaaktivität zunehmende präfrontale Aktivierungsmuster im Bereich des DMPFC und des DLPFC. Infolgedessen erwarteten wir in dem bereits erfolgreich angewendetem Studiendesign zur Aufmerksamkeitslenkung durch das Richten des Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte (Dunning and Hajcak 2009) mittels fNIRS ebenfalls präfrontale Aktivierungen im Bereich des DMPFC und des DLPFC ableiten zu können.

Entgegen der Auswertung der Arousal- Ratings und der EEG- Daten konnte in der vorliegenden Studie mit Hilfe der fNIRS kein Emotionseffekt nachgewiesen werden. Das

Betrachten neutraler Bilder führte zu deutlich mehr bilateraler präfrontaler Aktivierung als das Betrachten emotionaler Bilder. Dieser Befund widerspricht den Ergebnissen vorausgegangener fNIRS- Studien (Herrmann, Ehlis et al. 2003; Matsuo, Kato et al. 2003; Yang, Zhou et al. 2007; Glotzbach, Muhlberger et al. 2011; Kreplin and Fairclough 2013), die ebenfalls Bilder mit emotionalem Bildinhalt als Stimulus verwendeten und bei Bildbetrachtung eine Zunahme präfrontaler Aktivierungsmuster beschrieben. Der positive Emotionseffekt bei Präsentation negativer emotionaler Bilder wird auch durch vorausgegangene fMRT- Studien unterstützt, die zunehmende präfrontale Aktivierungen fanden (Dolcos, LaBar et al. 2004; Stark, Schienle et al. 2004; Bermpohl, Pascual-Leone et al. 2006; McRae, Hughes et al. 2010) . Ebenso beschreibt eine aktuelle NIRS- Studie von Ozawa et al. (Ozawa, Matsuda et al. 2014) Aktivierungen im anterioren vmPFC während einer Arbeitsgedächtnis Aufgabe nach Emotionsinduktion durch negative emotionale Bilder. Bei Präsentation von neutralen Bildern zur Emotionsinduktion konnten keine signifikanten Aktivierungen gefunden werden.

Betrachtet man den Emotionseffekt getrennt für die Emotionen Angst und Ekel im Vergleich zur Baseline so kam es bei Präsentation von Angst- Bildern zu deutlich mehr Aktivierungen im DLPFC und VLPFC als bei Präsentation von Ekel- Bildern (s. Abb. 11). Somit könnte der negative Emotionseffekt unter anderem auch dadurch begründet sein, dass negative Bilder der Ekelkategorie nicht geeignet sind Emotionsinduktionseffekte abzubilden. Dies wiederum widerspricht jedoch den subjektiven Arousal- Ratings und den oben aufgeführten EEG- Befunden, wo sich kein signifikanter Unterschied bei Bildern der Angst- und Ekelkategorie ergab.

Insgesamt ist der nicht vorhandene Emotionseffekt in der vorliegenden Arbeit schwer zu interpretieren, da in Zusammenschau des subjektiv gesteigerten Emotionsempfindens und dem erhöhten LPP bei Präsentation emotionaler Bilder im EEG erfolgreich ein Emotionseffekt im angewandten Studien- Paradigma beschrieben werden kann.

Die Auswertung der Aktivierungen unter der Anwendung der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung bei emotionalen Bildern im Vergleich zum Betrachten neutraler Bilder ergab vor allem rechtshemisphärisch signifikante Aktivierungen (s. Abb. 12). Die signifikanten Aktivierungen im mittleren und superioren Frontalkortex (#13, #24, #25, #35) können dem rechten DLPFC zugeordnet werden.

In der getrennten Auswertung für Bilder der Angst- und Ekelkategorie kam es auch unter der Regulationsbedingung bei Bildern der Angstkategorie zu mehr signifikanten präfrontalen Aktivierung als bei Bildern der Ekelkategorie.

Die Betrachtung der Interaktion zwischen der Emotionsinduktions- Bedingung und der Emotionsregulations- Bedingung ergab im Gegensatz zu den Ergebnissen zahlreicher vorausgegangener fMRT- Studien (Ochsner, Bunge et al. 2002; Levesque, Eugene et al. 2003; Ochsner, Ray et al. 2004; Kalisch, Wiech et al. 2006; Banks, Eddy et al. 2007; McRae, Hughes et al. 2010; Kanske, Heissler et al. 2011) keine signifikanten präfrontalen Aktivierungsmuster (s.Abb.13). Lediglich am rechten inferioren Parietal/ Temporalkortex konnten signifikante Aktivierungen abgeleitet werden. Die im Widerspruch dazu stehenden fMRT- Studien nutzten vor allem die Methode des Reappraisal zur Emotionsregulation (Ochsner, Bunge et al. 2002; Ochsner, Ray et al. 2004; Kalisch, Wiech et al. 2005; Banks, Eddy et al. 2007). Allerdings konnte auch in fMRT- Studien zur Aufmerksamkeitslenkung (Kalisch, Wiech et al. 2006; Kanske, Heissler et al. 2011) erhöhte Aktivierungen im PFC im Vergleich zur Nicht- Regulationsbedingung abgeleitet werden. In der aktuellen Literatur gibt es weitere fNIRS- Studie zur Emotionsregulation (Glotzbach, Muhlberger et al. 2011; Ozawa, Matsuda et al. 2014; Tupak, Dresler et al. 2014). Glotzbach et al. wendeten zur Emotionsregulation die Strategie des Reappraisals an. In einem Bild- basiertem Paradigma wurden neutrale Bilder und Bilder der Angstkategorie präsentiert. Es konnte zwar ein positiver Emotionsinduktionseffekt nachgewiesen werden, jedoch ebenso keine positive Interaktion zwischen Emotionsinduktion und Emotionsregulation. Hingegen beschreiben Tupak et al. sehr wohl präfrontale Aktivierungen im Bereich des VLPFC während einer kognitiven „labeling- task“ bei Präsentation bedrohlicher Bilder im Vergleich zu neutralen Bildern. In einer weiteren NIRS- Studie zur Aufmerksamkeitslenkung (Ozawa and Hiraki 2017) wurden Aktivierungen im vmPFC während einer Aufmerksamkeit erregenden, konkurrierenden „Finger- tapping task“ gefunden. Je höher das Tempo der konkurrierenden „Finger – tapping task“ desto größer waren die präfrontalen Effekte.

Da im angewandten Studiendesign kein Emotionseffekt mittels fNIRS nachgewiesen werden konnte, können der beschriebene Regulationseffekt im Bereich des rechten DLPFC sowie die schwach signifikanten Aktivierungen rechts parietal, temporal während der Interaktion Emotionsinduktion versus Emotionsregulation nicht eindeutig interpretiert werden.

Mögliche Begründungen, warum in der vorliegenden Studie die erwarteten präfrontalen Effekte nicht nachgewiesen werden konnten, könnten sein, dass die Methode der Aufmerksamkeitslenkung auf nicht- emotionale Bildinhalte nicht korrekt angewendet wurde, oder insgesamt die Betrachten- Bedingung der Regulations- Bedingung zu ähnlich war oder die Probanden selbst zu wenig motiviert waren. Dagegen spricht jedoch, die vor Beginn der eigentlichen Untersuchung durchgeführte Übung. Erst nachdem die Probandinnen glaubhaft

an Hand dieser Übung versicherten die Methode verstanden zu haben, wurde mit der eigentlichen Bildpräsentation begonnen. Auch in der im Anschluss an die Untersuchung durchgeführten Nachbefragung gaben die Probanden an die geübte Strategie weitestgehend problemlos und korrekt angewendet zu haben, wobei nie auszuschließen ist, dass die Probanden sozial erwünscht antworteten. Zur erhöhten Sicherheit der korrekten Anwendung der jeweiligen Methode führten vorherige Studien (Ochsner, Ray et al. 2004; Eippert, Veit et al. 2007; McRae, Hughes et al. 2010) Übungen einige Tage im voraus zur eigentlichen Untersuchung durch. Möglicherweise könnte dies zur zuverlässigeren Anwendung der gewünschten Strategien führen.

Zudem sprechen die Ergebnisse der simultan durchgeführten EEG- Untersuchung für sehr wohl vorhandene Emotionsregulationsprozesse im angewandten Studiendesign. Möglicherweise könnte auch die Tatsache, dass sowohl in der Betrachten- Bedingung als auch in der Regulations- Bedingung die gleichen emotionalen Bilder aus dem IAPS- System verwendet wurden, zu Habituationseffekten geführt haben. Allerdings haben Studien zuvor ebenso die gleichen emotionalen Bilder unter Anwendung unterschiedlicher Strategien erfolgreich verwendet (Herrmann, Ehli et al. 2003; Dunning and Hajcak 2009; McRae, Hughes et al. 2010; Tupak, Dresler et al. 2014). Wie bereits von Dunning et al. (Dunning and Hajcak 2009) gefordert könnten zur Objektivierung der korrekten Anwendung der Methode in nachfolgenden Studien die Blickbewegungen beispielsweise mittels „Eye- Tracking“ zeitgleich gemessen werden. fMRT- Studien, die zuvor erfolgreich präfrontale Aktivierungen unter Anwendung der Aufmerksamkeitslenkung nachweisen konnten nutzten jedoch zur Aufmerksamkeitslenkung Methoden, die sich durchaus deutlicher von der Emotionsinduktions- Bedingung unterschieden, als in der vorliegenden Arbeit. Kanske et al. (Kanske, Heissler et al. 2011) nutzten eine arithmetische Rechenaufgabe, wohingegen McRae et al. (McRae, Hughes et al. 2010) eine 6- Buchstaben- Gedächtnisaufgabe zur Instrumentalisierung der Aufmerksamkeitslenkung verwendeten. In der NIRS- Studie zur Aufmerksamkeitslenkung von Ozawa et al. (Ozawa and Hiraki 2017) wurde eine „finger- tapping task“ angewendet. Kalisch et al. (Kalisch, Wiech et al. 2006) wählten gar kein Bild basiertes Paradigma, sondern die Emotion Angst wurde in Erwartung eines Schmerzreizes erzeugt. Die Probanden waren angehalten sobald sie das Aufkommen ängstlicher Emotionen bemerkten sofort an etwas anderes zu denken. In der vorliegenden Arbeit sollte angelehnt an die Studie von Dunning et al. (Dunning and Hajcak 2009) die Aufmerksamkeitslenkung durch das Richten des emotionalen Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte erfolgen. Möglicherweise war der Unterschied zwischen der Emotionsregulations- Bedingung und der

Emotionsinduktions- Bedingung zu gering um mittels funktioneller Bildgebung abgebildet zu werden. Nachfolgende Studien könnten beispielsweise bereits in der fMRT- Bildgebung erfolgreich angewendete Methoden zur Aufmerksamkeitslenkung im Rahmen einer fNIRS- Studie untersuchen.

Die vorliegende Studie verwendete zur Stimuluspräsentation ein Block- Design in der Erwartung deutlicher die einzelnen Effekte der jeweiligen Bedingung herauszustellen. Auch Dunning et al. (Dunning and Hajcak 2009), an deren Studienaufbau die vorliegende Arbeit angelehnt ist, präsentierte die Stimuli im Block- Design. Innerhalb eines Blocks, der 40 sec dauerte, wurden je 10 Bilder a 4 sec dargeboten, sodass gegebenenfalls das Inter- Stimulus- Intervall zu kurz war, um präfrontale Aktivierungen zu generieren. Es könnte auch ein Gewöhnungsaspekt innerhalb des jeweiligen Blockes die Aufmerksamkeit und Motivation der Probandinnen verringert haben. Gegen ein zu kurzes Interstimulus- Intervall spricht das Design der fMRT- Studie von Kanske et al.(Kanske, Heissler et al. 2011), die den Stimulus ebenfalls für 5 sec präsentierten, und präfrontale Aktivierungen während der Aufmerksamkeitslenkung beschrieben. Zudem wird basierend auf vorausgegangenen EEG- Studien (Thiruchselvam, Blechert et al. 2011; Uusberg, Thiruchselvam et al. 2014) die Aufmerksamkeitslenkung als eine eher früh im emotionsgenerierenden Prozess eingreifende Strategie bezeichnet. Demnach müsste eine kurze Triallänge dieser Strategie eher entgegen kommen.

Weiterführende Studien zur verbesserten Auswertung von NIRS- Daten im Bereich des Präfrontalkortex haben gezeigt, dass die hohe Sensitivität dieser Methode gegenüber hämodynamischen Schwankungen in der Kopfhaut eine große Störvariable darstellt (Kirilina, Jelzow et al. 2012; Erdogan, Yucel et al. 2014; Shirvan, Setarehdan et al. 2017). Kirilina et al. (Kirilina, Jelzow et al. 2012) haben basierend auf der Annahme, dass das OxyHb- Signal im Präfrontalkortex anfällig für Hautdurchblutungsartefakte ist, eine Regressionsanalyse entwickelt, welche die extracraniellen und die cerebralen Anteile des NIRS- Signals separieren kann. Eine solche Korrektur nach Hautdurchblutungsartefakten sollte in zukünftigen Arbeiten angewendet werden, um die tatsächlich cerebralen Effekte des NIRS- Signals zu beschreiben.

Auch könnte man generell diskutieren ob es überhaupt möglich ist die kognitive Strategie der Aufmerksamkeitslenkung mittels fNIRS abzubilden. Betrachtet man dazu die fNIRS- Studie von Herrmann et al. (Herrmann, Ehli et al. 2003) zur Bedeutung von Anforderungen an einen emotionalen Stimulus und deren Auswirkung auf das Ausmaß präfrontaler

Aktivierungen während der Emotionsinduktion, so könnte man argumentieren, dass je mehr persönliche Relevanz der Stimulus hat, desto mehr präfrontale Aktivierungen abzuleiten sind. So könnte man folgern, dass durch das Lenken des Fokus auf nicht- emotionale Bildinhalte allgemein die Emotionsverarbeitung erschwert sein kann. Allerdings fanden Tupak et al. (Tupak, Dresler et al. 2014) Aktivierungen im VLPFC während einer „affect- labeling- task“ bei Präsentation bedrohlicher Stimuli nicht aber bei Präsentation neutraler Stimuli. Auch die Methode des „affect- labeling“ beinhaltet eine Ablenkung vom emotionalen Fokus und könnte somit auch als eine Methode der Aufmerksamkeitslenkung interpretiert werden.

Auch Glotzbach et al. (Glotzbach, Muhlberger et al. 2011) beschreiben in der bereits erwähnten fNIRS- Studie zur Emotionsregulationsstrategie des Reappraisals Aktivierungen im linken PFC während der Emotionsregulation, die sich jedoch nicht signifikant von der Emotionsinduktion unterschieden hat.

So kann folglich auch in der vorliegenden Arbeit diskutiert werden, ob die Methode der fNIRS aufgrund der schlechteren räumlichen Auflösung gegenüber dem fMRT überhaupt geeignet ist kognitive Prozesse wie die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung abzubilden. Dagegen sprechen fNIRS Studien zu kognitiven Prozessen die präfrontale Aktivierungen ableiten konnten (Ehlis, Herrmann et al. 2005; Boecker, Buecheler et al. 2007; Ehlis, Bahne et al. 2008; Tupak, Dresler et al. 2014). Auch die Arbeit von Herrmann et al. (Herrmann, Woidich et al. 2008) zu Aufmerksamkeitsprozessen widerspricht dieser Hypothese.

Glotzbach et. al hingegen argumentierten, dass die Methode der fNIRS auf die oberen 1,5 cm (Hoshi, Shimada et al. 2005) bis 2,5 cm (Okada and Delpy 2003) des Kortex beschränkt und somit tiefere Strukturen nicht erfasst. Vorausgegangene fMRT- Studien zur Emotionsregulation aber eben relevante Veränderungen tieferer neuronaler Strukturen wie beispielsweise die Amygdala beschreiben (Banks, Eddy et al. 2007; Eippert, Veit et al. 2007; McRae, Hughes et al. 2010; Kanske, Heissler et al. 2011).

Ozawa et al. (Ozawa and Hiraki 2017) beschreiben präfrontale Effekte bei der Aufmerksamkeitslenkung im Bereich des vmPFC und mutmaßen, dass ebenso Prozesse im medialen PFC an Emotionsregulation beteiligt sind. Diese Region wiederum ist schwer für die Methode der fNIRS zugänglich.

Weiterhin kann man diskutieren, ob das simultane Ableiten des EEGs und der fNIRS eine mögliche Fehlerquelle darstellt. Jedoch zeigten andere Arbeiten, die ebenfalls diese Messmethoden kombinierten, dass die Signale von fNIRS und EEG sich nicht beeinflussen (Horovitz and Gore 2004; Herrmann, Huter et al. 2008; Ehlis, Ringel et al. 2009; Hoshi, Huang et al. 2011). Auch das kurze Stimulusintervall von 4 sec pro Bild war in diesem

Zusammenhang möglicherweise nicht ausreichend um präfrontale Aktivierungen ableiten zu können. Hoshi et al. (Hoshi, Huang et al. 2011) nutzten jeweils ein Stimulusintervall von etwa 6 sec und konnten präfrontale Aktivierungen bei Präsentation emotionaler Bildinhalte nachweisen. Auch Hermann et al. (Herrmann, Huter et al. 2008), die kortikale Aktivierungen über dem Okzipitalkortex bei Präsentation emotionaler Bildinhalte ableiten konnten, verwendeten ein längeres Interstimulusintervall von 5-7 sec. Beide Studien untersuchten mittels kombinierter EKP- fNIRS- Messung jedoch einen Emotionseffekt, welcher anhand kortikaler Aktivierungsmuster beschrieben werden konnte. Auch Glotzbach et al. (Glotzbach, Muhlberger et al. 2011), die weiterführend eine fNIRS- Studie zur Emotionsregulation durchführten, beschreiben ebenso lediglich einen Emotionseffekt jedoch keinen signifikanten Regulationseffekt.

Ziel dieser Arbeit war es, die zuvor in fMRI- Studien beschriebenen, präfrontalen Aktivierungen bei der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung auch mit der Methode der fNIRS abbilden zu können. Da im vorliegenden Studien- Design lediglich signifikante Effekte im EEG zur Aufmerksamkeitslenkung dargestellt werden konnten, bleibt es weiterhin zu untersuchen, in wie weit die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung mit der non- invasiven Methode der fNIRS abgebildet werden kann.

Gerade aufgrund der Non- Invasivität dieser Methode sollte die fNIRS auch in zukünftigen Studien zur Emotionsforschung eingesetzt werden. Denn es bleibt weiterhin das Ziel Defekte in der Emotionsverarbeitung als Ursache vieler psychiatrischer Erkrankungen genauer zu untersuchen und somit besser zu verstehen.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung konnten zeigen, dass auf subjektiver Ebene die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung das Emotionsempfinden erfolgreich reduzieren kann.

Auch in der EEG- Ableitung konnte ein signifikanter Regulationseffekt während der Aufmerksamkeitslenkung beschrieben werden.

Somit konnte die Hypothese, dass die Strategie der Aufmerksamkeitslenkung sowohl zu einer Reduktion des subjektiven Arousal als auch zur Reduktion des LPP führt, bestätigt werden. Die Ergebnisse von Dunning et al.(Dunning and Hajcak 2009) konnten folglich im angewandten Studien- Design repliziert werden.

Die Ergebnisse der fNIRS ergaben weder einen signifikanten Emotions– noch einen signifikanten Regulationseffekt. Anhand der vorliegenden Arbeit können somit auch keine Aussagen bezüglich möglicher kortikaler Aktivierungsmuster bei der Emotionsregulationsstrategie der Aufmerksamkeitslenkung getroffen werden.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Aggleton, J. P. (1993). "The contribution of the amygdala to normal and abnormal emotional states." Trends Neurosci 16(8): 328-333.

Allman, J. M., A. Hakeem, et al. (2001). "The anterior cingulate cortex. The evolution of an interface between emotion and cognition." Ann N Y Acad Sci 935: 107-117.

Banks, S. J., K. T. Eddy, et al. (2007). "Amygdala-frontal connectivity during emotion regulation." Soc Cogn Affect Neurosci 2(4): 303-312.

Bantick, S. J., R. G. Wise, et al. (2002). "Imaging how attention modulates pain in humans using functional MRI." Brain 125(Pt 2): 310-319.

Barbas, H. (2007). "Flow of information for emotions through temporal and orbitofrontal pathways." J Anat 211(2): 237-249.

Beauregard, M., V. Paquette, et al. (2006). "Dysfunction in the neural circuitry of emotional self-regulation in major depressive disorder." Neuroreport 17(8): 843-846.

Beer, J. S. S., R.P.; Knight, R.T. (2004). Frontal lobe contributions to executive control of cognitive and social behavior. The Cognitive Neurosciences. M. S. Gazzaniga. Cambridge, MIT Press: 1091-1104.

Berpohl, F., A. Pascual-Leone, et al. (2006). "Dissociable networks for the expectancy and perception of emotional stimuli in the human brain." Neuroimage 30(2): 588-600.

Berpohl, F., M. Walter, et al. (2009). "Attentional modulation of emotional stimulus processing in patients with major depression--alterations in prefrontal cortical regions." Neurosci Lett 463(2): 108-113.

Birbaumer, N. S., R.F. (2006). Biologische Psychologie. Heidelberg, Springer.

Bishop, S., J. Duncan, et al. (2004). "Prefrontal cortical function and anxiety: controlling attention to threat-related stimuli." Nat Neurosci 7(2): 184-188.

Blair, K. S., B. W. Smith, et al. (2007). "Modulation of emotion by cognition and cognition by emotion." Neuroimage 35(1): 430-440.

Boecker, M., M. M. Buecheler, et al. (2007). "Prefrontal brain activation during stop-signal response inhibition: an event-related functional near-infrared spectroscopy study." Behav Brain Res 176(2): 259-266.

Botvinick, M., L. E. Nystrom, et al. (1999). "Conflict monitoring versus selection-for-action in anterior cingulate cortex." Nature 402(6758): 179-181.

Bush, G., P. Luu, et al. (2000). "Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex." Trends Cogn Sci 4(6): 215-222.

Buxton, R. B., K. Uludag, et al. (2004). "Modeling the hemodynamic response to brain activation." Neuroimage 23 Suppl 1: S220-233.

- Cahill, L. and J. L. McGaugh (1998). "Mechanisms of emotional arousal and lasting declarative memory." Trends Neurosci 21(7): 294-299.
- Calder, A. J., A. D. Lawrence, et al. (2001). "Neuropsychology of fear and loathing." Nat Rev Neurosci 2(5): 352-363.
- Campbell-Sills, L., A. N. Simmons, et al. (2011). "Functioning of neural systems supporting emotion regulation in anxiety-prone individuals." Neuroimage 54(1): 689-696.
- Canli, T., J. E. Desmond, et al. (2002). "Sex differences in the neural basis of emotional memories." Proc Natl Acad Sci U S A 99(16): 10789-10794.
- Cardinal, R. N., J. A. Parkinson, et al. (2002). "Emotion and motivation: the role of the amygdala, ventral striatum, and prefrontal cortex." Neurosci Biobehav Rev 26(3): 321-352.
- Cavada, C. and W. Schultz (2000). "The mysterious orbitofrontal cortex. foreword." Cereb Cortex 10(3): 205.
- Collins, D. L., P. Neelin, et al. (1994). "Automatic 3D intersubject registration of MR volumetric data in standardized Talairach space." J Comput Assist Tomogr 18(2): 192-205.
- Costa, T., F. Cauda, et al. (2013). "Temporal and spatial neural dynamics in the perception of basic emotions from complex scenes." Soc Cogn Affect Neurosci.
- Cui, X., S. Bray, et al. (2010). "Functional near infrared spectroscopy (NIRS) signal improvement based on negative correlation between oxygenated and deoxygenated hemoglobin dynamics." Neuroimage 49(4): 3039-3046.
- Cuthbert, B. N., H. T. Schupp, et al. (2000). "Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report." Biol Psychol 52(2): 95-111.
- Damasio, A. R. (1999). The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness. New York, Harcourt Brace & Co.
- Damasio, A. R. (2007). Descartes' Irrtum: Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. Berlin, List Taschenbuch.
- Damasio, A. R., T. J. Grabowski, et al. (2000). "Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions." Nat Neurosci 3(10): 1049-1056.
- Davidson, R. J. (1992). "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion." Brain Cogn 20(1): 125-151.
- Davidson, R. J., K. M. Putnam, et al. (2000). "Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation--a possible prelude to violence." Science 289(5479): 591-594.

Davidson, R. J. P., D.;Nitschke, J.B.;Kalin,N.H. (2003). Parsing the subcomponents of emotion and disorders of emotion:Perspectives from affective neuroscience. Handbook of affective science. K. R. S. R.J.Davodson, H.H.Goldsmith. Oxford, New Oxford University Press: 8-24.

Davis, M. and P. J. Whalen (2001). "The amygdala: vigilance and emotion." Mol Psychiatry 6(1): 13-34.

De Cesarei, A. and M. Codispoti (2006). "When does size not matter? Effects of stimulus size on affective modulation." Psychophysiology 43(2): 207-215.

de Fockert, J. W., G. Rees, et al. (2001). "The role of working memory in visual selective attention." Science 291(5509): 1803-1806.

Devinsky, O., M. J. Morrell, et al. (1995). "Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour." Brain 118 (Pt 1): 279-306.

Diekhof, E. K., K. Geier, et al. (2011). "Fear is only as deep as the mind allows: a coordinate-based meta-analysis of neuroimaging studies on the regulation of negative affect." Neuroimage 58(1): 275-285.

Dieler, A. C., M. M. Plichta, et al. (2010). "Suppression of emotional words in the Think/No-Think paradigm investigated with functional near-infrared spectroscopy." Int J Psychophysiol 78(2): 129-135.

Dillon, D. G., M. Ritchey, et al. (2007). "Dissociable effects of conscious emotion regulation strategies on explicit and implicit memory." Emotion 7(2): 354-365.

Dolcos, F., K. S. LaBar, et al. (2004). "Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: an event-related fMRI study." Neuroimage 23(1): 64-74.

Dolcos, S., K. Sung, et al. (2011). "Brain imaging investigation of the neural correlates of emotion regulation." J Vis Exp(54).

Dunning, J. P. and G. Hajcak (2009). "See no evil: directing visual attention within unpleasant images modulates the electrocortical response." Psychophysiology 46(1): 28-33.

Ehlis, A. C., C. G. Bahne, et al. (2008). "Reduced lateral prefrontal activation in adult patients with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) during a working memory task: a functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) study." J Psychiatr Res 42(13): 1060-1067.

Ehlis, A. C., M. J. Herrmann, et al. (2005). "Multi-channel near-infrared spectroscopy detects specific inferior-frontal activation during incongruent Stroop trials." Biol Psychol 69(3): 315-331.

Ehlis, A. C., T. M. Ringel, et al. (2009). "Cortical correlates of auditory sensory gating: a simultaneous near-infrared spectroscopy event-related potential study." Neuroscience 159(3): 1032-1043.

- Eippert, F., R. Veit, et al. (2007). "Regulation of emotional responses elicited by threat-related stimuli." Hum Brain Mapp 28(5): 409-423.
- Erber, R. T., A. (1992). "Task effort and the regulation of mood: The absorption hypothesis." Journal of Experimental Social Psychology 28(4): 339-359.
- Erdogan, S. B., M. A. Yucel, et al. (2014). "Analysis of task-evoked systemic interference in fNIRS measurements: insights from fMRI." Neuroimage 87: 490-504.
- Erk, S., A. Kleczar, et al. (2007). "Valence-specific regulation effects in a working memory task with emotional context." Neuroimage 37(2): 623-632.
- Erk, S., A. Mikschl, et al. (2010). "Acute and sustained effects of cognitive emotion regulation in major depression." J Neurosci 30(47): 15726-15734.
- Ferrari, M., L. Mottola, et al. (2004). "Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy." Can J Appl Physiol 29(4): 463-487.
- Ferri, J., J. Schmidt, et al. (2012). "Neural correlates of attentional deployment within unpleasant pictures." Neuroimage 70C: 268-277.
- Foland-Ross, L. C., L. L. Altshuler, et al. (2010). "Amygdala reactivity in healthy adults is correlated with prefrontal cortical thickness." J Neurosci 30(49): 16673-16678.
- Foti, D. and G. Hajcak (2008). "Deconstructing reappraisal: descriptions preceding arousing pictures modulate the subsequent neural response." J Cogn Neurosci 20(6): 977-988.
- Fox, M. D., A. Z. Snyder, et al. (2006). "Coherent spontaneous activity accounts for trial-to-trial variability in human evoked brain responses." Nat Neurosci 9(1): 23-25.
- Garavan, H., T. J. Ross, et al. (1999). "Right hemispheric dominance of inhibitory control: an event-related functional MRI study." Proc Natl Acad Sci U S A 96(14): 8301-8306.
- Ghashghaei, H. T., C. C. Hilgetag, et al. (2007). "Sequence of information processing for emotions based on the anatomic dialogue between prefrontal cortex and amygdala." Neuroimage 34(3): 905-923.
- Glitzbach, E., A. Muhlberger, et al. (2011). "Prefrontal Brain Activation During Emotional Processing: A Functional Near Infrared Spectroscopy Study (fNIRS)." Open Neuroimag J 5: 33-39.
- Goldin, P. R., T. Manber, et al. (2009a). "Neural bases of social anxiety disorder: emotional reactivity and cognitive regulation during social and physical threat." Arch Gen Psychiatry 66(2): 170-180.
- Goldin, P. R., T. Manber-Ball, et al. (2009b). "Neural mechanisms of cognitive reappraisal of negative self-beliefs in social anxiety disorder." Biol Psychiatry 66(12): 1091-1099.
- Gratton, G. C., M.G.H. (1989). "Generalization and evaluation of eyemovement correction procedures." Journal of Psychophysiology 3: 1-50.

Gross, J. J. (1998a). "The emerging field of emotion regulation: An integrative review." Review of General Psychology 2: 271-299.

Gross, J. J. (1998b). "Antecedent- and response-focused emotion regulation: Divergent consequences for experience, expression, and physiology." J Pers Soc Psychol 74(1): 224-237.

Gross, J. J. (2002). "Emotion regulation: affective, cognitive, and social consequences." Psychophysiology 39(3): 281-291.

Gross, J. J. (2007). Handbook of Emotion regulation.

Gross, J. J. and R. W. Levenson (1997). "Hiding feelings: the acute effects of inhibiting negative and positive emotion." J Abnorm Psychol 106(1): 95-103.

Gross, J. J. M., R.F. (1995). "Emotion regulation and mental health." Clinical Psychology: Science and Practice 2: 151-164.

Gross, J. J. R., J.M.; John, O.P. (2006). Emotion regulation in everyday life. Emotion regulation in couples and families: Pathways to dysfunction and health. D. K. S. Synder, A.; Hughes, J.N. Washington, DC, American Psychological Association: 13-35.

Gross, J. J. T., R.A. (2007). Emotion Regulation Conceptual Foundations. Handbook of Emotion Regulation. J. J. Gross. 1: 3-24.

Hajcak, G., J. P. Dunning, et al. (2007). "Neural response to emotional pictures is unaffected by concurrent task difficulty: an event-related potential study." Behav Neurosci 121(6): 1156-1162.

Hajcak, G., J. P. Dunning, et al. (2009). "Motivated and controlled attention to emotion: time-course of the late positive potential." Clin Neurophysiol 120(3): 505-510.

Hajcak, G., A. MacNamara, et al. (2010). "Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review." Dev Neuropsychol 35(2): 129-155.

Hajcak, G. and S. Nieuwenhuis (2006). "Reappraisal modulates the electrocortical response to unpleasant pictures." Cogn Affect Behav Neurosci 6(4): 291-297.

Hajcak, G. and D. M. Olvet (2008). "The persistence of attention to emotion: brain potentials during and after picture presentation." Emotion 8(2): 250-255.

Hariri, A. R., S. Y. Bookheimer, et al. (2000). "Modulating emotional responses: effects of a neocortical network on the limbic system." Neuroreport 11(1): 43-48.

Hautzinger, M. K., C.; Keller, F. (2006). BDI II, Beck Depression Inventar. Frankfurt/Main, Harcourt Test Services GmbH.

Heeger, D. J. and D. Ress (2002). "What does fMRI tell us about neuronal activity?" Nat Rev Neurosci 3(2): 142-151.

Herrmann, M. J., A. C. Ehlis, et al. (2003). "Prefrontal activation through task requirements of emotional induction measured with NIRS." Biol Psychol 64(3): 255-263.

- Herrmann, M. J., T. Huter, et al. (2008). "Enhancement of activity of the primary visual cortex during processing of emotional stimuli as measured with event-related functional near-infrared spectroscopy and event-related potentials." Hum Brain Mapp 29(1): 28-35.
- Herrmann, M. J., M. M. Plichta, et al. (2005a). "Optical topography during a Go-NoGo task assessed with multi-channel near-infrared spectroscopy." Behav Brain Res 160(1): 135-140.
- Herrmann, M. J., E. Woidich, et al. (2008). "Brain activation for alertness measured with functional near infrared spectroscopy (fNIRS)." Psychophysiology 45(3): 480-486.
- Herrmann, M. J. E., A.C.;Scheuerpflug,P.; Fallgatter, A.J. (2005b). "Optical Topography with Near -Infrared Spectroscopy During a Verbal -Fluency Task." Journal of Psychophysiology 19(2): 100-105.
- Horovitz, S. G. and J. C. Gore (2004). "Simultaneous event-related potential and near-infrared spectroscopic studies of semantic processing." Hum Brain Mapp 22(2): 110-115.
- Hoshi, Y. (2003). "Functional near-infrared optical imaging: utility and limitations in human brain mapping." Psychophysiology 40(4): 511-520.
- Hoshi, Y., J. Huang, et al. (2011). "Recognition of human emotions from cerebral blood flow changes in the frontal region: a study with event-related near-infrared spectroscopy." J Neuroimaging 21(2): e94-101.
- Hoshi, Y., M. Shimada, et al. (2005). "Reevaluation of near-infrared light propagation in the adult human head: implications for functional near-infrared spectroscopy." J Biomed Opt 10(6): 064032.
- Huppert, T. J., R. D. Hoge, et al. (2006). "A temporal comparison of BOLD, ASL, and NIRS hemodynamic responses to motor stimuli in adult humans." Neuroimage 29(2): 368-382.
- Irwin, W., R. J. Davidson, et al. (1996). "Human amygdala activation detected with echo-planar functional magnetic resonance imaging." Neuroreport 7(11): 1765-1769.
- Jacobs, E. C., R.; D'Esposito,M. (2008). "Hormonal and genetic influences on prefrontal cortical function." Cognitive Neuroscience Society Annual Meeting Program 2008: 256.
- Jasdzewski, G., G. Strangman, et al. (2003). "Differences in the hemodynamic response to event-related motor and visual paradigms as measured by near-infrared spectroscopy." Neuroimage 20(1): 479-488.
- Jasper, H. (1958). "Report of committee on methods of clinical exam in EEG." Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 10: 370-375.
- John, O. P. G., J.J. (2007). Individual differences in emotion regulation. Handbook of emotion regulation. J. J. Gross. New York, Guilford Press: 351-372.

- Johnstone, T., C. M. van Reekum, et al. (2007). "Failure to regulate: counterproductive recruitment of top-down prefrontal-subcortical circuitry in major depression." J Neurosci 27(33): 8877-8884.
- Jones, N. A. and N. A. Fox (1992). "Electroencephalogram asymmetry during emotionally evocative films and its relation to positive and negative affectivity." Brain Cogn 20(2): 280-299.
- Jurcak, V., M. Okamoto, et al. (2005). "Virtual 10-20 measurement on MR images for inter-modal linking of transcranial and tomographic neuroimaging methods." Neuroimage 26(4): 1184-1192.
- Just, N. and L. B. Alloy (1997). "The response styles theory of depression: tests and an extension of the theory." J Abnorm Psychol 106(2): 221-229.
- Kalisch, R., K. Wiech, et al. (2005). "Anxiety reduction through detachment: subjective, physiological, and neural effects." J Cogn Neurosci 17(6): 874-883.
- Kalisch, R., K. Wiech, et al. (2006). "Neural correlates of self-distraction from anxiety and a process model of cognitive emotion regulation." J Cogn Neurosci 18(8): 1266-1276.
- Kanske, P., J. Heissler, et al. (2011). "How to regulate emotion? Neural networks for reappraisal and distraction." Cereb Cortex 21(6): 1379-1388.
- Kanske, P., J. Heissler, et al. (2012). "Neural correlates of emotion regulation deficits in remitted depression: the influence of regulation strategy, habitual regulation use, and emotional valence." Neuroimage 61(3): 686-693.
- Keil, A., M. M. Bradley, et al. (2002). "Large-scale neural correlates of affective picture processing." Psychophysiology 39(5): 641-649.
- Keltner, D. K., A.M. (1998). "Emotion, Social Function, and Psychopathology." Review of General Psychology 2: 320-342.
- Kim, S. H. and S. Hamann (2007). "Neural correlates of positive and negative emotion regulation." J Cogn Neurosci 19(5): 776-798.
- Kirilina, E., A. Jelzow, et al. (2012). "The physiological origin of task-evoked systemic artefacts in functional near infrared spectroscopy." Neuroimage 61(1): 70-81.
- Koenigsberg, H. W., J. Fan, et al. (2009a). "Neural correlates of the use of psychological distancing to regulate responses to negative social cues: a study of patients with borderline personality disorder." Biol Psychiatry 66(9): 854-863.
- Koenigsberg, H. W., L. J. Siever, et al. (2009b). "Neural correlates of emotion processing in borderline personality disorder." Psychiatry Res 172(3): 192-199.
- Kreplin, U. and S. H. Fairclough (2013). "Activation of the rostromedial prefrontal cortex during the experience of positive emotion in the context of esthetic experience. An fNIRS study." Front Hum Neurosci 7: 879.

- Kringelbach, M. L. (2005). "The human orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience." Nat Rev Neurosci 6(9): 691-702.
- Kringelbach, M. L. and E. T. Rolls (2004). "The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology." Prog Neurobiol 72(5): 341-372.
- Krohne, H. W. E., B.;Kohlmann,C.-W.;Tausch, A. (1996). "Untersuchungen mit einer deutschen Version der "Positive And Negative Affect Schedule" (PANAS)." Diagnostica 42(2): 139-156.
- Kujawa, A., A. Weinberg, et al. (2013). "Differentiating event-related potential components sensitive to emotion in middle childhood: evidence from temporal-spatial PCA." Dev Psychobiol 55(5): 539-550.
- LaBar, K. S. P., E.A. (1998). "Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans." Psychological Science 9: 490-493.
- Lane, R. D., G. R. Fink, et al. (1997). "Neural activation during selective attention to subjective emotional responses." Neuroreport 8(18): 3969-3972.
- Lane, R. D., E. M. Reiman, et al. (1997). "Neuroanatomical correlates of happiness, sadness, and disgust." Am J Psychiatry 154(7): 926-933.
- Lang, P. J. B., M.M.; Cuthbert, B.N. (2005). International Affective picture System (IAPS). Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-6. Gainesville, FL, University of Florida.
- Lange, K., L. M. Williams, et al. (2003). "Task instructions modulate neural responses to fearful facial expressions." Biol Psychiatry 53(3): 226-232.
- Laux, L. G., P.;Schaffner,P.; Spielberger,C.D. (1981). STAI, Das State -Trait -Angstinventar. Weinheim, Beltz.
- LeDoux, J. (1998). The emotional brain:The Mysterious Underpinnings of Emotional Life. New York, Simon and Schuster.
- LeDoux, J. E. (2000). "Emotion circuits in the brain." Annu Rev Neurosci 23: 155-184.
- Lehrl, S. (2005). MWT-B, Mehrfachwahl -Wortschatz -Intelligenztest. Göttingen, Hogrefe.
- Levesque, J., F. Eugene, et al. (2003). "Neural circuitry underlying voluntary suppression of sadness." Biol Psychiatry 53(6): 502-510.
- Lieberman, M. D., N. I. Eisenberger, et al. (2007). "Putting feelings into words: affect labeling disrupts amygdala activity in response to affective stimuli." Psychol Sci 18(5): 421-428.
- Lieberman, M. D., T. K. Inagaki, et al. (2011). "Subjective responses to emotional stimuli during labeling, reappraisal, and distraction." Emotion 11(3): 468-480.

- Lindquist, K. A., T. D. Wager, et al. (2012). "The brain basis of emotion: a meta-analytic review." Behav Brain Sci 35(3): 121-143.
- Logothetis, N. K. and B. A. Wandell (2004). "Interpreting the BOLD signal." Annu Rev Physiol 66: 735-769.
- Lopes, P. N. B., M. A.;Nezlek, J.;Schütz, A.;Sellin, I.;Salovey, P. (2004). "Emotional intelligence and social interaction." Personality and Social Psychology Bulletin 30: 1018-1034.
- MacNamara, A. and G. Hajcak (2009). "Anxiety and spatial attention moderate the electrocortical response to aversive pictures." Neuropsychologia 47(13): 2975-2980.
- Matsuo, K., T. Kato, et al. (2003). "Activation of the prefrontal cortex to trauma-related stimuli measured by near-infrared spectroscopy in posttraumatic stress disorder due to terrorism." Psychophysiology 40(4): 492-500.
- Mayer, J. D. S., P. (1995). "Emotional intelligence and the construction and regulation of feelings." Applied and Preventive Psychology 4: 197-208.
- Mayer, J. S., R. A. Bittner, et al. (2007). "Common neural substrates for visual working memory and attention." Neuroimage 36(2): 441-453.
- McRae, K., B. Hughes, et al. (2010). "The neural bases of distraction and reappraisal." J Cogn Neurosci 22(2): 248-262.
- Mikels, J. A., B. L. Fredrickson, et al. (2005). "Emotional category data on images from the International Affective Picture System." Behav Res Methods 37(4): 626-630.
- Miller, E. K. and J. D. Cohen (2001). "An integrative theory of prefrontal cortex function." Annu Rev Neurosci 24: 167-202.
- Morgan, M. A., L. M. Romanski, et al. (1993). "Extinction of emotional learning: contribution of medial prefrontal cortex." Neurosci Lett 163(1): 109-113.
- Morris, J. S., K. J. Friston, et al. (1998). "A neuromodulatory role for the human amygdala in processing emotional facial expressions." Brain 121 (Pt 1): 47-57.
- Morris, R. W., A. Sparks, et al. (2012). "Lack of cortico-limbic coupling in bipolar disorder and schizophrenia during emotion regulation." Transl Psychiatry 2: e90.
- Nelson, B. D., D. A. Fitzgerald, et al. (2015). "Prefrontal engagement by cognitive reappraisal of negative faces." Behav Brain Res 279: 218-225.
- Norberg, J. and S. Wiens (2013). "Effects of attention manipulations on motivated attention to feared and nonfeared negative distracters in spider fear." BMC Neurosci 14: 139.
- Ochsner, K. N., S. A. Bunge, et al. (2002). "Rethinking feelings: an FMRI study of the cognitive regulation of emotion." J Cogn Neurosci 14(8): 1215-1229.

- Ochsner, K. N., R. D. Ray, et al. (2004). "For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion." Neuroimage 23(2): 483-499.
- Ochsner, K. N., R. R. Ray, et al. (2009). "Bottom-up and top-down processes in emotion generation: common and distinct neural mechanisms." Psychol Sci 20(11): 1322-1331.
- Ochsner, K. N. G., J.J. (2005). "The cognitive control of emotion." TRENDS in cognitive science 9: 242-249.
- Ochsner, K. N. G., J.J. (2007). The neural architecture of emotion regulation. Handbook of emotion regulation. J. J. Gross. New York, Guilford Press: 87-109.
- Okada, E. and D. T. Delpy (2003). "Near-infrared light propagation in an adult head model. I. Modeling of low-level scattering in the cerebrospinal fluid layer." Appl Opt 42(16): 2906-2914.
- Okamoto, M., H. Dan, et al. (2004). "Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping." Neuroimage 21(1): 99-111.
- Ozawa, S. and K. Hiraki (2017). "Distraction decreases prefrontal oxygenation: A NIRS study." Brain Cogn 113: 155-163.
- Ozawa, S., G. Matsuda, et al. (2014). "Negative emotion modulates prefrontal cortex activity during a working memory task: a NIRS study." Front Hum Neurosci 8: 46.
- Paul, S., N. Kathmann, et al. (2016). "The costs of distraction: The effect of distraction during repeated picture processing on the LPP." Biol Psychol 117: 225-234.
- Perlman, G., A. N. Simmons, et al. (2012). "Amygdala response and functional connectivity during emotion regulation: A study of 14 depressed adolescents." J Affect Disord.
- Perlman, S. B., J. R. Almeida, et al. (2012). "Amygdala activity and prefrontal cortex-amygdala effective connectivity to emerging emotional faces distinguish remitted and depressed mood states in bipolar disorder." Bipolar Disord 14(2): 162-174.
- Pessoa, L., M. McKenna, et al. (2002). "Neural processing of emotional faces requires attention." Proc Natl Acad Sci U S A 99(17): 11458-11463.
- Phan, K. L., D. A. Fitzgerald, et al. (2005). "Neural substrates for voluntary suppression of negative affect: a functional magnetic resonance imaging study." Biol Psychiatry 57(3): 210-219.
- Phan, K. L., T. Wager, et al. (2002). "Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI." Neuroimage 16(2): 331-348.
- Phelps, E. A. (2006). "Emotion and cognition: insights from studies of the human amygdala." Annu Rev Psychol 57: 27-53.
- Phillips, M. L., W. C. Drevets, et al. (2003). "Neurobiology of emotion perception I: The neural basis of normal emotion perception." Biol Psychiatry 54(5): 504-514.

- Phillips, M. L., C. D. Ladouceur, et al. (2008). "A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder." Mol Psychiatry 13(9): 829, 833-857.
- Plichta, M. M., M. J. Herrmann, et al. (2006). "Event-related functional near-infrared spectroscopy (fNIRS): are the measurements reliable?" Neuroimage 31(1): 116-124.
- Plichta, M. M., M. J. Herrmann, et al. (2007). "Event-related functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) based on craniocerebral correlations: reproducibility of activation?" Hum Brain Mapp 28(8): 733-741.
- Reiman, E. M., R. D. Lane, et al. (1997). "Neuroanatomical correlates of externally and internally generated human emotion." Am J Psychiatry 154(7): 918-925.
- Reiner, A. (1990). "The Triune Brain in Evolution. Role in Paleocerebral Functions. Paul D. MacLean. Plenum, New York, 1990. xxiv, 672 pp., illus. \$75." Science 250(4978): 303-305.
- Rime, B. (2007). Interpersonal emotion regulation. Handbook of emotion regulation. J. J. Gross. New York, Guilford Press: 466-485.
- Rolls, E. T. (2000). "The orbitofrontal cortex and reward." Cereb Cortex 10(3): 284-294.
- Sander, D., J. Grafman, et al. (2003). "The human amygdala: an evolved system for relevance detection." Rev Neurosci 14(4): 303-316.
- Sankoh, A. J. H., M.F.; Dubey,S.D. (1997). "Some comments on frequently used multiple endpoint adjustment methods in clinical trials." Stat.Med.
16: 2529-2542.
- Schafe, G. E. L., J.E. (2004). The neural basis of fear. The Cognitive Neurosciences. M. S. Gazzaniga. Cambridge, MIT Press: 987-1004.
- Schafer, A., V. Leutgeb, et al. (2009). "Propensity and sensitivity measures of fear and disgust are differentially related to emotion-specific brain activation." Neurosci Lett 465(3): 262-266.
- Schafer, A., A. Schienle, et al. (2005). "Stimulus type and design influence hemodynamic responses towards visual disgust and fear elicitors." Int J Psychophysiol 57(1): 53-59.
- Schandry, R. (2003). Biologische Psychologie. Weinheim, Beltz.
- Schupp, H. T., B. N. Cuthbert, et al. (2000). "Affective picture processing: the late positive potential is modulated by motivational relevance." Psychophysiology 37(2): 257-261.
- Schupp, H. T., T. Flaisch, et al. (2006). "Emotion and attention: event-related brain potential studies." Prog Brain Res 156: 31-51.
- Schupp, H. T., M. Junghofer, et al. (2003). "Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex." Psychol Sci 14(1): 7-13.

- Seminowicz, D. A. and K. D. Davis (2007). "Interactions of pain intensity and cognitive load: the brain stays on task." Cereb Cortex 17(6): 1412-1422.
- Sergerie, K., C. Chochol, et al. (2008). "The role of the amygdala in emotional processing: a quantitative meta-analysis of functional neuroimaging studies." Neurosci Biobehav Rev 32(4): 811-830.
- Seymour, K. E., A. Chronis-Tuscano, et al. (2012). "Emotion Regulation Mediates the Relationship between ADHD and Depressive Symptoms in Youth." J Abnorm Child Psychol 40(4): 595-606.
- Sheppes, G. and N. Meiran (2007). "Better late than never? On the dynamics of online regulation of sadness using distraction and cognitive reappraisal." Pers Soc Psychol Bull 33(11): 1518-1532.
- Shirvan, R. A., S. K. Setarehdan, et al. (2017). "A new approach to estimating the evoked hemodynamic response applied to dual channel functional near infrared spectroscopy." Comput Biol Med 84: 9-19.
- Spencer, T. J., S. V. Faraone, et al. (2011). "Toward defining deficient emotional self-regulation in children with attention-deficit/hyperactivity disorder using the Child Behavior Checklist: a controlled study." Postgrad Med 123(5): 50-59.
- Stark, R., A. Schienle, et al. (2004). "Hemodynamic effects of negative emotional pictures - a test-retest analysis." Neuropsychobiology 50(1): 108-118.
- Stark, R., A. Schienle, et al. (2003). "Hemodynamic responses to fear and disgust-inducing pictures: an fMRI study." Int J Psychophysiol 50(3): 225-234.
- Stark, R., M. Zimmermann, et al. (2007). "Hemodynamic brain correlates of disgust and fear ratings." Neuroimage 37(2): 663-673.
- Stein, J. L., L. M. Wiedholz, et al. (2007). "A validated network of effective amygdala connectivity." Neuroimage 36(3): 736-745.
- Strack, F., L. L. Martin, et al. (1988). "Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: a nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis." J Pers Soc Psychol 54(5): 768-777.
- Strangman, G., D. A. Boas, et al. (2002). "Non-invasive neuroimaging using near-infrared light." Biol Psychiatry 52(7): 679-693.
- Stuss, D. T. and B. Levine (2002). "Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes." Annu Rev Psychol 53: 401-433.
- Sutton, S. K. D., R.J. (1997). "Prefrontal brain asymmetry: a biological substrate of the behavioral approach and inhibition systems." Psychological Science 8: 204-210.
- Taylor, S. E. and M. Lobel (1989). "Social comparison activity under threat: downward evaluation and upward contacts." Psychol Rev 96(4): 569-575.

- Thiruchselvam, R., J. Blechert, et al. (2011). "The temporal dynamics of emotion regulation: an EEG study of distraction and reappraisal." Biol Psychol 87(1): 84-92.
- Thiruchselvam, R., G. Hajcak, et al. (2012). "Looking inward: shifting attention within working memory representations alters emotional responses." Psychol Sci 23(12): 1461-1466.
- Townsend, J. D., S. J. Torrisi, et al. (2013). "Frontal-amygdala connectivity alterations during emotion downregulation in bipolar I disorder." Biol Psychiatry 73(2): 127-135.
- Tsuzuki, D., V. Jurcak, et al. (2007). "Virtual spatial registration of stand-alone fNIRS data to MNI space." Neuroimage 34(4): 1506-1518.
- Tupak, S. V., T. Dresler, et al. (2014). "Implicit emotion regulation in the presence of threat: neural and autonomic correlates." Neuroimage 85 Pt 1: 372-379.
- Tzourio-Mazoyer, N., B. Landeau, et al. (2002). "Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain." Neuroimage 15(1): 273-289.
- Urry, H. L., C. M. van Reekum, et al. (2006). "Amygdala and ventromedial prefrontal cortex are inversely coupled during regulation of negative affect and predict the diurnal pattern of cortisol secretion among older adults." J Neurosci 26(16): 4415-4425.
- Uusberg, A., R. Thiruchselvam, et al. (2014). "Using distraction to regulate emotion: insights from EEG theta dynamics." Int J Psychophysiol 91(3): 254-260.
- Van Dillen, L. F., R. C. van der Wal, et al. (2012). "On the role of attention and emotion in morality: attentional control modulates unrelated disgust in moral judgments." Pers Soc Psychol Bull 38(9): 1222-1231.
- Van Dillen, L. F. H., D.J.; Koole,S.L. (2009). "Tuning down the emotional brain: an fMRI study of the effects of cognitive load on the processing of affective images." Neuroimage 45: 1212-1219.
- Van Dillen, L. F. K., S.L. (2007). "Clearing the mind: a working memory model of distraction from negative mood." Emotion 7: 715-723.
- van Reekum, C. M., T. Johnstone, et al. (2007). "Gaze fixations predict brain activation during the voluntary regulation of picture-induced negative affect." Neuroimage 36(3): 1041-1055.
- Weinberg, A. and G. Hajcak (2011). "The late positive potential predicts subsequent interference with target processing." J Cogn Neurosci 23(10): 2994-3007.
- Whalen, P. J., S. L. Rauch, et al. (1998). "Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge." J Neurosci 18(1): 411-418.
- Wiens, S., A. Sand, et al. (2011). "Emotional event-related potentials are reduced if negative pictures presented at fixation are unattended." Neurosci Lett 495(3): 178-182.

Wiens, S. and E. Syrjanen (2013). "Directed attention reduces processing of emotional distracters irrespective of valence and arousal level." Biol Psychol 94(1): 44-54.

Wolf, R. C. and R. J. Herringa (2016). "Prefrontal-Amygdala Dysregulation to Threat in Pediatric Posttraumatic Stress Disorder." Neuropsychopharmacology 41(3): 822-831.

Yang, H., Z. Zhou, et al. (2007). "Gender difference in hemodynamic responses of prefrontal area to emotional stress by near-infrared spectroscopy." Behav Brain Res 178(1): 172-176.

Zald, D. H., J. T. Lee, et al. (1998). "Aversive gustatory stimulation activates limbic circuits in humans." Brain 121 (Pt 6): 1143-1154.

Zald, D. H. and J. V. Pardo (1997). "Emotion, olfaction, and the human amygdala: amygdala activation during aversive olfactory stimulation." Proc Natl Acad Sci U S A 94(8): 4119-4124.

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Konsensmodell der Emotionsgenerierung nach James J. Gross (Gross 1998a), abgeändert | 7 |
| Abb. 2: Prozessmodell der Emotionsregulation nach James J. Gross (Gross, 1998a), abgeändert. | 7 |
| Abb. 3: Versuchsablauf | 21 |
| Abb. 4: Position der EEG- Elektroden, das Dreieck stellt die Nase dar. | 23 |
| Abb. 5: Mittelwert und Standardabweichung der Arousal- Ratings in den zwei Versuchsbedingungen Betrachten und Regulation, getrennt für Emotionen Angst und Ekel. | 34 |
| Abb. 6: Verlauf des LPP über Pz in der Versuchsbedingung Betrachten bei Präsentation von neutralen Bildern und Bildern der Ekel- und Angst- Kategorie. | 35 |
| Abb. 7: Verlauf des LPP über Oz in der Versuchsbedingung Betrachten bei Präsentation von neutralen Bildern und Bildern der Ekel- und Angst- Kategorie. | 36 |
| Abb. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen des LPPs über Pz in der Versuchsbedingung Betrachten, getrennt für die Bildkategorien Angst, Ekel und Neutral. | 37 |
| Abb. 9: Verlauf des LPP über Pz in den Versuchsbedingungen Betrachten und Regulation bei Präsentation von Bildern der Angst- Kategorie. | 38 |
| Abb. 10: Verlauf des LPP über Pz in den Versuchsbedingungen Betrachten und Regulation bei Präsentation von Bildern der Ekel- Kategorie. | 38 |
| Abb. 11: a)Die Abbildung zeigt die Messkanäle der Probesetmaske, bestehend aus 52 fNirs- Kanälen, und wurde gemäß des internationalen 10/20 Systems an die Kopfoberfläche angepasst mit der mittleren Messoptode in der unteren Optoden- Reihe auf FPz. Die Maske erstreckte sich in Richtung der Positionen T3 /T4. Das Dreieck stellt die Nase dar. 11b: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich <i>Betrachten emotionaler Bilder</i> > <i>Betrachten neutraler Bilder</i> . 11c: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich <i>Betrachten Bilder der Ekel- Kategorie</i> > <i>Betrachten neutraler Bilder</i> . 11d: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich <i>Betrachten Bilder der Angst- Kategorie</i> > <i>Betrachten neutraler Bilder</i> . | 40 |
| Abb. 12: a)Die Abbildung zeigt die Messkanäle der Probesetmaske, bestehend aus 52 fNirs- Kanälen, und wurde gemäß des internationalen 10/20 Systems an die Kopfoberfläche angepasst mit der mittleren Messoptode in der unteren Optoden- Reihe auf FPz. Die Maske erstreckte sich in Richtung der Positionen T3 /T4. Das Dreieck stellt die Nase dar 12b: Diese Abb. zeigt die Werte für den Vergleich <i>Aufmerksamkeitslenkung bei</i> <i>emotionalen Bildern</i> > <i>Betrachten neutraler Bilder</i> . 12c: Diese Abb. zeigt Werte für den Vergleich <i>Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Ekel- Kategorie</i> > <i>Betrachten</i> <i>neutraler Bilder</i> . 12d: Diese Abb. zeigt die Werte für den Vergleich <i>Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Angst- Kategorie</i> > <i>Betrachten neutraler</i> <i>Bilder</i> . | 42 |
| Abb. 13: a)Die Abbildung zeigt die Messkanäle der Probesetmaske, bestehend aus 52 fNirs- Kanälen, und wurde gemäß des internationalen 10/20 Systems an die Kopfoberfläche angepasst mit der mittleren Messoptode in der unteren Optoden- Reihe auf FPz. Die Maske erstreckte sich in Richtung der Positionen T3 /T4. Das Dreieck stellt die Nase dar 13b: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich <i>Aufmerksamkeitslenkung bei</i> <i>emotionalen Bildern</i> > <i>Betrachten emotionaler Bilder</i> . 13c: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich <i>Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Ekel- Kategorie</i> > <i>Betrachten</i> <i>Ekel- Bilder</i> . 13d: Diese Abb. zeigt die t- Werte für den Vergleich <i>Aufmerksamkeitslenkung bei Bildern der Angst- Kategorie</i> > <i>Betrachten Angst- Bilder</i> . | 44 |
| | 70 |

10 TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Darstellung der Korrelationen, der korrigierten t- und p-Werte nach DAP α - Korrektur der NIRS- Daten bei Präsentation von Bildern der Angst- Kategorie..... | 32 |
| Tabelle 2: Darstellung der Korrelationen, der korrigierten t- und p-Werte nach DAP α - Korrektur der NIRS- Daten bei Präsentation von Bildern der Ekel- Kategorie..... | 32 |
| Tabelle 3: Darstellung der Korrelationen, der korrigierten t- und p-Werte nach DAP α - Korrektur der NIRS- Daten bei Präsentation von neutralen und emotionalen Bildern.... | 32 |

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Martin J. Herrmann für die Überlassung des interessanten Themas und die Möglichkeit im Rahmen seiner Arbeitsgruppe für Psychophysiologie und funktionelle Bildgebung die Messung mit dem EEG und der fNIRS durchzuführen und meine Dissertationsarbeit zu erstellen.

Ich möchte mich besonders bei Herrn Prof. Dr. Martin J. Herrmann für die professionelle, intensive und geduldige Betreuung bei allen praktischen und theoretischen Fragen bedanken. Seine stete Diskussionsbereitschaft und zügige Korrektur der Arbeit wusste ich sehr zu schätzen.

Nicht zu vergessen sind all die freiwilligen Probanden ohne deren Bereitschaft und Teilnahme diese Studie nicht möglich gewesen.

Danken möchte ich an dieser Stelle auch meinen Eltern, die mir das Studium der Humanmedizin ermöglicht haben, und die mich stets in dieser Arbeit bestärkt und motiviert haben. Auch meine Freundin Ina war mir in dieser Zeit stets eine große moralische und auch praktische Stütze.

Zuletzt ein Dank an meinen einzigartigen Mann Sebastian und unsere wundervolle Tochter Marlene. Ihr seid meine Inspiration, meine Motivation und mein Lebensglück.

LEBENS LAUF

PERSONALIEN

Name und Vorname: Kiesel, Elisabeth (geb. Böhlen)

Geburtsdatum: 26. 02. 1986

Geburtsort: Warburg

Familienstand: verheiratet

Konfession: römisch -katholisch

Vater: Dr. med. vet. Reinhard Josef Böhlen

Mutter: Kornelia Ruth Böhlen

Geschwister: Dr. med. Friederike Hildegard Böhlen

SCHULISCHER WERDEGANG

1992 – 1996 Katholische Grundschule Warburg

1996 – 2005 Gymnasium Marianum Warburg

25.06.2005 Abitur

UNIVERSITÄRER WERDEGANG

WS 2005 bis WS 2012 Studium der Humanmedizin an der Julius –
Maximilians- Universität Würzburg

03/2008 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

11/2012 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

11/2012 Approbation

BERUFLICHER WERDEGANG

seit 02/2013 Assistenzärztin für Gynäkologie und
Geburtshilfe, Frauenklinik Universitätsklinikum
Würzburg

ANHANG

Nummern der IAPS Bilder:

34, 1300, 1301, 1302, 1321, 1930, 1931, 2110, 2120, 2190, 2381, 2681, 2682, 2692, 2880, 3022, 3500, 3530, 5500, 5510, 5520, 5530, 5534, 5731, 5740, 5940, 5970, 5971, 5972, 6150, 6190, 6200, 6210, 6211, 6213, 6230, 6244, 6250, 6260, 6300, 6313, 6350, 6370, 6410, 6550, 6610, 6800, 6830, 6940, 7000, 7002, 7004, 7006, 7009, 7010, 7020, 7025, 7030, 7034, 7035, 7040, 7050, 7080, 7090, 7100, 7140, 7150, 7160, 7170, 7175, 7185, 7187, 7217, 7224, 7233, 7235, 7360, 7380, 7490, 7491, 7950, 9008, 9042, 9080, 9140, 9290, 9320, 9390, 9404, 9630, e0001, e0002, e0006, e0007, e0008, e0009, e0010, e0011, e0012, e0013, e0014, e0015, e0016, e0017, e0018, e0019, e0020, e0021, e0022, e0024, e0025, e0028, e0030, e0032, e0033, e0034, e0035, e0036, e0037, e00291.