

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Institut für Systemische Neurowissenschaften

Prof. Dr. med. Christian Büchel

**Kognitive Emotionsregulation:
Reappraisal als zweiphasiger Prozess**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Jessica Maria Brenninkmeyer
aus Düsseldorf

Hamburg 2013

Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 24.06.2013

Veröffentlicht mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzender: Prof. Dr. C. Büchel

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter/in: PD Dr. U. Bingel

Prüfungsausschuss, 3. Gutachter/in: Prof. Dr. M. Bullinger

Meinem Großvater gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1 Arbeitshypothese und Fragestellung	1
2 Einleitung	2
2.1 Theoretische Grundlagen	3
2.1.1 Emotion.....	3
2.1.2 Appraisal Theorie	4
2.1.3 Emotionsregulation.....	5
2.1.4 Reappraisal	7
2.2 Neuronale Modelle	10
2.2.1 Neuronale Grundlagen.....	10
2.2.2 Modell von Goldin et al.	12
2.2.3 Kalischs Implementierungs-Aufrechterhaltungsmodell (IMMO)	12
3 Material und Methoden	15
3.1 Probanden.....	15
3.2 Experimentelles Prozedere.....	15
3.3 Reappraisalstrategie und –training.....	16
3.4 Kalibrierung des Schmerzstimulus	18
3.5. Experiment	19
3.6 Datenerhebung	20
3.6.1 Ratings	20
3.6.2 Hautleitfähigkeit	21
3.6.3 Funktionelle Bilddaten.....	21
3.7 Datenanalyse.....	21
3.7.1 Ratings	22
3.7.2 Hautleitfähigkeit	22
3.7.3 Funktionelle Bilddaten.....	22
4 Ergebnisse	26
4.1 Behaviorale Ergebnisse.....	26
4.1.1 Ratings	26
4.1.2 Hautleitfähigkeit	26
4.2 fMRT Ergebnisse	29
4.2.1 Späte Reappraisalaktivität	29
4.2.2 Anxiolyse.....	31
4.2.3 Räumliche Verteilung der späten Reappraisalaktivität.....	33

5 Diskussion	34
5.1 Angstinduktion und Anxiolyse.....	35
5.2 Testung von IMMO	36
5.3 Überprüfung der neuronalen Vorhersagen	37
5.2.1 Zuordnung der späten Reappraisalaktivität	37
5.2.2 Fehlende frühe Reappraisalaktivität	39
5.3 Vereinbarkeit von Goldins Studie und IMMO	41
5.4 Ausblick.....	44
6 Zusammenfassung	46
7 Abkürzungsverzeichnis.....	47
8 Literaturverzeichnis	48
9 Danksagung.....	55
10 Lebenslauf	56
11 Anhang	57
11.1 Ergänzende Tabelle.....	57
11.2 Fragebögen	59
10 Eidesstattliche Erklärung	65

1 Arbeitshypothese und Fragestellung

Thema der vorliegenden Dissertation ist die zeitliche Dynamik neuronaler Reappraisalvorgänge. Reappraisal (zu Deutsch Neu- oder Umbewertung) ist eine kognitive Strategie zur Emotionsregulation und beruht auf der bewussten Uminterpretation einer emotionalen Situation (Gross & Thompson 2007).

Kalischs Implementierungs-Aufrechterhaltungsmodell IMMO (implementation-maintenance model, Kalisch 2009) postuliert, dass Reappraisalvorgänge in eine frühe Implementierungs- und eine späte Aufrechterhaltungsphase eingeteilt werden können. Im Gegensatz zu früheren Modellen (Goldin et al. 2008) wird Reappraisal dabei als zeitlich ausgedehnter Prozess angesehen, der sich über die gesamte regulatorische Episode erstreckt.

Kalisch geht davon aus, dass beiden Reappraisalphasen unterschiedliche neuronale Strukturen zugrunde liegen. In seiner Metaanalyse bildgebender Reappraisalstudien stellte er fest, dass sich mit zunehmender Reappraisaldauer eine Verlagerung des gemittelten Aktivierungsschwerpunktes innerhalb des lateralen präfrontalen Cortex von links posterior nach rechts anterior zeigte. Daraus folgerte er, dass der hypothetisierten Implementierungsphase eine frühe Aktivität im linken posterioren, der hypothetisierten Aufrechterhaltungsphase dagegen eine späte Aktivität im rechten anterioren präfrontalen Cortex zugrunde liegen könnte (Kalisch 2009).

Erstes Ziel der vorliegenden Studie ist, IMMO als Reappraisalmodell zu validieren. Dafür wird die von IMMO postulierte Zweiphasigkeit des Reappraisals mittels funktioneller Bildgebungs- und behavioraler Daten überprüft. Zudem wird untersucht, ob sich als Nachweis für die von IMMO vertretene zeitliche Ausdehnung der Reappraisalvorgänge späte reappraisalspezifische neuronaler Aktivität nachweisen lässt.

Zweites Ziel der Studie ist, die von Kalisch in Erwägung gezogene neuronale Zuordnung der beiden Reappraisalphasen zu überprüfen, indem die reappraisalspezifischen Aktivierungen zu Beginn und im Verlauf der regulatorischen Episode untersucht werden.

2 Einleitung

Emotionen sind ein grundlegender Bestandteil unseres Lebens. Mal klein wie die Freude über den ersten Marienkäfer des Jahres, mal überwältigend wie die Trauer über den Tod eines geliebten Menschen - in unterschiedlicher Intensität tauchen sie ständig in unserem Alltag auf.

Obwohl Emotionen in der Vergangenheit als störend und dysfunktional bezeichnet wurden (Young 1943), besteht inzwischen kein Zweifel an ihrer adaptiven Funktion. Emotionen richten unsere Aufmerksamkeit auf emotional relevante Stimuli (Vuilleumier 2005). Durch die sie begleitenden Handlungsimpulse und körperlichen Veränderungen, wie der sympathischen Aktivierung, bereiten sie uns auf anstehendes Verhalten vor (Scherer 1987). Evolutionär kommt ihnen eine herausragende Bedeutung zu – nur wer Angst vor dem angreifenden Säbelzahn tiger hatte und unter Mobilisierung aller Reserven die Flucht ergriff, überlebte auch. Zudem beeinflussen Emotionen Lernprozesse und Entscheidungsfindung (Bechara et al. 1999) und sind fundamental für die zwischenmenschliche Interaktion (Keltner & Kring 1998). Auch in diesem Bereich beweisen sie ihre existentielle Rolle für die Menschheit - als Grundlage der Mutter-Kind-Bindung sichern sie das Überleben des hilflosen Säuglings (Izard 1991).

Doch die Emotionen, die wir erleben, sind nicht immer angebracht oder förderlich. Evolutionär bewährte Handlungstendenzen erweisen sich in unserer heutigen Zeit gelegentlich als hinderlich (Gross 1999). Wenn die Angst sich statt auf den Säbelzahn tiger auf Prüfungen und Vorstellungsgespräche richtet, müssen wir dem Bedürfnis, wegzulaufen, widerstehen.

Genauso wichtig wie unsere Emotionen ist daher ihre Regulation. Die Emotionsregulation verwandelt den imperativen Handlungsimpuls in eine „Antworttendenz“ (Gross 1998), und gewährt uns in unserem Handeln volle Flexibilität. Die Kontrolle unserer Emotionen ermöglicht uns, unsere Ziele zu erreichen, rational zu handeln, und uns in den sozialen Rahmen zu fügen, der unsere Zivilisation ermöglicht (Gross & Thompson 2007). Vor allem im Hinblick auf den Umgang mit negativen Emotionen ist die Emotionsregulation für unser physisches und psychisches Wohlbefinden ausschlaggebend (Gross 2002).

Ist dagegen das Gleichgewicht von Emotionen und Emotionsregulation gestört, kann dies zu verschiedenen psychopathologischen Erscheinungen wie Depression, Angsterkrankungen und Schizophrenie führen (Keltner & Kring 1998; Gross & Thompson 2007). Auf neuronaler

Ebene zeigt sich, dass diesen psychischen Störungen strukturelle und funktionelle Veränderungen innerhalb der emotionsgenerierenden und –regulierenden Areale zugrunde liegen (Phillips et al. 2003b).

2.1 Theoretische Grundlagen

2.1.1 Emotion

Bevor die Emotionsregulation in den Mittelpunkt rückt, stellt sich die grundlegende Frage: Was sind überhaupt Emotionen? Auf der Suche nach der Antwort verliert man sich zunächst in den Erklärungsansätzen unzähliger Psychologen. Kleinginna und Kleinginna (1981) etwa fanden in der psychologischen Literatur 92 verschiedene Emotionsdefinitionen.

Weitgehende Einigkeit besteht darin, dass das emotionale Geschehen aus verschiedenen Komponenten besteht (Scherer 1984). Zu diesen Komponenten zählen die physiologische Reaktion, das subjektive Gefühlserleben, die motorische Expression (Mimik, Gestik, verbale Äußerungen), die Handlungstendenz und die kognitive Komponente. Über Reihenfolge und Kausalität, sowie darüber, welche dieser Komponenten zur eigentlichen Emotion gezählt werden und welche ihre Auslöser oder Folgen sind, herrscht dagegen Uneinigkeit (Moors 2009).

In der Geschichte der Emotionsforschung stößt man auf interessante Ansätze – etwa dass Emotionen nichts anderes seien, als die Wahrnehmung der körperlichen Veränderungen, die der Stimulus in uns auslöse (James 1884). Aus klassisch-behavioristischer Sicht dagegen sind Emotionen Verhaltensmuster, die durch eine angeborene oder erlernte Reiz-Reaktions-Abfolge direkt durch den Stimulus hervorgerufen werden (Watson 1919). Doch diese und andere Theorien stießen immer wieder an ihre Grenzen, etwa wenn sie erklären sollten, wie ein Stimulus zu unterschiedlichen Emotionen führen bzw. ein und dieselbe Emotion durch verschiedene Stimuli hervorgerufen werden kann. Die Komplexität der Emotionen, ihre gelegentliche Irrationalität, ihre Beeinflussbarkeit – all diese Aspekte konnten nur unzureichend oder gar nicht erklärt werden (Roseman & C. A. Smith 2001). Geglückt ist dies erst der kognitiven Emotionstheorie, die als emotionsgenerierenden Schritt die Bewertung (Appraisal) des Stimulus postulierte (Arnold 1960).

2.1.2 Appraisal Theorie

Die Appraisal (Bewertungs-) Theorie sieht das emotionale Geschehen als sequentiellen Prozess, bei dem zwischen der Wahrnehmung eines Stimulus und der nachfolgenden emotionalen Antwort als kausaler Schritt die kognitive Bewertung erfolgt.

Der Stimulus kann dabei sowohl externer als auch interner Natur sein. Zu externen Stimuli gehören Objekte, Begebenheiten, sowie fremdes oder auch eigenes Verhalten. Interne Stimuli dagegen sind „mentale Repräsentationen“ (Scherer 1987), und beziehen sich auf Vorstellungen und Erinnerungen (Gross & Thompson 2007).

Der Wahrnehmung dieses Stimulus folgt die Bewertung. Die dabei berücksichtigten Kriterien sind vielfältig und nicht einheitlich definiert (Moors 2009). Scherer (2001) beispielsweise nennt vier große Bewertungskategorien – Relevanz, Auswirkung, Bewältigungspotenzial und normative Signifikanz, also die Bedeutung des Stimulus unter Berücksichtigung eigener und gesellschaftlicher Werte. Jeder dieser Kategorien liegt dabei eine Reihe von Bewertungsvariablen zugrunde, welche Scherer als „stimulus evaluation checks“ bezeichnet. So wird beispielsweise die Relevanz des Stimulus beurteilt anhand seiner Neuheit, ob er als angenehm oder unangenehm empfunden wird („intrinsic pleasantness“), und ob er Einfluss auf die Ziele des Individuums haben könnte (Zielrelevanz).

Trotz unterschiedlicher Meinungen bezüglich der Bewertungsvariablen herrscht unter Appraisaltheoretikern weitgehend Einigkeit darüber, dass vor allem Zielrelevanz bzw. –kongruenz und Bewältigungspotenzial eine wichtige Rolle spielen (Roseman & C. A. Smith 2001). Die für die Bewertung des Stimulus bedeutsamen Ziele können von existentiell und dauerhaft (z.B. zu überleben) bis hin zu nebensächlich und vorübergehend (z.B. das richtige Puzzleteil zu finden) reichen (Gross & Thompson 2007). Arnold (1960) postuliert, dass ein Stimulus, der hinsichtlich dieser Ziele irrelevant ist, auch zu keiner emotionalen Antwort führt, und es bei einer „kalten Wahrnehmung“ („cold perception“) bleibt. Laut Scherer dagegen trifft diese Aussage nur auf „utilitaristische“ Emotionen zu. Für „ästhetische“ Emotionen, wie sie durch Kunst oder Musik ausgelöst werden könnten, reiche als Bewertungsvariable die intrinsische Qualität (Scherer 2005).

Die verschiedenen Bewertungsvariablen können zu unterschiedlichen Bewertungsmustern kombiniert werden; jeder Emotion liegt ein spezifisches Bewertungsmuster zugrunde. Abhängig vom Kontext kann somit ein und derselbe Stimulus bei der gleichen Person unterschiedliche Emotionen hervorrufen (Roseman & C. A. Smith 2001).

Im Grunde kann man zwei Arten von Bewertung unterscheiden, wobei auch ein Kontinuum

mit zwei Extremen möglich ist (Gross & Thompson 2007). Das „low-level Appraisal“ erfolgt automatisch, unbewusst, und unmittelbar nach der Wahrnehmung des Stimulus. Das „high-level Appraisal“ dagegen ist bewusst, reflektiv und spielt sich insgesamt auf einem höheren kognitiven Niveau ab (Roseman & C. A. Smith 2001; Arnold 1960). Beide Bewertungsformen können sich auch widersprechen, was zu einer als irrational empfundenen Emotion führen kann (Roseman & C. A. Smith 2001).

Der emotionale Prozess ist ständigen Modifikationen unterworfen. Sobald wir eine Situation bewertet und entsprechend emotional auf sie reagiert haben, liegt schon wieder eine neue Situation vor, die eine entsprechend andere Bewertung nach sich zieht. Die sequentielle Abfolge Reiz-Bewertung-emotionale Antwort ist somit ein fortlaufender, sich ständig wiederholender, dynamischer Prozess. Dabei laufen mehrere dieser Sequenzen parallel ab (Gross & Thompson 2007).

2.1.3 Emotionsregulation

Als Wurzeln der modernen Emotionsregulationsforschung werden Freuds Psychoanalyse (vgl. Freud 1926) und die Erforschung von Stress und seiner Bewältigung (vgl. Lazarus 1966) angesehen (Gross 1999).

Einen wesentlichen Beitrag zur Bildung eines der Emotionsregulation zugrunde liegenden theoretischen Konstrukts leistet James Gross. Er definiert Emotionsregulation als eine „Gruppe heterogener Prozesse“, durch die das Individuum Einfluss auf Art, zeitlichen Verlauf und Antwortkomponente der von ihm erlebten Emotion nehmen kann (Gross 1999, S. 557). Die regulierte Emotion kann dabei sowohl positiv als auch negativ sein, und ihre Regulation auf eine Verstärkung, Abschwächung oder Aufrechterhaltung abzielen. Die daran beteiligten Prozesse können von bewusst und kontrolliert bis hin zu automatisch und unbewusst reichen (Gross & Thompson 2007).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Emotionsregulation einzuteilen, z.B. kann grob zwischen kognitiven und behavioralen Prozessen unterschieden werden. Spezifischer ist Gross' (1998) Kategorisierung der emotionsregulatorischen Strategien je nach ihrem Angriffspunkt im Emotionsprozess. Ausgehend von seinem modalen Modell der Emotion (bestehend aus der Abfolge Situation-Aufmerksamkeit-Bewertung-Antwort) unterteilt Gross die Emotionsregulation in Situationsselektierung, Situationsmodifizierung, Aufmerksamkeitsverschiebung (attentional deployment), kognitive Veränderung (cognitive change), und Antwortmodulation. Zur Gruppe der kognitiven Veränderung gehören alle

Strategien, die unter Verwendung höherer kognitiver Funktionen in den Prozess der Bewertung eingreifen. Grob wird dabei unterschieden zwischen der kontrollierten Generierung, also dem Hervorrufen einer vorher nicht vorhandenen emotionalen Antwort, und der kontrollierten Regulation, also dem Eingreifen in den bereits laufenden Emotionsprozess (Ochsner & Gross 2005). Moduliert wird dabei entweder die Bewertung der Situation an sich oder die Bewertung der Fähigkeit des Individuums, mit der Situation zurechtzukommen, also des Bewältigungspotenzials (Gross & Thompson 2007). Zur kognitiven Regulation zählen neben Reappraisal, welches im nachfolgenden Abschnitt näher vorgestellt wird, beispielsweise Placebo (Ochsner & Gross 2005) und der Vergleich mit sozial niedriggestellten Personen (downward social comparison) (Gross 1998).

Situationsselektierung und -modifizierung, Aufmerksamkeitsverschiebung und kognitive Veränderung greifen vor dem Entstehen der Emotionsantwort ein und werden entsprechend als antezedenzfokussiert (antecedent-focused, auf das Vorangegangene bezogen) bezeichnet. Antwortmodulation dagegen wird erst angewandt, wenn die emotionale Antwort bereits initiiert wurde, und wird daher als antwortfokussiert (response-focused) bezeichnet (Gross 1999). Ein wichtiger Unterschied dabei ist, dass antezedenzfokussierte Strategien die emotionale Antwort in ihrer Gesamtheit beeinflussen, während eine antwortfokussierte Regulation sich auf die Modifizierung einzelner Komponenten beschränkt.

Je nach Kontext können diese Strategien sinnvoll und zielführend sein, oder maladaptiv und mit psychischen Störungen assoziiert. Vermeidung als Form der Situationsselektierung ist in Bezug auf gefährliche Situationen adäquat, trägt aber bei Angststörungen wesentlich zur Aufrechterhaltung pathologischer Angst bei (Campbell-Sills & Barlow 2007). Weitere maladaptive Strategien wären beispielsweise im Bereich der Aufmerksamkeitsverschiebung Grübeln (rumination) und sich Sorgen machen (worry, im Gegensatz zum Grübeln eher zukunftsorientiert). Beide gelten als sowohl mit depressiven als auch mit Angststörungen assoziiert (Fresco et al. 2002; Campbell-Sills & Barlow 2007).

Genauso wie Emotionen gemeinsam mit anderen affektiven Phänomenen wie z.B. Stimmung oder Stress in die Familie der Affekte eingeteilt werden können (Scherer 1984; Gross & Thompson 2007), wird die Emotionsregulation der Affektregulation untergeordnet. Zu den weiteren Elementen dieser Gruppe zählt Gross (2007) unter anderem die Bewältigung (coping), die Stimmungsregulation und die Abwehrmechanismen. Unterschiede zur Emotionsregulation liegen zum Beispiel in Dauer und Ziel der Regulation.

Bewältigung etwa ist ein längerfristiger, hauptsächlich auf die Reduktion negativer Affektphänomene bezogener Prozess. Stimmungsregulation ist zwar ebenfalls längerfristig,

die behaviorale Antwortkomponente spielt im Gegensatz zur Emotionsregulation jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Abwehr wiederum ist typischerweise unbewusst und automatisiert (Gross & Thompson 2007).

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Regulation von Emotionen auf den verschiedenen Ebenen simultan erfolgt und somit unterschiedliche Regulationsstrategien parallel laufen können (Gross & Thompson 2007).

2.1.4 Reappraisal

Eine Form der kognitiven Regulation ist Reappraisal (Neu- oder Umbewertung). Bei dieser Strategie wird gezielt die Bewertung der emotional relevanten Situation modifiziert.

Als antezedenzfokussierte Strategie beeinflusst Reappraisal die emotionale Antwort in ihrer Gesamtheit. In Studien, die Reappraisal zur Herabregulierung negativer Emotionen untersuchten, konnte eine auf Reappraisal zurückzuführende Verminderung des subjektiven Emotionserlebens und der physiologischen Antwort (Gross & John 2003; Houston & D. S. Holmes 1974; Kalisch et al. 2005; Schaefer et al. 2003; Urry et al. 2009) sowie des mimischen Ausdrucks (Gross 2002) beobachtet werden.

Es können zwei Arten von Reappraisalstrategien unterschieden werden, wobei sich dazu keine einheitliche Terminologie findet. Einerseits können - am Beispiel einer negativen Emotion - die negativen Aspekte eines Stimulus als neutral oder positiv uminterpretiert werden, was auch als situationsfokussiertes Reappraisal oder Neudefinierung bezeichnet wird. Andererseits können der negative Stimulus und die eventuell nachfolgende emotionale Reaktion durch eine distanzierte Beobachterposition als nicht persönlich relevant eingestuft werden. In diesem Fall spricht man von selbstfokussiertem Reappraisal oder Distanzierung (Kalisch et al. 2005, Ochsner & Gross 2007). Eine Studie von Ochsner et al. (2004), in der beide Reappraisalstrategien miteinander verglichen wurden, konnte bezüglich des emotionsregulatorischen Erfolgs keine Unterschiede zwischen Neudefinierung und Distanzierung feststellen.

Reappraisal ist eine der wesentlichen Komponenten der kognitiven Therapie, welche weitgehend durch Aaron Beck in den 70er Jahren eingeführt wurde (Campbell-Sills & Barlow 2007). Beck postuliert, dass einer Vielzahl von psychischen Erkrankungen, wie etwa Depression, dysfunktionelle Annahmen (dysfunctional assumptions) zugrunde liegen (Beck et al. 1979). Entsprechend umfasst die kognitive Therapie das Erkennen und Korrigieren dieser irrationalen Bewertungen. Diese Art der Therapie und somit Reappraisal spielen vor allem bei

Angst- und depressiven Störungen eine wichtige Rolle (Campbell-Sills & Barlow 2007; Goldin et al. 2012b). Aber auch Patienten mit anderen psychischen Erkrankungen profitieren von Reappraisal, etwa Patienten mit Essstörungen (Kelly et al. 2012) oder posttraumatischen Belastungsstörungen (Boden et al. 2012).

Ein weiteres therapeutisches Element, welches ebenfalls auf Reappraisal zurückgreift und zudem seit einigen Jahren vermehrt in den wissenschaftlichen Fokus rückt, ist die achtsamkeitsbasierte Meditation. Achtsamkeit beinhaltet die Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokus auf den Moment, beispielsweise durch die Konzentration auf die Atmung, und dessen bewertungsfreie Wahrnehmung (Bishop 2002). Verschiedene Therapiekonzepte basieren auf Achtsamkeit, etwa die Mindfulness Based Stress Reduction (MBSR) nach Jon Kabat-Zinn (1982) oder die speziell für Borderlinestörungen konzipierte dialektisch-behaviorale Therapie (Linehan et al. 2007). Achtsamkeit scheint sowohl bei gesunden als auch physisch und/oder psychisch kranken Probanden einen positiven Effekt auf die emotionsregulatorische Kompetenz zu haben (Grossman et al. 2004; Robins et al. 2012). Positive Wirkungen zeigten sich beispielsweise im Rahmen der Stressreduktion (Baer et al. 2012), sowie der Behandlung von chronischen Schmerzen (Kabat-Zinn 1982), Angststörungen (Goldin et al. 2012a; Kabat-Zinn et al. 1992) und posttraumatischen Belastungsstörungen (Kearney et al. 2012). Als Grundlage der klassischen Achtsamkeit kann dabei neben der Aufmerksamkeitsverschiebung speziell distanzierendes Reappraisal angesehen werden (Rapgay et al. 2011; Kabat-Zinn 1982).

Das wissenschaftliche Interesse an Reappraisal und seine klinische Relevanz ergeben sich aus den Vorteilen des Reappraisals im Vergleich zu anderen emotionsregulatorischen Strategien. In Studien werden dabei vor allem Suppression und Ablenkung als häufig genutzte Formen der Emotionsregulation zur direkten Gegenüberstellung hinzugezogen.

Suppression ist eine Form der Antwortmodulation und bezieht sich auf das Unterdrücken der motorisch-expressiven Komponente der emotionalen Antwort. Im Gegensatz zu Reappraisal vermindert Suppression das subjektive Gefühlserleben negativer Emotionen nicht. Stattdessen kann es bei langfristiger Anwendung durch die Diskrepanz zwischen innerem Erleben und äußerem Verhalten zu einem Gefühl der Inauthentizität kommen, was letztendlich in einer Verstärkung der erlebten negativen Emotionen resultieren kann (Gross 2002). Zudem geht die Aufrechterhaltung von Suppression mit erheblicher Anstrengung einher, was sich durch erhöhte sympathische Aktivierung und eine Verringerung der Arbeitsgedächtnisleistung äußert. Die langfristige Anwendung von Reappraisal dagegen hat positive Effekte. Sie geht insgesamt mit einer geringeren Neigung zu depressiven Symptomen und einem vermehrten

Erleben und Ausdrücken positiver Emotionen einher, was sich auch auf die zwischenmenschliche Interaktion vorteilhaft auswirkt (Gross 2002; Gross & John 2003).

Ablenkung als Form der Aufmerksamkeitsverschiebung gehört genau wie Reappraisal in die Gruppe der antezedenzfokussierten emotionsregulatorischen Strategien. Bei Ablenkung wird der Aufmerksamkeitsfokus bewusst vom emotional relevanten Stimulus auf weniger emotionale oder neutrale externe oder interne Stimuli gerichtet (Gross & Thompson 2007). Dadurch werden die nachfolgenden Schritte des emotionalen Prozesses, nämlich die Bewertung und schließlich die emotionale Antwort, in ihrem Ausmaß moduliert. Durch Ablenkung können negative Emotionen zwar vermindert werden, jedoch lässt sich im direkten Vergleich eine Überlegenheit des Reappraisals nachweisen (McRae et al. 2010). Während durch Reappraisal die Bewertung eines Stimulus langfristig beeinflusst werden kann, hat Ablenkung nur eine kurzfristige Wirkung. Dadurch wird der Vorteil von Reappraisal vor allem im Hinblick auf wiederkehrende emotionale Stimuli deutlich, etwa bei der Verarbeitung von negativen Erinnerungen (Kross & Ayduk 2008).

Abgegrenzt werden muss Reappraisal von der Rationalisierung. Dabei handelt es sich ebenfalls um eine Strategie der kognitiven Veränderung, die jedoch zu den Abwehrmechanismen gezählt wird, und hauptsächlich unbewusst verläuft (vgl. auch Abschnitt 2.1.3). Im Gegensatz zu Reappraisal, bei dem es um eine positivere oder distanzierte, auf alle Fälle jedoch realistische Einschätzung der Situation geht, beinhaltet Rationalisierung ein bestimmtes Maß an Selbstbetrug und wird als maladaptive emotionsregulatorische Strategie angesehen (Campbell-Sills & Barlow 2007; Loewenstein 2007).

Zusammengefasst handelt es sich bei Reappraisal um eine effektive emotionsregulatorische Strategie mit positiven Langzeitwirkungen, die in der Psychotherapie ein wichtiges Element in der Behandlung verschiedenster Störungen darstellt.

2.2 Neuronale Modelle

2.2.1 Neuronale Grundlagen

Obwohl bereits eine Vielzahl von bildgebenden Studien zum Thema der Emotionsregulation, speziell des Reappraisals, durchgeführt wurden, herrscht noch keine einheitliche Meinung bezüglich der genauen zugrunde liegenden neuronalen Architektur. Grob wird unterschieden zwischen Strukturen der höheren kognitiven Kontrolle im präfrontalen und cingulären Cortex und emotionsprozessierenden, teils subkortikalen Strukturen, welche durch erstere in ihrer Aktivität moduliert werden (Ochsner & Gross 2005; Phillips et al. 2003a; Beauregard et al. 2001). In Bezug auf letztere wird oft der auf Paul Broca und James Papez zurückgehende Begriff des limbischen Systems verwendet, welches in seiner erweiterten Version unter anderem Gyrus cinguli, Corpus mamillare, Hippocampus, Teile der Basalganglien und die Amygdala umfasst (Gekle et al. 2010). Die Amygdala spielt eine wesentliche Rolle im Erlernen und Exprimieren von Emotionen. Als Speicher für Angstassoziationen wird sie in der Furchtkonditionierung als die dem nichtdeklarativen Gedächtnis zugrunde liegende Struktur angesehen und beeinflusst maßgeblich die autonome Antwort des Körpers auf Angstreize (Quirk 2007). Allgemeiner betrachtet ist die Amygdala dafür verantwortlich, dass wahrgenommene Stimuli entsprechend ihrer emotionalen Salienz weiter prozessiert werden, indem sie koordiniert, in welchem Ausmaß dafür Ressourcen wie beispielsweise Aufmerksamkeit zur Verfügung gestellt werden (Davidson et al. 2007).

Als wichtige regulatorische Struktur präsentiert sich der präfrontale Cortex (PFC). Er übernimmt weitgehend die zielgerichtete Koordination und Kontrolle von Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, Emotion und Verhalten (Miller & Cohen 2001). Dabei erweist sich der PFC als funktionell heterogen. Der im Vergleich zum lateralen PFC phylogenetisch etwas ältere mediale PFC (MPFC) ist mehr an der direkten Emotionsprozessierung beteiligt (Fuster 2002). Beispielweise ist der dorsomediale PFC (DMPFC) Teil eines „Angstnetzwerkes“, und scheint sowohl bei klassischer Angstkonditionierung (posteriorer DMPFC) als auch bei Erwartungs- bzw. antizipatorischer Angst (posteriorer und rostraler DMPFC) eine Rolle zu spielen (Mechias et al. 2010). Emotionsregulatorisch scheint der MPFC über direkte und indirekte Verbindungen zu Amygdala, Hypothalamus und periaquäduktalem Grau einen modulierenden Einfluss auf die autonome physiologische Reaktion zu nehmen (Urry et al. 2009).

Dem lateralen präfrontalen Cortex (LPFC) dagegen kommen höhere kognitive Aufgaben zu.

Dabei erweist sich vor allem der dorsolaterale präfrontale Cortex (DLPFC) auf mehreren Ebenen als wichtige metakognitive Kontrollinstanz (Beauregard et al. 2001). Bezüglich des Arbeitsgedächtnisses¹ wird dem DLPFC gemäß dem Multi-Komponenten-Modell von Baddeley und Hitch (1974) die Rolle der „zentralen Exekutive“ zugesprochen (Funahashi 2006). Dazugehörige exekutive Prozesse umfassen unter anderem die Fokussierung der Aufmerksamkeit, das Organisieren und Planen der einzelnen Schritte komplexerer Vorgänge, sowie deren Überwachung (E. E. Smith & Jonides 1999).

Da zwischen LPFC und Amygdala nur schwache direkte Verbindungen bestehen, wird gemutmaßt, dass eine Mediatorstruktur zwischen beiden vermittelt. Phillips et al. (2008) ziehen dafür den orbitofrontalen Cortex (OFC) in Erwägung. Es gibt jedoch auch Hinweise dafür, dass der ventrale anteriore cinguläre Cortex (ACC) und der ventrale MPFC eine inhibitorische Wirkung auf die Amygdalaaktivität haben, welche vom LPFC rekrutiert werden kann (Urry et al. 2006; Johnstone et al. 2007; Etkin et al. 2011).

Zwei Faktoren erschweren die Suche nach dem genauen neuronalen Korrelat des Reappraisals. Zum einen finden sich bezüglich der neuronalen Aktivität Überlappungen mit anderen emotionsregulatorischen Strategien. So ließ sich z.B. nachweisen, dass Reappraisal und Ablenkung teilweise auf ein gemeinsames präfrontal-cinguläres Netzwerk zurückgreifen, welches im linken medialen und inferioren lateralen PFC sowie im dorsalen medialen PFC und dorsalem ACC lokalisiert zu sein scheint (McRae et al. 2010). Auch Suppression greift teilweise auf die gleichen Strukturen zurück wie Reappraisal und Ablenkung, allen voran DLPFC und ACC [rezensiert durch Phillips et al. (2008)].

Zum anderen kommen Reappraisalstudien zu teilweise sehr unterschiedlichen Ergebnissen, was auf Unterschiede etwa im Studiendesign und in der Auswertung zurückgeführt werden kann (Kalisch 2009). Daraus resultieren unzählige Reappraisalmodelle, die jeweils nur auf spezielle Situationen beschränkt sind, ohne verallgemeinert werden zu können.

Erst seit einigen Jahren ist die zeitliche Dynamik des Reappraisals in den wissenschaftlichen Fokus gerückt. Möglicherweise liegt darin der Schlüssel zu einem allgemeineren Reappraisalmodell, welches unterschiedliche Studienergebnisse erklären könnte. Zum zeitlichen Verlauf der neuronalen Reappraisalaktivität gibt es zwei gegensätzliche Modelle: das von Goldin et al. (2008) und Kalischs Implementierungs-Aufrechterhaltungsmodell (implementation-maintenance model, IMMO) (Kalisch 2009).

Beide Modelle werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert.

¹ Beim Arbeitsgedächtnis handelt es sich um ein konzeptuelles System, welches innerhalb eines bezüglich

2.2.2 Modell von Goldin et al.

Goldins Modell (Goldin et al. 2008) entspricht der Annahme von Gross (2002), dass eine ausschließlich zu Beginn des regulatorischen Vorganges stattfindende Reappraisalaktivität ausreichend sei, um die emotionale Antwort für die Dauer der emotionalen Episode zu regulieren. Dies steht in Einklang mit der Vorstellung von Reappraisal als antezedenzfokussierter Regulationsstrategie, welche vor Einsetzen der emotionalen Antwort eingreift (Gross & Thompson 2007). Laut Goldin kommt es beim Reappraisal zu einer frühen Wahl und Implementierung der kognitiven Strategie, welche dann ohne Aufrechterhaltungsbemühungen zur Emotionsregulierung führt. Goldin sieht sein Modell auf neuronaler Ebene bestätigt durch die Ergebnisse seiner bildgebenden Studie, bei der er den zeitlichen Verlauf von Suppression und Reappraisal untersuchte. Dabei konnte er ausschließlich im ersten Intervall, welches den ersten fünf Sekunden eines insgesamt 15sekündigen Durchgangs entsprach, reappraisalbezogene Aktivierungen im medialen, dorsolateralen und ventrolateralen PFC nachweisen. Das neuronale Äquivalent der reappraisalinduzierten Emotionsreduzierung zeigte sich dabei erst im dritten Intervall in Form einer signifikanten Reduktion der Aktivierung in linker Amygdala und linker Insel. Diese zeitliche Differenz zieht Goldin als weiteren Beleg für die langanhaltende Wirkung anfänglicher Reappraisalaktivität hinzu (Goldin et al. 2008).

2.2.3 Kalischs Implementierungs-Aufrechterhaltungsmodell (IMMO)

Im Gegensatz zu Goldins Modell (Goldin et al. 2008) postuliert Kalischs Reappraisalmodell IMMO (implementation-maintenance model, Kalisch 2009), dass sich Reappraisalvorgänge über die gesamte Dauer des regulatorischen Zeitraums erstrecken.

IMMO berücksichtigt dadurch die Komplexität und Dynamik emotionaler Episoden. Die dazugehörigen Elemente Situation, Bewertung und emotionale Antwort können sich, vor allem bei längerer emotionaler Stimulierung, stetig verändern und gegenseitig beeinflussen, etwa wenn die zustande gekommene Emotion selbst zum emotional relevanten Stimulus wird (Gross & Thompson 2007). Entsprechend postulieren Appraisaltheoretiker, dass es sich bei der Abfolge Situation-Bewertung-emotionale Antwort um einen sich fortlaufend wiederholenden, zyklischen Prozess handelt, in den kontinuierlich Modifikationen integriert werden (Scherer 2001). Eine erfolgreiche Emotionsregulation kann nur zustande kommen,

wenn Reappraisal sich dieser Dynamik anpasst, was wiederum nur gewährleistet ist, wenn über den gesamten regulatorischen Zeitraum hinweg Reappraisalaktivität erfolgt.

Kalischs Implementierungs-Aufrechterhaltungsmodell teilt den Reappraisalprozess grob in zwei Phasen, denen unterschiedliche kognitive Schritte zugeordnet werden können. Die frühe Implementierungsphase beinhaltet die Wahl der Reappraisalstrategie und das Abrufen des entsprechenden Materials in Form gedanklicher Bilder oder Aussagen aus dem Langzeitgedächtnis. Während der späten Aufrechterhaltungs- (maintenance-) phase wird das Reappraisalmaterial sowie die Vorstellung des durch Reappraisal zu erreichenden Zielzustandes im Arbeitsgedächtnis präsent gehalten. Gleichzeitig wird kontrolliert, wie erfolgreich erstens diese Aufrechterhaltung und zweitens die Modulierung der Emotion verläuft.

Erweist sich die Emotionsregulation als unbefriedigend, so kann von der Aufrechterhaltung wieder in die Implementierungsphase gewechselt werden, um beispielsweise eine neue Strategie zu wählen. Dabei ist anzunehmen, dass es sich um schnelle Sprünge zwischen den Phasen handelt, wobei zu Beginn der Reappraisalangwendung die Implementierung überwiegt, während im Verlauf bei erfolgreichen Reappraisal die Aufrechterhaltung im Vordergrund steht.

IMMO steht im Einklang mit Millers und Cohens Theorie zur Funktionsweise des PFC (Miller & Cohen 2001). Ihre Theorie besagt, dass der PFC seine Aufgabe als wichtigste Instanz der kognitiven Kontrolle durch die mentale Aufrechterhaltung von Zielen und zielrelevanten Information erfüllt. Dadurch werden modulierende Bias-Signale an die mit dem PFC in reziproker Verbindung stehenden sensorischen und motorischen Cortexareale sowie limbischen Strukturen übermittelt. Die Bias-Signale führen zu einer Verstärkung von neuronaler Aktivität, die zielführendem Verhalten entspricht, und hemmen alternative Aktivitätsabläufe. Auf diese Weise kann kognitiv auf verschiedenste Bereiche wie Verhalten, Gedanken, Aufmerksamkeit und Erinnerung Einfluss genommen werden (Miller & Cohen 2001). Die Gemeinsamkeit mit IMMO wird bei der Vorstellung der zeitlichen Abläufe deutlich: Laut Miller und Cohen muss die Aufrechterhaltung der Zielrepräsentationen im PFC aktiv über den gesamten relevanten Zeitraum erfolgen, bei Bedarf aber flexibel an veränderte Umstände angepasst werden, was laut IMMO einer erneuten Implementierung entsprechen würde. Während Millers und Cohens Theorie die neuronalen Äquivalente der kognitiven Kontrolle sehr allgemein behandelt, geht IMMO einen Schritt weiter und versucht am Beispiel des Reappraisals spezifischere Informationen über die kognitive Kontrolle der Emotionen zu liefern.

Kalisch geht davon aus, dass Implementierungs- und Aufrechterhaltungsphase unterschiedliche neuronale Netzwerke zugrunde liegen. Hinweise dafür fand er im Rahmen seiner Metaanalyse bildgebender Reappraisalstudien, bei der er die reappraisalspezifische neuronale Aktivität innerhalb einer regulatorischen Episode in Abhängigkeit von der Reappraisaldauer untersuchte. Dabei stellte er im zeitlichen Verlauf eine Verlagerung des gemittelten Aktivierungsschwerpunktes von links nach rechts und von posterior nach anterior innerhalb des lateralen frontalen Cortex (LFC) fest (Kalisch 2009).

Überträgt man diesen neuronalen Aktivierungsverlauf auf IMMO, könnte man somit schlussfolgern, dass die früh stattfindende Implementierungsphase mit einer Aktivierung des linksseitigen, eher posterioren lateralen frontalen Cortex assoziiert ist, die nachfolgende Aufrechterhaltungsphase dagegen mit einer Aktivierung des rechten, eher anterioren LFC.

Belege für dieses Modell finden sich in der Literatur bezüglich präfrontaler exekutiver Prozesse. Dem posterioren Teil des linken LPFC wird eine Rolle in dem Abrufen von Gedächtnisinhalten und der „kognitiven Kontrolle während emotionaler Interferenz“ zugesprochen [rezensiert durch Kalisch 2009, S.1222, vgl. Badre & Wagner 2007, Bishop et al. 2007]. Der rechte LPFC dagegen ist für die Überwachung von aus dem Gedächtnis abgerufenem Material sowie für die Selbstevaluation zuständig [rezensiert durch Kalisch 2009, vgl. Champod & Petrides 2007, Schmitz et al. 2004]. Des Weiteren ist speziell der rechte DLPFC an der Verarbeitung von abgerufenen deklarativen Gedächtnisinhalten (Hayama & Rugg 2009) und der Selbst-Kontrolle (Hare et al. 2009) beteiligt.

3 Material und Methoden

3.1 Probanden

An dem Versuch nahmen $n=24$ rechtshändige, gesunde, männliche Probanden teil. Insgesamt $n=4$ Probanden mussten aus der Analyse ausgeschlossen werden. Bei zwei Probanden kam es während der Untersuchung zu technischen Problemen, ein Proband missverstand die Instruktionen und ein weiterer brach den Versuch ab. Der Altersdurchschnitt der verbliebenen 20 Versuchsteilnehmer lag bei 26 Jahren (Standardabweichung (SA) ± 3 , Altersspanne 19-33). Bei der telefonischen Rekrutierung war sichergestellt worden, dass alle Probanden über eine leere Anamnese bezüglich psychiatrischer und neurologischer Erkrankungen verfügten. Ein unmittelbar vor dem Experiment auszufüllender allgemeiner Fragebogen (siehe Anhang) zeigte, dass alle Probanden diesbezüglich auch eine unauffällige Familienanamnese aufwiesen. Alle Probanden waren kaukasischer Herkunft. Bei $n=15$ handelte es sich um Studenten.

Ihre Ängstlichkeit als Charaktereigenschaft wurde mit Hilfe des Spielberger State-Trait Angst Inventars (STAI, Spielberger 1985, siehe Anhang) gemessen und lag bei $30,5 \pm 6,1$ ((Mittelwert (MW), SA), Spanne 21 – 49; zum Vergleich: der Normwert der Eichstichprobe lag bei $34,5 \pm 8,3$ (Laux et al. 1981)).

Die Probanden wurden ausführlich aufgeklärt und gaben ihre schriftliche Einwilligung (informed consent). Die Studie wurde von der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg bewilligt. Die Teilnahme an der Studie wurde mit 30 Euro entlohnt.

3.2 Experimentelles Prozedere

Nach der Aufklärung und Einwilligung der Probanden wurden sie zunächst gebeten, zwei Fragebögen auszufüllen (STAI (Spielberger 1985), und einen allgemeinen Fragebogen, beides siehe Anhang). Darauf folgte das Training der Reappraisal- sowie der Kontrollstrategie und die Kalibrierung des Schmerzstimulus. Um die Probanden an das Experiment innerhalb des Scanners zu gewöhnen, erfolgte vor dem eigentlichen Versuch noch eine kurze Trainingseinheit ohne Anwendung von Schmerzstimuli.

Dem Experiment lag ein antizipatorisches Angstparadigma zugrunde. In der klassischen Angstkonditionierung wird die Assoziation zwischen neutralem Stimulus (konditionierter

Stimulus) und aversivem Stimulus (unkonditionierter Stimulus) während des Experiments erlernt. Im Gegensatz dazu wird der Proband bei einem antizipatorischen Angstparadigma vor dem Experiment über die Kopplung von neutralem und aversivem Stimulus informiert. Entsprechend wird der neutrale Stimulus von Anfang an als bedrohlich empfunden, und spricht man von antizipatorischer oder instruierter Angst (instructed fear) (Mechias et al. 2010). Für den vorliegenden Versuch wurden die Probanden gewarnt, dass sie nach Ertönen eines hohen Doppeltons mit 25%iger Wahrscheinlichkeit zu irgendeinem Zeitpunkt innerhalb der nachfolgenden 27 Sekunden einen schmerzhaften elektrischen Stimulus erhalten würden (Gefahrbedingung). Ein tiefer Doppelton bedeutete dagegen, dass ihnen im entsprechenden Durchgang kein Reiz verabreicht werden würde (Keine Gefahr-Bedingung). In beiden Bedingungen wurde den Probanden zudem signalisiert, ob sie die Reappraisalstrategie (Reappraisalbedingung) oder die Kontrollstrategie (Kein Reappraisal-Bedingung) anwenden sollten. Daraus ergab sich ein voll ausbalanciertes, 2x2 faktorielles Design (siehe Abb. 1). Nach dem Versuch wurden die Probanden in einem kurzen Interview zu ihrem Befinden während des Experiments sowie zu Art, Ausmaß und Erfolg der von ihnen angewandten Regulationsstrategie befragt. Kein Proband berichtete von einer anderen als der instruierten Reappraisalstrategie, und es musste kein Proband aufgrund unzureichender Mitarbeit ausgeschlossen werden.

3.3 Reappraisalstrategie und –training

Die rekrutierten Probanden wurden einen Tag vor dem Experiment telefonisch kontaktiert, und das Experiment sowie die anzuwendenden Reappraisal- und Kein Reappraisal-Perspektiven wurden kurz erläutert.

Verwendet wurde eine auf Distanzierung beruhende Reappraisalstrategie. Dafür sollten die Probanden die Perspektive eines außen stehenden Beobachters einnehmen, und alle ablaufenden internen und externen Ereignisse als sie nicht direkt betreffend bewerten. Reappraisalstrategien dieser Art haben sich in der Vergangenheit bei der Verringerung antizipatorischer Angst als erfolgreich erwiesen (Houston & Holmes 1974; Kalisch et al. 2005).

Die Probanden wurden gebeten, sich sowohl in der Reappraisal- als auch in der Kein Reappraisal-Bedingung eine Wolke am Himmel vorzustellen, welche die emotionalen Aspekte der jeweiligen Situation, inklusive potenzieller Bedrohungen und begleitender Reaktionen oder Gefühle von Anspannung oder Angst, versinnbildlichen sollte.

Für die Reappraisal-Bedingung sollten sich die Probanden die Wolke als weit entfernt vorstellen, etwa als würden sie auf einem Hügel stehen und die Wolke aus der Entfernung betrachten, ohne jedoch den Blick von ihr zu wenden. Zusätzlich zu dieser bildlichen Vorstellung erhielten die Probanden zwei gedanklich aufzusagende Sätze, welche die distanzierte Perspektive unterstreichen sollten: „Die Wolke ist weit weg am Horizont. Ich betrachte sie aus der Ferne.“

In der Kein Reappraisal-Bedingung dagegen sollten sie sich umgeben von der Wolke vorstellen und das entsprechende verbale Korrelat verwenden: „Ich befinde mich in der Wolke. Sie umgibt mich von allen Seiten.“

Durch die genaue Vorgabe der Reappraisalstrategie, sowohl auf visueller als auch auf verbaler Ebene, sollte die tatsächliche Anwendung von Reappraisal gewährleistet werden. Bei freier Wahl der Reappraisalstrategie hätte das Risiko bestanden, dass die Probanden auf Ablenkung als emotionsregulatorische Strategie zurückgreifen. Durch den weitgehend gleichen Aufbau von Reappraisal- und Kein Reappraisal-Bedingung wurde zudem ihre Vergleichbarkeit verbessert, da sich beide Bedingungen optimalerweise nur inhaltlich, nicht aber in Bezug auf die Arbeitsgedächtnisleistung unterscheiden sollten. Des Weiteren wurde dadurch sowohl die Varianz zwischen den Probanden als auch der Implementierungsaufwand reduziert.

Am Tag des Versuchs wurden die Probanden in der Anwendung der beiden Strategien trainiert. Dafür mussten sie zunächst jedes Satzpaar 15 Mal laut vorlesen, sie daraufhin 10 Mal auswendig aufsagen und schließlich die dabei empfundene Schwierigkeit bzw. Anstrengung als verbales Rating angeben (1: überhaupt nicht schwierig – 10: extrem schwer). Machte ein Proband im auswendigen Aufsagen der Sätze einen Fehler, so wurde das Vorgehen bis zur Fehlerfreiheit wiederholt (bei einem Probanden notwendig). Abschließende Schwierigkeitsratings lagen bei $3,8 \pm 2$ für die Reappraisal-Aussage und $3,4 \pm 1,8$ für die Kein Reappraisal-Aussage. Das Aufsagen der beiden Satzpaare wurde demzufolge als gleich schwierig wahrgenommen.

Daraufhin wurden die Probanden gebeten, sich mit geschlossenen Augen für jede Bedingung jeweils eine Minute lang das entsprechende Bild vorzustellen. Anschließend beschrieben sie ihre Vorstellung in ihren eigenen Worten und absolvierten Ratings in Bezug auf Anstrengung (1 - 10), Intensität bzw. Lebendigkeit der Bilder (1: überhaupt nicht lebendig - 10: sehr lebendig), und emotionaler Valenz (1: sehr negativ – 10: sehr positiv). Wenn die vorgestellte Szene nicht der erforderten Bedingung entsprach, die Probanden Schwierigkeiten in der gedanklichen Herstellung lebendiger Bilder hatten (Anstrengungsrating >7 , Intensitätsrating

<4) oder ein Bild mit zu viel emotionaler Valenz beladen war (Valenzrating <3 oder >8), wurde die Prozedur wiederholt, bis alle Kriterien erfüllt waren (bei 10 Probanden der Fall). Die abschließenden Ratings lagen bei $2,5 \pm 1,6$ (Anstrengung), $6,3 \pm 1,4$ (Intensität) und $5,7 \pm 1,2$ (Valenz) für die bildliche Vorstellung des Reappraisals und $2,7 \pm 1,5$ (Anstrengung), $6,1 \pm 1,7$ (Intensität) und $4,7 \pm 1,3$ (Valenz) für die des Kein Reappraisals. Somit war die bildliche Vorstellung in beiden Bedingungen ähnlich erfolgreich. Die Reappraisal-Szene wurde dabei als geringgradig angenehmer wahrgenommen als die Kein Reappraisal-Szene, obwohl die Ratings zeigten, dass keine der beiden an sich stark emotionale Stimuli darstellten (zum Vergleich: die neutrale Mitte der Skala lag bei 5,5).

3.4 Kalibrierung des Schmerzstimulus

Nach dem Training wurde die Kalibrierung des Schmerzstimulus durchgeführt. Die Stimulusgabe erfolgte über eine auf dem rechten Handrücken aufgeklebte Oberflächenelektrode (Clyde's Polo Kit Supplies, Bexley, UK) mittels eines elektrischen Stimulators des Typs Digitimer DS7A (Digitimer Ltd., Welwyn Garden City, UK). Bei den Schmerzreizen handelte es sich um Dreifach-Stimuli aus jeweils 2 ms dauernden Rechteckimpulsen zwischen 0,01 und 100 mA. Der Interstimulusintervall betrug 80 ms.

Die ausgewählte Stärke richtete sich nach der hervorgerufenen mittleren subjektiven Anspannung. Dafür bewerteten die Probanden ihre Anspannung bzw. Angst während eines Countdowns von 16 bis 0 auf einer verbalen 100-Punkte-Skala. Den Probanden wurde vorher erläutert, während des Countdowns werde ihnen mit 25%iger Wahrscheinlichkeit zu irgendeinem Zeitpunkt ein Schmerzreiz der vorher getesteten Intensität verabreicht werden. Dieses Vorgehen wurde mit verschiedenen Stromstärken – auf niedrigem Niveau beginnend – wiederholt, bis ein Anspannungslevel von mindestens 30 erreicht war. Um eine Habituation während des Experimentes zu vermeiden, wurde der Schmerzstimulus vor jedem der insgesamt drei Versuchsblöcke erneut getestet und bei Bedarf rekali­briert.

3.5. Experiment

Das Experiment war in drei Blöcke von jeweils 15 Minuten eingeteilt. Die Blöcke bestanden aus insgesamt 70 randomisierten Durchgängen von jeweils 27 Sekunden. Die ersten beiden Blöcke bestanden jeweils aus 24 Durchgängen, der dritte Block aus 22. Über den gesamten Versuch liefen 15 Durchgänge jeweils in den Bedingungen Keine Gefahr/Kein Reappraisal und Keine Gefahr/Reappraisal und jeweils 20 in den Bedingungen Gefahr/Kein Reappraisal und Gefahr/Reappraisal. Während fünf der Gefahr/Kein Reappraisal- und der Gefahr/Reappraisal-Durchgänge erhielten die Probanden einen dreifachen Schmerzstimulus, welcher zufällig in einem Zeitfenster zwischen 7 und 20 Sekunden nach Beginn der Anwendung erfolgte.

Die einzelnen Durchgänge wurden mit einem akustischen Signal eingeleitet. Ein hoher Doppelton signalisierte Gefahr, also die 25%ige Wahrscheinlichkeit, einen elektrischen Schmerzstimulus zu erhalten. Ein tiefer Doppelton kündigte eine Keine Gefahr-Bedingung an. Danach erfolgte eine verbale Instruktion: „Fern“ entsprach der Aufforderung, Reappraisal anzuwenden, mit „Nah“ wurde dagegen die Kein Reappraisal-Bedingung eingeleitet.

Nach dem 25sekündigen Anwendungszeitraum ertönte der Instruktion „Augen auf, Rating!“. In den nachfolgenden 7 Sekunden konnten die Probanden mittels einer Ratingskala angeben, wie groß im Durchschnitt ihre Anspannung bzw. Angst während der Anwendung gewesen war. Die nachfolgenden 5 Sekunden wurde mit den Worten „Augen zu, Pause!“ eingeleitet (siehe Abb. 1).

3.6.2 Hautleitfähigkeit

Für die Ableitung der Hautleitfähigkeit wurden auf dem Thenar der linken Hand zwei Elektroden (2700 Cleartrace; Conmed Corporation, Gross-Gerau, Deutschland) befestigt. Anschließend erfolgte mittels eines CED Micro 1410 Daten-Erfassungsgeräts und eines CED 2502-SA Verstärkers (Cambridge Electronic Design, Cambridge, UK) die Messung der Hautleitfähigkeit, welche mit einer Spike 2 Software und einer Aufnahmegeschwindigkeit von 1000 Hz aufgezeichnet wurde. Die Hautleitfähigkeitsdaten von zwei Probanden konnten aufgrund technischer Probleme nicht verwertet werden, sodass die Größe des Probandenkollektivs zur Hautleitfähigkeitsanalyse $n=18$ betrug.

3.6.3 Funktionelle Bilddaten

Die funktionelle Bildgebung erfolgte mittels eines mit einer 12-Kanal Spule ausgestatteten 3 Tesla MR Scanners (Siemens Trio, Erlangen, Deutschland). Angewandt wurde eine Gradientenecho (GRE) T2* gewichtete Echoplanare (EPI) Sequenz mit BOLD (blood oxygenation level dependent)-Kontrast (TE (Echozeit) = 30ms, TR (Repetitionszeit) = 2,47s, flip angle = 80°). Die TE wurde mittels einer parallelen Akquisitionstechnik (Generalized Autocalibrating Partially Parallel Acquisition, GRAPPA) mit einem Beschleunigungsfaktor von zwei und 24 Referenzlinien minimiert. Jedes Volumen umfasste 38 axiale Schnitte (AC-PC (anteriore – posteriore Kommissur) Orientierung) von 2 mm Dicke und einer $2 \times 2 \text{ mm}^2$ Ebenenauflösung mit einem Schichtabstand (Slice Gap) von 1 mm. Unwillkürliche Kopfbewegungen der Probanden wurden durch eine im Scanner befindliche, gepolsterte Kopfstütze eingeschränkt. Eine T1-gewichtete strukturelle Aufnahme wurde ebenfalls erstellt. Bei einem Probanden kam es zu einem teilweisen Verlust der Daten, so dass das zur fMRT-Analyse zur Verfügung stehende Probandenkollektiv $n=19$ betrug.

3.7 Datenanalyse

Die Durchläufe, in denen die Probanden Schmerzstimuli erhielten, wurden aus der Analyse der experimentellen Effekte ausgeschlossen. Varianzanalysen (ANOVA), T-Tests und Chi-Quadrat-Tests behavioraler Daten, extrahierter fMRT-Parameterschätzwerte und Voxelzählungen erfolgten mittels SPSS 17.0 (Statistical Package for the Social Sciences, Chicago, Illinois). Wenn nicht anders angegeben, waren die statistischen Tests zweiseitig.

3.7.1 Ratings

Die Auswertung der Ratings erfolgte anhand der probandenspezifischen Mittelwerte für die einzelnen Bedingungen.

3.7.2 Hautleitfähigkeit

Die Hautleitfähigkeitsdaten wurden zunächst auf 100 Hz skaliert. Das Hautleitfähigkeitslevel (Skin Conductance Level, SCL) wurde definiert als die Differenz zwischen der mittleren Hautleitfähigkeit innerhalb eines definierten Zeitfensters und dem Hautleitfähigkeitswert des ersten Zeitpunkts dieses Fensters. Die Werte wurden z-transformiert (Büchel et al. 1998). Eine Verringerung des mit der Gefahrbedingung assoziierten Hautleitfähigkeitslevels durch die Anwendung von Reappraisal wurde als Zeichen der Anxiolyse gedeutet. Dies bildete die Grundlage zur Berechnung des Reappraisal-Erfolgsindex (Skin Conductance-Reappraisal Success Index (SC-RSI) = (Gefahr/Kein Reappraisal – Keine Gefahr/Kein Reappraisal) – (Gefahr/Reappraisal – Keine Gefahr/Reappraisal)), welcher eine Interaktion der beiden Faktoren zum Ausdruck bringt.

Um die zeitliche Dynamik der reappraisalinduzierten Anxiolyse während des 27 Sekunden dauernden Durchgangs zu erfassen, wurde der SC-RSI für jeden von insgesamt drei 9-Sekunden-Abschnitten (erster, zweiter, und dritter Intervall) berechnet. Dabei wurden die SCLs auf den ersten Wert des jeweiligen Intervalls normalisiert, so dass durch den SC-RSI das Anxiolysemaß angegeben wurde, welches zusätzlich zur im vorigen Intervall erzielten Anxiolyse erreicht wurde.

3.7.3 Funktionelle Bilddaten

Die Präprozessierung der fMRT Daten sowie ihre statistische Auswertung erfolgte mittels SPM5 (Statistical Parametric Mapping Version 5, Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London, UK), eines MATLAB (The MathWorks Inc., Natick, USA) Softwarepakets zur Analyse funktioneller Bildgebungsdaten (Friston et al. 2006).

Zunächst erfolgte die räumliche Vorverarbeitung. Mit dem Ziel der T1-Equilibration wurden die ersten fünf Aufnahmen (dummies) verworfen. Um Bewegungen des Kopfes zu korrigieren, wurde das sechste Bildvolumen als Referenz genommen und die restlichen Aufnahmen im Rahmen einer nicht formverändernden Transformation (Rigid-Body

Transformation), also unter Berechnung der Verschiebungs- und Rotationsparameter, entsprechend angepasst (Realignment). Die verbliebene bewegungsassoziierte Varianz lässt sich durch geometrische Verformungen, für die EPI-Aufnahmen vor allem an Grenzschichten zwischen Luft und Gewebe sehr anfällig sind, erklären. Um diese sogenannte Bewegung-Distorsions-Interaktion (Susceptibility-Distortion-by-Movement Interaction) zu korrigieren, erfolgte eine Entzerrung (Unwarping) (Andersson et al. 2012). Um individuelle anatomische Unterschiede auszugleichen, wurden die Aufnahmen unter Bestimmung der Verformungsparameter auf ein Standard EPI Template (Schablone) räumlich normiert (Friston et al. 1995). Zur Optimierung des Signal-Rausch-Verhältnisses wurden die Daten mittels eines Gauß'schen Filters (Halbwertsbreite (full width at half maximum (FWHM))=10mm) räumlich geglättet (Smoothing) (Kiebel et al. 1999).

Die zeitliche Vorverarbeitung umfasste eine Hochpass-Filterung (cut-off = 128 Sek) und eine Korrektur zeitlicher Autokorrelationen mittels eines autoregressiven Modells erster Ordnung. Die statistische Analyse erfolgte mittels der SPM Software unter Anwendung eines Allgemein Linearen Modells auf Ebene des einzelnen Probanden und einer Zufalls-Effekt Analyse (random-effects analysis) auf Gruppenebene (Friston et al. 2006).

Die Analyse funktioneller Bilddaten erfolgt grundsätzlich in drei Schritten: der Modellspezifizierung, der Parameterschätzung, und der Inferenzstatistik. Die Grundlage der Modellspezifizierung bildet das Allgemeine Lineare Modell. Anhand dieses Modells kann eine Antwortvariable (etwa das BOLD-Signal in einem Voxel) durch eine lineare Kombination der Erklärungsvariablen sowie eines Fehlerterms ermittelt werden (Kiebel & Holmes 2006).

Für die Analyse auf der Einzel-Probanden Ebene (first-level analysis) wurde zunächst unter Berücksichtigung aller bekannten, den Experimentverlauf beeinflussenden Variablen ein Modell erstellt, anhand dessen gezeigt werden sollte, wie das experimentelle Paradigma die gemessenen Signale erklärt.

Dafür wurden die drei Versuchsblöcke zu einer einzigen zeitlichen Serie aneinandergesetzt und Regressoren definiert, die den zeitlichen Verlauf der experimentellen Ereignisse modellierten. Die Durchgänge wurden für alle Versuchsbedingung in drei Intervalle geteilt, welche jeweils von einem eigenen box-car (on-off) Regressor modelliert wurden. Somit lagen für jede der vier Versuchsbedingungen (Keine Gefahr/Kein Reappraisal, Keine Gefahr/Reappraisal, Gefahr/Kein Reappraisal, Gefahr/Reappraisal) jeweils drei Regressoren vor, wobei jeweils ein Regressor dem ersten Intervall entsprach (1. bis 9. Sekunde), einer dem Zweiten (10.-18. Sekunde) und einer dem Dritten (19.-27. Sekunde).

Um für die Fragestellung irrelevante Effekte auszublenden, wurden Durchgänge mit tatsächlicher Schmerzstimulierung sowie Rating-Zeiträume ebenfalls als box-cars modelliert. Schmerzstimuli sowie die Pause-Instruktionen wurden als Ereignisse, d.h. als Regressoren bestehend aus einer Serie von Deltafunktionen, modelliert. Jeder Regressor wurde mit der kanonischen hämodynamischen Antwortfunktion gefaltet.

Als nächster Schritt erfolgte die Parameterschätzung. Durch Einsetzen der Regressoren in ein allgemeines lineares Modell wurde voxelweise berechnet, inwieweit der durch den jeweiligen Regressor modellierte Verlauf den gemessenen BOLD-Signal-Veränderungen in den einzelnen Voxeln entspricht. Die dadurch erhaltenen probanden- und regressorspezifischen Parameterschätzwerte wurden in Parameter-Estimate-Images kartiert. Diese wiederum wurden räumlich geglättet (FWHM=6mm), wodurch sich eine geschätzte Gesamtglättung von 16-17 mm ergab, und der Zufalls-Effekt Gruppenanalyse unterzogen.

Für die Gruppenanalyse (second-level analysis) wurden Designmatrizen mittels SPMs flexible factorial Modells konfiguriert. Sie enthielten insgesamt 27 Regressoren (19 Probandenkonstanten, 4 erster Intervall-Regressoren, 4 zweiter Intervall-Regressoren) sowie eine Korrektur für eine mögliche Nicht-Spherizität des Fehlerterms (Abhängigkeit der Bedingungen). Die Signifikanz der linearen Kombinationen (Kontraste) der experimentellen Regressoren wurde mittels voxelweiser einseitiger T-Tests untersucht.

Korrekturen für multiple Vergleiche gemäß der Gauß'schen Zufallsfeldtheorie (random field theory, family-wise error (FWE) Methode) wurden auf ROIs (regions of interest) begrenzt, für die wir a priori Hypothesen aufgestellt hatten und die wir in der Literatur identifiziert hatten. In einer vorausgegangenen Reappraisal-Studie (Kalisch et al. 2005) hatten Kalisch et al. einen Aktivierungsfokus im rechten anterolateralen PFC detektiert, welcher sich in einer Metaanalyse als über Reappraisal-Studien hinweg konstant erwiesen hatte (Kalisch 2009). Der entsprechende Cluster dieser Metaanalyse (Nr.3 in Tabelle 2, Kalisch 2009) wurde als ROI für späte Reappraisaleffekte verwendet.

Kalischs Reappraisalstudie hatte zudem ein angstbezogenes Gebiet im rostralen DMPFC entdeckt, dessen Aktivität durch Reappraisal verringert wurde (Kalisch et al. 2005). Diesem Areal konnte später eine zentrale Bedeutung bei der bewussten Bewertung von Gefahr zugesprochen werden (Raczka et al. 2010; Mechias et al. 2010; Kalisch et al. 2006b). Der entsprechende peak (-8,38,28) wurde daher als Mittelpunkt für eine sphärische ROI mit 12 mm Radius in der Anxiolyse-Analyse verwendet. Die anatomische Lokalisierung erfolgte mit Referenz zum Atlas von Duvernoy (1999).

Um die Aktivierungszeitläufe darzustellen (siehe Abb. 4C und 5C), wurde SPMs Finite

Impulse Response (FIR) Modell verwendet. Dafür wurden Parameterschätzwerte für 17 aufeinanderfolgende 2 Sekunden Zeitabschnitte für die vier verschiedenen Durchgangstypen bestimmt. Auf der Einzel-Probanden-Ebene wurden die Zeitverläufe gemittelt und auf den ersten Zeitabschnitt normalisiert. Aufgrund der zeitlichen Verzögerung der BOLD-Antwort muss berücksichtigt werden, dass erst die Aktivierung im dritten Zeitabschnitt ungefähr dem Beginn des Durchgangs entspricht.

Um die reappraisalbezogenen Voxel in linken und rechten anterioren und posterioren Teilen des lateral frontalen Cortex auszuzählen, wurden ROIs basierend auf den anatomischen Definitionen von Tzourio-Mazoyer et al. (2002) bestimmt. Die rechte bzw. linke anteriore ROI umfasste den rechten bzw. linken superioren, medialen, und inferiorer frontalen Gyrus anterior ab $y=30$ (rechts: 9023 Voxel, links: 8694 Voxel). Die rechte bzw. linke posteriore ROI umfasste den rechten bzw. linken superioren, medialen, und inferioren frontalen Gyrus sowie den präzentralen Gyrus posterior bis $y=30$ (rechts: 9960 Voxel, links: 9803 Voxel). Die Grenze bei $y=30$ war auf der Grundlage von Beobachtungen der funktionellen Verteilung bei Kalisch et al. (2009) gewählt worden.

Die Untersuchung reappraisal-spezifischer neuronaler Aktivität erfolgte unter Verwendung des Interaktionskontrasts (Gefahr/Reappraisal > Gefahr/Kein Reappraisal) > (Keine Gefahr/Reappraisal > Keine Gefahr/Kein Reappraisal). Das neuronale Äquivalent der Anxiolyse wurde dem RSI entsprechend mit Hilfe des Interaktionskontrasts (Gefahr/Kein Reappraisal > Keine Gefahr/Kein Reappraisal) > (Gefahr/Reappraisal > Keine Gefahr/Reappraisal) überprüft.

4 Ergebnisse

4.1 Behaviorale Ergebnisse

4.1.1 Ratings

Die Varianzanalyse der Angstratings zeigte signifikante Haupteffekte für die Faktoren Gefahr ($F[1,18] = 201,59, p < 0,001$) und Reappraisal ($F[1,18] = 19,03, p < 0,001$) sowie eine signifikante Interaktion zwischen Gefahr und Reappraisal ($F[1,18] = 13,36; p = 0,002$). Grundlage dieser Interaktion war die Angstreduktion in der Gefahr/Reappraisal Bedingung verglichen mit der Gefahr/Kein Reappraisal Bedingung ($T[18] = 4,38, p < 0,001$ einseitig) (siehe Abb. 2A).

4.1.2 Hautleitfähigkeit

Das Hautleitfähigkeitslevel stieg unter dem Faktor Gefahr signifikant an (Haupteffekt Gefahr: $F[1,17] = 36,99, p < 0,001$). Zudem zeigte sich eine Interaktion der Faktoren Gefahr und Reappraisal ($F[1,17] = 10,39, p = 0,005$), welcher die Reduktion der Hautleitfähigkeit in der Gefahr/Reappraisal im Vergleich zur Gefahr/Kein-Reappraisal Bedingung zugrunde lag ($T[17] = 3,05, p = 0,004$ einseitig). Der T-Test des SC-RSI war signifikant ($0,27 \pm 0,34, T[17] = 3,22, p = 0,003$ einseitig) (siehe Abb. 2B).

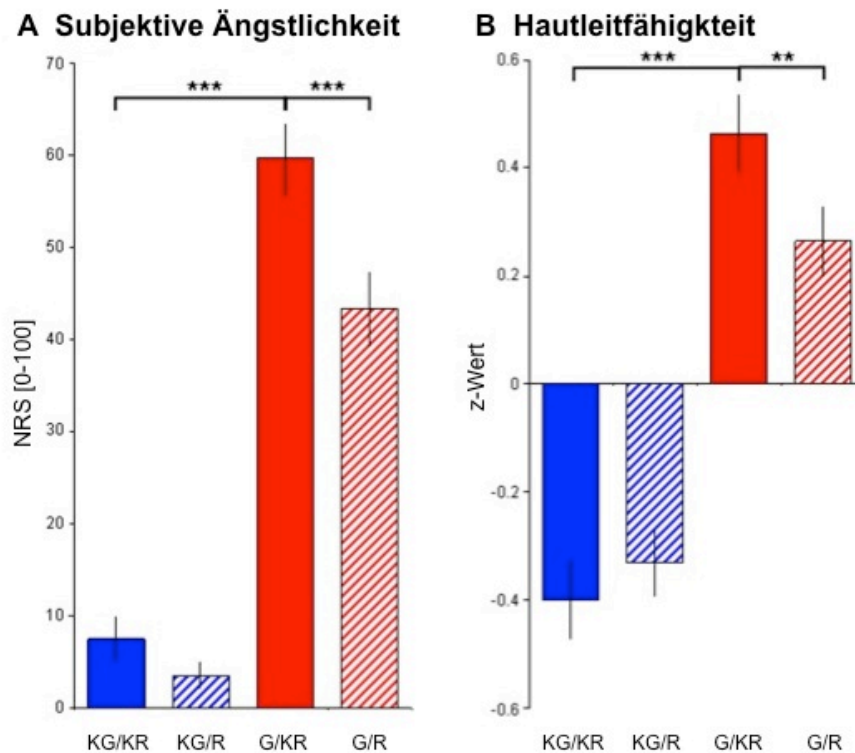


Abbildung 2. Ratings und Hautleitfähigkeit. Sowohl die subjektiven Angstratings (A) als auch die Hautleitfähigkeitslevels (B) weisen eine signifikante Angstinduktion in der Gefahrbedingung als auch eine signifikante Angstreduktion durch Reappraisal auf. Die Balken stellen die Mittelwerte der Angstratings und z-transformierten Hautleitfähigkeitsdaten in den vier Versuchsbedingungen dar. KG/KR=Keine Gefahr/Kein Reappraisal, KG/R=Keine Gefahr/Reappraisal, G/KR=Gefahr/Kein Reappraisal, G/R=Gefahr/Reappraisal. NRS=Numerische Rating Skala, **= $p=0,005$, ***= $p<0,001$.

Die Berechnung des RSI für die drei Intervalle jeden Durchgangs ergab für das erste Intervall SC-RSI1: $T[17] = 2$, $p = 0,031$ einseitig, für das zweiten Intervall SC-RSI2: $T[17] = 1,08$, $p = 0,147$ einseitig, und für das dritte Intervall einen negativen SC-RSI3 $T[17] = -0,5$, $p = 0,311$ einseitig.

Da erfolgreiches Reappraisal eine Vorbedingung für IMMO (Kalisch 2009) ist, wurden Daten des dritten Intervalls von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Der Reappraisalerfolg während des ersten Intervalls (SC-RSI1) korrelierte nicht mit dem Erfolg während des zweiten Intervalls (SC-RSI2), während welchem die vorhergegangene Anxiolyse nur aufrechterhalten wurde (probandenübergreifendes Pearson's $R = -0,08$, $P = 0,742$ zweiseitig) (siehe Abb. 3).

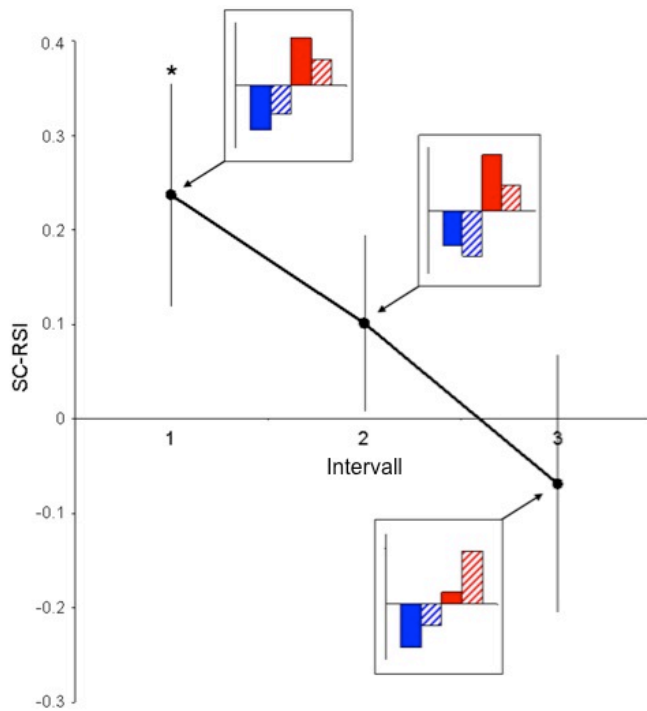


Abbildung 3. SC-RSI im ersten, zweiten und dritten Intervall einer 27sekündigen Reappraisalepisode. Die Anxiolyse wird zu Beginn der Reappraisalepisode rasch erzielt (1.Intervall, $*=p<0,05$), im zweiten Intervall aufrechterhalten, aber nicht weiter verstärkt, und bricht im dritten Intervall ab. Die IMMO belegende späte Reappraisalaktivität wäre somit im zweiten Intervall zu erwarten. SC-RSI=Skin Conductance-Reappraisal Success Index, Mittelwert als Balken dargestellt für die vier Versuchsbedingungen. Blau=Keine Gefahr/Kein Reappraisal, blau schraffiert=Keine Gefahr/Reappraisal, rot=Gefahr/Kein Reappraisal, rot schraffiert=Gefahr/Reappraisal. Fehlerbalken=Standardfehler des Mittelwerts.

4.2 fMRT Ergebnisse

4.2.1 Späte Reappraisalaktivität

Um späte Reappraisalaktivität nachzuweisen, und somit ein Postulat von IMMO zu testen, wurde der Interaktionskontrast (Gefahr/Reappraisal > Gefahr/Kein Reappraisal) > (Keine Gefahr/Reappraisal > Keine Gefahr/Kein Reappraisal) getrennt für das erste und zweite Intervall berechnet. Kalisch hatte in einer Studie (2005) sowie einer Metaanalyse (2009) Belege dafür gefunden, dass lange Reappraisalepisoden mit einer Aktivierung von anterioren Bereichen des rechten mittleren frontalen Gyri einhergehen. Dementsprechend wurden im Rahmen der vorliegenden Studie signifikante Effekte ($p < 0.05$ korrigiert für multiple Vergleiche) für das zweite Intervall in diesem Areal vorhergesagt. Als Einschlusskriterien mussten die dabei identifizierten Peakvoxel in T-Tests an extrahierten Parameterschätzwerten einfache Haupteffekte ($p < 0,05$ einseitig) der Art (Gefahr/Reappraisal > Gefahr/Kein Reappraisal) vorweisen, um Reappraisalaktivität unter Gefahr zu gewährleisten, sowie der Art (Gefahr/Reappraisal > Keine Gefahr/Reappraisal), um die Reappraisalaktivität auf die Gefahrbedingung zu spezifizieren. Ein Cluster mit den Peakkoordinaten 32,65,18 bestand alle drei Tests (T-Tests: $p = 0,013$ und $< 0,001$) (siehe Abb. 4A und B). Bei der exploratorischen whole-brain-Analyse mit dem Schwellenwert $p < 0,001$ (unkorrigiert) konnten keine weiteren Voxel gefunden werden, die die Kriterien der einfachen Haupteffekte erfüllt hätten. Im ersten Intervall konnte keine vergleichbare Aktivierung gefunden werden, selbst bei Absenkung des statistischen Schwellenwertes auf $p < 0,01$ (unkorrigiert, whole-brain-Suche). Die Darstellung der Aktivierungszeitverläufe mittels SPMs FIR Modell (vgl. Abschnitt 3.7.3) zeigt, dass die reappraisalspezifische Aktivität in der Bedingung Gefahr vom ersten zum zweiten Intervall hin ansteigt, im dritten Intervall jedoch wieder abfällt. Dies entspricht dem Abbruch der Anxiolyse, der sich bei Berechnung des SC-RSI im dritten Intervall gezeigt hatte (siehe Abb. 3 und 4C).

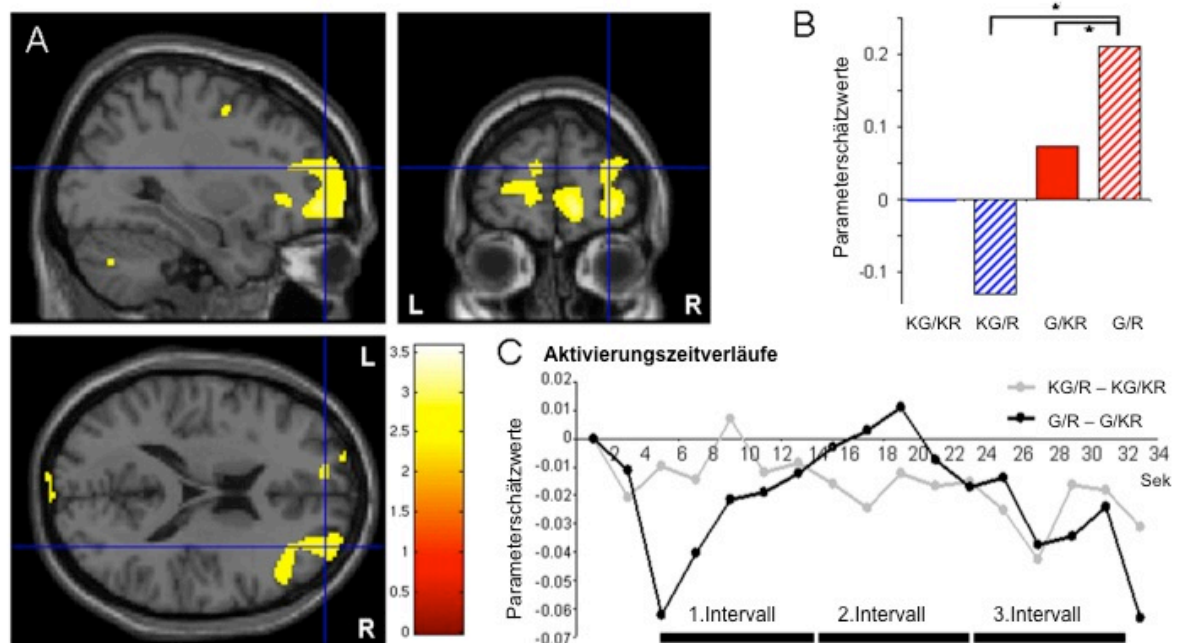


Abbildung 4. Späte Reappraisalaktivität im rechten anterioren lateralen PFC.

A Im zweiten Intervall fand sich eine signifikante Interaktion der Art (Gefahr/Reappraisal>Gefahr/Kein Reappraisal)>(Keine Gefahr/Reappraisal>Keine Gefahr/Kein Reappraisal), gleichbedeutend mit Reappraisalaktivität in der Gefahrbedingung, unter den Koordinaten $x,y,z=32,65,18$ (Montreal Neurological Institute (MNI) Koordinaten, siehe blaues Fadenkreuz; z -Wert=2,72, $p=0,022$ small volume correction (SCV), 31 Voxel im Cluster). Schwellenwert der Darstellung: $p>0,01$ unkorrigiert. Darstellung der Aktivierung auf kanonischem Strukturbild. Balken mit Farbverlauf=T-Werte. R=rechts, L=links.

B Die gemittelten Parameterschätzwerte (parameter estimates) zeigen eine starke Aktivierung in der Bedingung Gefahr/Reappraisal. $*=p<0,05$. Schätzwerte normalisiert auf die Keine Gefahr/Kein Reappraisal-Bedingung. G=Gefahr, GK=Keine Gefahr, R=Reappraisal, KR=Kein Reappraisal.

C Zeitverläufe der Reappraisalaktivität in den Bedingungen Gefahr (G/R-G/KR, schwarz) und Keine Gefahr (KG/R-KG/KR, grau). In der Bedingung Gefahr kommt es zu einem Anstieg der Reappraisalaktivität von frühen (1.Intervall) zu späten (2.Intervall) Zeitpunkten innerhalb der Reappraisalepisode, nicht jedoch in der Bedingung Keine Gefahr. Der Abbruch der Anxiolyse (siehe SC-RSI) im dritten Intervall geht mit einem Abbruch der Reappraisalaktivität einher. Erstellung der Aktivierungszeitverläufe unter Verwendung von SPMs FIR Modell.

4.2.2 Anxiolyse

In einer vorangegangenen Studie (Kalisch et al. 2005) konnte gezeigt werden, dass Reappraisal zu einer Reduktion früher gefahrbezogener Aktivität im rostralen Teil des linken DMPFC/DACC führt. Wie sich herausstellte, war Aktivierung in diesem Gebiet mit der bewussten Bewertung von Gefahr verknüpft (Kalisch et al. 2006b). Dementsprechend haben wir, genau wie bei Kalisch et al. (2005) und passend zur SC-RSI Analyse, in diesem Gebiet eine signifikante Interaktion ($p < 0.05$ korrigiert) der Art (Gefahr/Kein Reappraisal > Keine Gefahr/Kein Reappraisal) > (Gefahr/Reappraisal > Keine Gefahr/Reappraisal) während des ersten Intervalls erwartet. Als zusätzliches Kriterium mussten die detektierten Voxel in T-Tests einfache Haupteffekte des Typs (Gefahr/Kein Reappraisal > Keine Gefahr/Kein Reappraisal) vorweisen, um sicherzugehen, dass das Areal in Zusammenhang mit Gefahr steht, sowie des Typs (Gefahr/Reappraisal < Gefahr/Kein Reappraisal), um zu gewährleisten, dass es unter Reappraisal auch zu einer Reduktion der Aktivität in diesem Bereich kommt.

Ein Peak bei $-14,28,30$ erfüllte die Kriterien der Interaktion und des zweiten einfachen Haupteffekts ($p=0,01$) und zeigte einen starken Trend für den ersten Haupteffekt ($p=0,057$). Die exploratorische whole-brain Analyse mit $p<0,001$ (unkorrigiert) deckte einige weitere Regionen auf, die die zwei Haupteffektkriterien erfüllten (u.a. rechtes Zerebellum, linker ventraler Thalamus, rechter medialer DACC, rechtes Pallidum, siehe Tabelle im Anhang). Eine Aktivität in der Amygdala wurde, wie häufiger bei Studien mit antizipatorischem Angstparadigma, nicht gefunden (siehe Mechias et al. 2010). Im zweiten Intervall konnte keine vergleichbare Aktivierung gefunden werden ($p<0,001$ unkorrigiert).

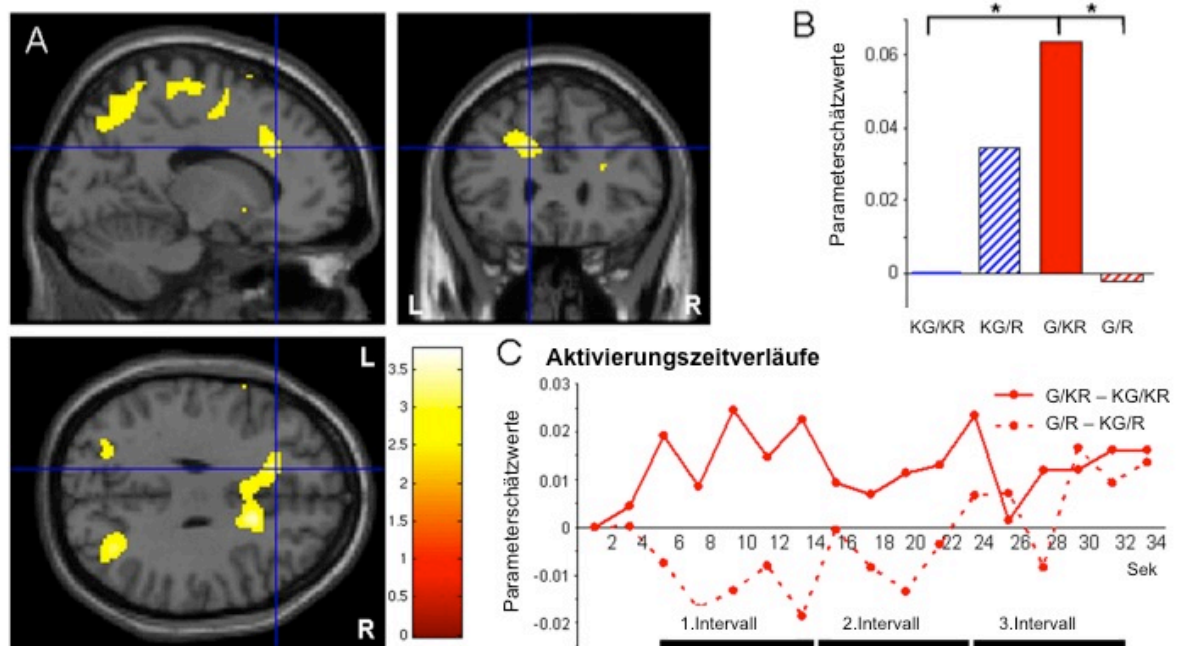


Abbildung 5. Reduktion der Angst-bezogenen Aktivität durch Reappraisal im linken rostralen DMPFC/DACC.

A Eine signifikante Interaktion des Typs (Gefahr/Kein Reappraisal>Keine Gefahr/Kein Reappraisal)>(Gefahr/Reappraisal>Keine Gefahr/Reappraisal), gleichzusetzen mit einer Reduktion der angstbezogenen Aktivität durch Reappraisal, konnte unter den Koordinaten $x,y,z=-14,28,30$ ($z=3,04$, $p=0,042$ SVC, 23 Voxel) im ersten Intervall gefunden werden. Abbildungsschwellenwert: $p<0,01$ unkorrigiert.

B Parameterschätzwerte. $*=p<0,05$. Schätzwerte normalisiert auf die Keine Gefahr/Kein Reappraisal Bedingung. G=Gefahr, KG=Keine Gefahr, R=Reappraisal, KR=Kein Reappraisal.

C Die Zeitverläufe zeigen, dass die Angst-bezogene Aktivierung im DMPFC/DACC (G/KR-KG/KR, rot) durch Reappraisal (G/R-KG/R, rot-gestrichelt) reduziert wird, besonders zu Beginn der Reappraisalepisode (1.Intervall). Diese relative Reduktion wird im zweiten Intervall aufrechterhalten und verschwindet im dritten Intervall gleichzeitig mit dem Zusammenbruch der Anxiolyse (siehe SC-RSI, Abbildung 3).

4.2.3 Räumliche Verteilung der späten Reappraisalaktivität

Während des zweiten Intervalls kam es vorwiegend zu einer Aktivierung rechts anteriorer Abschnitte des lateralen PFC (siehe Abbildung 4A). Dies zeigte sich auch bei der Auszählung der Schwellenwert-überschreitenden ($p < 0,01$ unkorrigiert), reappraisalassozierten Voxel im rechten anterioren, rechten posterioren, linken anterioren und linken posterioren lateralen frontalen Cortex für das zweite Intervall. Sowohl auf Gruppen-Ebene als auch auf Einzelprobanden-Ebene (mit anschließender Mittelung über alle Probanden) fanden sich dabei signifikant mehr Voxel im rechten anterioren als im linken anterioren lateralen PFC. Posteriore und anteriore Auszählungen wurden aufgrund der möglichen Unterschiede der neurovaskulären Kopplung und Signal-Rausch-Verhältnisse dieser Areale nicht verglichen.

A Zählung auf Gruppen-Ebene

	Links	Rechts	Chi-Quadrat
Anterior	210	950	472.1***
Posterior	47	215	107.7***

B Zählung auf Einzelprobanden-Ebene, gemittelt

	Links	Rechts	Chi-Quadrat
Anterior	55	142	38.4***
Posterior	86	81	0.2 [#]

Tabelle 1. Auszählung der mit später Reappraisalaktivität assoziierten Voxel in den vier Quadranten des lateralen frontalen Cortex. Die Voxel wurden gezählt im Interaktionskontrast (Gefahr/Reappraisal>Gefahr/Kein Reappraisal)>(Keine Gefahr/Reappraisal>Keine Gefahr/Kein Reappraisal) für das zweite Intervall mit $p < 0,01$ unkorrigiert. Chi-Quadrat Tests wurden nur zwischen linker und rechter Seite durchgeführt. . ***= $p < 0.001$, [#]= $p = 0,669$.

5 Diskussion

Die vorliegende Studie hatte zwei Ziele. Zum einen sollte Kalischs Reappraisalmodell IMMO (implementation-maintenance model, Kalisch 2009) empirisch validiert werden. IMMO postuliert, dass Reappraisal ein zeitlich ausgedehnter, zyklischer Prozess ist, der aus einer Implementierungs- und einer nachfolgenden Aufrechterhaltungsphase besteht. Beiden Phasen liegen unterschiedliche kognitive Subprozesse zugrunde, so dass von zwei unterschiedlichen neuronalen Netzwerken auszugehen ist.

Das zweite Ziel der Studie war die Testung einer Hypothese bezüglich des neuronalen Äquivalents der zwei Reappraisalphasen. Im Rahmen seiner Metaanalyse hatte Kalisch Hinweise dafür gefunden, dass die Implementierungsphase mit einer Aktivierung des linken, eher posterioren, die Aufrechterhaltungsphase dagegen mit einer Aktivierung des rechten, eher anterioren LFC einhergeht (Kalisch 2009).

Um die zeitliche Dynamik des Reappraisalvorganges zu erfassen, wurde die regulatorische Episode für die Auswertung in drei Intervalle aufgeteilt. Dabei zeigte sich, dass im ersten Intervall bereits eine reappraisalinduzierte Anxiolyse erreicht wurde, sich aber nur im zweiten Intervall eine reappraisalbezogene neuronale Aktivierung nachweisen ließ. Diese Aktivierung war im rechten anterioren LPFC lokalisiert. Im dritten Intervall fanden weder Anxiolyse noch Reappraisalaktivität statt.

Die Auswertung der funktionellen Bildgebungs- und behavioralen Daten lieferte Belege für die von IMMO postulierte Zweiphasigkeit des Reappraisals und unterstützte somit Kalischs Reappraisalmodell. Die Hypothese bezüglich des neuronalen Äquivalents der zwei Reappraisalphasen konnte nur im Hinblick auf die späte Aufrechterhaltungsphase bestätigt werden. Dies konnte rückblickend auf des Studiendesigns zurückgeführt werden, so dass sich zur Testung der Hypothese die Notwendigkeit einer neuen, leicht modifizierten Studie ergab. Diese wurde in der Zwischenzeit bereits durchgeführt und konnte sowohl für Implementierung als auch Aufrechterhaltung das erwartete neuronale Korrelat nachweisen (Paret et al. 2011).

5.1 Angstinduktion und Anxiolyse

Voraussetzung für die Untersuchung einer Emotionsregulationsstrategie ist zunächst das Vorhandensein eines emotionalen Stimulus, der stark genug ist, um über den Verlauf des Experimentes hinweg eine emotionale Antwort hervorzurufen. Die Ergebnisse der Auswertung von Hautleitfähigkeit und Ratings zeigten, dass in der Gefahrbedingung eine hinreichende Angstinduktion erfolgte (siehe Abbildung 2). Die Hautleitfähigkeit, welche hauptsächlich von der Schweißproduktion und somit der sympathischen Aktivierung abhängig ist, liefert dabei Informationen über den emotionalen Erregungszustand und kann als Angstindikator angesehen werden (Bortz & Döring 2006; Urry et al. 2009).

Zudem musste geprüft werden, ob Reappraisal überhaupt zu einer erfolgreichen Emotionsregulation führte, da dies die Voraussetzung für ein Greifen der neuronalen Vorhersagen von IMMO darstellt (Kalisch 2009). In der Tat ließ sich mittels der behavioralen Daten eine signifikante Anxiolyse in der Reappraisalbedingung belegen. Die Berechnung des Reappraisal Success Index für die drei Intervalle (Abbildung 3) zeigte jedoch, dass sich die reappraisalinduzierte Anxiolyse nur auf die ersten beiden Intervalle beschränkte. Im dritten Intervall erfolgte keine erfolgreiche Emotionsregulation mehr.

Der Grund dafür könnte in Konzentrationsschwierigkeiten gegen Ende des Durchgangs liegen, über die eine Vielzahl von Probanden im postexperimentellen Interview berichtet hatte. Zusätzlich zur experimentell induzierten antizipatorischen Angst kamen im Rahmen des Versuchs einige Faktoren zusammen, die zu einem weiteren Anheben des Stressniveaus der Probanden führten. Dazu zählten die ungewohnte Situation in eingeengter Umgebung, die lauten Scannergeräusche, die Bemühung, unbeweglich zu liegen, und die kognitive Anstrengung. Zudem war die Dauer des Durchgangs mit 27 Sekunden vergleichsweise lang. Die Reappraisalstudien aus Kalischs Metaanalyse etwa hatten eine durchschnittliche Reappraisaldauer von nur 11 Sekunden (vgl. Kalisch (2009), Tabelle A.2). Den langen Anwendungszeitraum hatten wir gewählt, um einen zusätzlichen Schwerpunkt auf die späte Aufrechterhaltungsphase zu legen.

Erfolgsloses Reappraisal geht laut IMMO mit einem schnellen Hin- und Herspringen zwischen Implementierungs- und Aufrechterhaltungsphase einher. Die zeitliche Auflösung des MRTs erfordert für den Nachweis phasenäquivalenter neuronaler Aktivität das zeitliche Überwiegen einer der beiden Reappraisalphasen. Ein kontinuierlicher Wechsel dagegen geht mit unvorhersehbaren Aktivierungen einher (Kalisch 2009). Entsprechend konnten die Bildgebungsdaten des dritten Intervalls nicht zur Testung von IMMO hinzugezogen werden.

Die durch Reappraisal bewirkte Anxiolyse zeigte sich bei der Auswertung der Bildgebungsdaten vor allem durch die reappraisalinduzierte Reduktion der Aktivität im linken rostralen DMPFC und DACC während des ersten Intervalls. Der MPFC wird als zuständig für die Prozessierung von Selbstrelevanz angesehen [rezensiert durch D'Argembeau & Salmon (2012)]. Dem rostralen Teil des DMPFC und DACC konnte eine wichtige Rolle bei der bewussten Bewertung von Gefahr nachgewiesen werden (Kalisch et al. 2006b), welche sich auch im Rahmen einer Metaanalyse bildgebender Studien zu antizipatorischer Angst aufrecht erhalten ließ (Mechias et al. 2010). Die bewusste Bewertung umfasst beispielsweise die Erwartung des als gefährlich – in diesem Fall schmerzhaft – eingestuften Stimulus (unkonditionierter Stimulus), sowie die Wahrnehmung der eigenen emotionalen Reaktion auf den Gefahr vorhersagenden, vorangegangenen Stimulus (konditionierter Stimulus) (Mechias et al. 2010). Allgemeiner konnte dem DMPFC/ACC die Beteiligung an der Bewertung negativer Emotionen nachgewiesen werden (Etkin et al. 2011). Das zeitliche Auftreten der Reduktion seiner Aktivität passt dabei zu dem frühen anxiolytischen Reappraisaleffekt, der sich in der Hautleitfähigkeitsanalyse zeigte.

5.2 Testung von IMMO

Das wichtigste Ergebnis dieser bildgebenden Studie ist, dass im Verlauf einer selbstfokussierten Reappraisalanwendung, genauer gesagt im Zeitraum während der 9. bis zur 18. Sekunde nach Regulationsbeginn, eine signifikante frontale Aktivierung nachgewiesen werden konnte. Die Anwendung des Reappraisals zielte dabei auf die Regulation antizipatorischer Angst ab und setzte während des Versuchs nach der akustischen Vorwarnung eines möglichen schmerzhaften Stimulus ein.

Die nachgewiesene späte Reappraisalaktivierung steht im Einklang mit Kalischs Reappraisalmodell IMMO (Kalisch 2009). Dieses besagt, dass die gewählte Reappraisalstrategie nach ihrer Implementierung für die Dauer der emotionalen Episode aktiv im Arbeitsgedächtnis aufrechterhalten und bezüglich ihrer Wirkung überprüft und gegebenenfalls modifiziert wird. Im Gegensatz dazu beschreibt das Modell von Goldin et al. (2008) frühe Reappraisalprozesse als ausreichend, um für die Dauer der emotionalen Stimulierung eine Regulation zu gewährleisten, ohne dass Aufrechterhaltungsvorgänge notwendig seien. Während Goldins Modell die reappraisalspezifische neuronale Aktivität auf den Beginn der Regulationsepisode beschränkt, postuliert IMMO zusätzlich eine signifikante Aktivierung während späterer Zeitpunkte der Reappraisalepisode. Die gemäß IMMO zu

erwartende frühe Aktivierung konnte nicht nachgewiesen werden, was aber auf das Studiendesign, speziell den Aufbau der Kontrollbedingung, zurückgeführt werden kann (siehe Abschnitt 5.2.2).

Auch die Auswertung der behavioralen Daten unterstützt die Annahmen von IMMO. Bei der Untersuchung der Hautleitfähigkeitsdaten zeigte sich, dass im ersten Intervall eine Anxiolyse erzielt wurde, welche im zweiten Intervall aufrechterhalten, aber nicht weiter verstärkt wurde. Der Reappraisal Success Index des ersten korrelierte dabei nicht mit dem des zweiten Intervalls; eine erfolgreiche Anxiolyse war somit kein Garant für eine erfolgreiche Aufrechterhaltung derselben. Dies steht im Einklang mit der Annahme, dass früher und später Reappraisalphase voneinander unabhängige kognitive Prozesse zugrunde liegen. Kalisch geht in seinen Überlegungen bezüglich der Reappraisal zugrunde liegenden emotionsregulatorischen Mechanismen sogar so weit, die Emotionsregulation in der Implementierungsphase hauptsächlich auf die „kognitive und behaviorale Suppression der emotionalen Prozessierung“ zurückzuführen, in der Aufrechterhaltungsphase dagegen auf „das Austauschen negativer mit weniger negativen Bewertungen“ (Kalisch 2009, S.1222, Übersetzung durch die Autorin). Würde dagegen die Anxiolyse in beiden Phasen auf den gleichen kognitiven Mechanismen beruhen, wäre zu erwarten, dass auf eine erfolgreiche frühe Anxiolyse eine erfolgreiche späte Aufrechterhaltung dieser Anxiolyse folgt.

Zusammengefasst belegt die Analyse des Zeitverlaufs von Hautleitfähigkeit (Abbildung 3) und fMRT Daten (Abbildung 4 und 5) die Bedeutung der späten (im zweiten Intervall stattfindenden) frontalen Aktivierung für die Aufrechterhaltung des vorher (im ersten Intervall) erzielten Anxiolyseniveaus. Der Zusammenbruch der Anxiolyse im letzten Drittel des Durchgangs (18. bis 27. Sekunde) ging mit einem Verschwinden der frontalen Aktivität einher.

5.3 Überprüfung der neuronalen Vorhersagen

5.2.1 Zuordnung der späten Reappraisalaktivität

Kalisch hatte in seiner Metaanalyse die Überlegung geäußert, dass die von ihm vorgefundene reappraisalspezifische späte Aktivierung im rechten anterioren LPFC der Aufrechterhaltungsphase zuzuordnen sei (Kalisch 2009). In der vorliegenden Studie wurden die Probanden nicht gefragt, wann im Laufe des Durchgangs sie von der Implementierungs- in die Aufrechterhaltungsphase wechselten. Solch eine Überprüfung hätte die Probanden aller

Wahrscheinlichkeit nach zu sehr von ihrer Aufgabe abgelenkt. Entsprechend kann aus unseren Daten nicht direkt abgeleitet werden, dass die in unserem Versuch für den zweiten Intervall nachgewiesene Aktivierung im rechten anterioren LPFC tatsächlich mit der Aufrechterhaltung und Kontrolle von Reappraisalvorgängen zusammenhängt, statt mit deren Implementierung. Die nachfolgend aufgeführten Überlegungen sprechen jedoch für diese Zuordnung.

Die Auswertung der Hautleitfähigkeitsdaten zeigte, dass bereits im ersten Intervall eine reappraisalinduzierte Anxiolyse erfolgte. Entsprechend ist davon auszugehen, dass zu diesem Zeitpunkt frühe Reappraisalaktivität, also Implementierungsvorgänge, entweder stattfanden oder schon abgeschlossen waren. Für letzteres spricht die Tatsache, dass durch das präexperimentelle Training die Anforderung an die Implementierung während des Versuchs minimiert wurde. Es könnte durchaus sein, dass die erste Reappraisalphase wenige Sekunden nach Beginn des ersten Intervalls schon beendet war. Es erscheint somit eher unwahrscheinlich, dass die im zweiten Intervall nachgewiesene neuronale Aktivierung auf Implementierungsvorgänge zurückzuführen ist. Zur Begründung für den fehlenden Nachweis des neuronalen Korrelats der frühen Reappraisalaktivität siehe Abschnitt 5.2.2.

Zudem finden sich in der Literatur Belege dafür, dass der rechte anteriore LPFC für Aufrechterhaltungsvorgänge zuständig ist (siehe Abschnitt 2.2.3). So weisen beispielsweise Studien zu unterschiedlichen Formen der metakognitiven Kontrolle, etwa bezüglich Arbeitsgedächtnisinhalten (Champon & Petrides 2007), abgerufenen episodischen Gedächtnisinhalten (Allan et al. 2000), oder Selbstrelevanz (Schmitz et al. 2004) Aktivierungen im rechten anterioren LPFC auf [rezensiert durch Kalisch 2009].

Zusammengefasst kann davon ausgegangen werden, dass der reappraisalspezifischen neuronalen Aktivierung im rechten anterioren LPFC die kognitiven Vorgänge der Aufrechterhaltungsphase zugeordnet werden können. Kalischs Hypothese zum neuronalen Äquivalent der Reappraisalphasen (Kalisch 2009) kann durch diese Studie somit in Bezug auf die Aufrechterhaltungsphase bestätigt werden. Im Hinblick auf die Studie von Paret et al. (2011, siehe auch Abschnitt 5.2.2), welche zusätzlich frühe, mit der Implementierung in Zusammenhang stehende Aktivität im linken, posterioren LPFC nachweisen konnte, können Kalischs neuronale Vorhersagen somit in IMMO integriert werden.

5.2.2 Fehlende frühe Reappraisalaktivität

Gemäß IMMO wäre in einer bildgebenden Reappraisalstudie, deren regulatorische Episoden lang genug sind, um das Stadium der Implementierungsphase zu überschreiten, sowohl eine frühe als auch eine späte reappraisalspezifische neuronale Aktivierung zu erwarten. Kalisch hatte zudem vorgeschlagen, dass die frühe, der Implementierungsphase entsprechenden Aktivität im linken, eher posterioren LPFC vorzufinden sei (Kalisch 2009). Der fehlende Nachweis der frühen Reappraisalaktivität in der vorliegenden Studie kann auf verschiedene Faktoren zurückgeführt werden.

Zum einen war die Studie so konzipiert, dass die Implementierungsphase möglichst kurz ausfallen sollte, da diese zwar von Interesse, im Hinblick auf die Widerlegung von Gross' und Goldins Modell der Nachweis der späten Aufrechterhaltungsphase jedoch wichtiger erschien. Die Implementierungsphase umfasst definitionsgemäß die Wahl der Reappraisalstrategie und das Abrufen des Reappraisalmaterials (Kalisch 2009). Durch Vorgabe von Form (Distanzierung) und Inhalt (Sätze und mentales bildliches Äquivalent) der Reappraisalstrategie wurde den Probanden der erste Schritt der Implementierungsphase abgenommen. Die Monotonie der Stimulierung während der Gefahr/Reappraisal-Bedingung machte zudem eine Anpassung der Reappraisalstrategie, wie sie beispielsweise bei der Emotionsinduktion durch unterschiedliche aversive Bilder erforderlich ist, nicht nötig. Der zweite Schritt, das Abrufen des Reappraisalmaterials, wurde durch das präexperimentelle Training beschleunigt. Theoretisch könnte es also sein, dass die Implementierung während des Experimentes so rasch und mühelos erfolgte, dass ihr keine signifikante neuronale Aktivierung entsprach.

Der wichtigste Grund für das Fehlen der Implementierungsaktivierung dürfte allerdings sein, dass Kontroll- und Reappraisalbedingung in Bezug auf die Implementierung identisch waren: nach dem Ertönen eines Signalwortes („Nah“ für Kontrolle, „Fern“ für Reappraisal), sollten sich die Probanden die entsprechenden Sätze und Bilder ins Gedächtnis rufen. Im präexperimentellen Training war dabei sichergestellt worden, dass dieser Vorgang in beiden Bedingungen als gleichwertig bezüglich Anstrengung, Intensität und Valenz empfunden wurde (siehe auch Abschnitt 3.2). Da die Berechnung der reappraisalspezifischen neuronalen Aktivität auf dem Kontrast, also der Differenz zwischen den Aktivierungen in der Reappraisal- und der Kontrollbedingung, beruht, erscheint es somit plausibel, dass sich im ersten Intervall keine Reappraisalaktivität zeigte.

Deutlich wird die Bedeutung der Kontrollbedingung für den fehlenden Nachweis der frühen

Reappraisalaktivierung durch den Vergleich mit der Studie von Paret et al. (2011). Paret Studie entsprach weitgehend der Vorliegenden, ein wesentlicher Unterschied lag jedoch darin, dass die Kontrollbedingung nur das Wahrnehmen der Situation und aller sie begleitenden emotionalen Phänomen beinhaltete, ohne dass den Probanden dafür spezielle Vorgaben gemacht worden wären. Paret konnte nicht nur eine späte Reappraisalaktivität im rechten anterioren LFC nachweisen, sondern fand zudem als Äquivalent der von IMMO postulierten Implementierungsphase eine frühe Aktivierung im linken posterioren LFC. Als kognitiven Prozess, der dieser Aktivierung zugrunde liegt, postuliert Paret das Abrufen aus dem Langzeitgedächtnis, da bei seiner Studie, wie bei unserer, die Wahl der Reappraisalstrategie präexperimentell getroffen worden war (Paret et al. 2011).

Berücksichtigt man die Tatsache, dass Reappraisal auch zur Verstärkung negativer Emotionen hinzugezogen werden kann (Ochsner et al. 2004), könnte im Nachhinein sogar die Vermutung geäußert werden, dass es sich bei unserer Kontrollbedingung definitionsgemäß ebenfalls um eine Reappraisalstrategie gehandelt haben könnte. Obwohl das eigentliche Ziel der Vergleichsbedingung die möglichst natürliche Wahrnehmung der Situation war, kann man nicht ausschließen, dass durch die Vorstellung der unmittelbaren Nähe der Emotion (symbolisiert durch die Wolke, siehe Abschnitt 2.2) eine Verstärkung derselben erreicht wurde.

Ochsner untersuchte in seiner Studie selbst- und situationsfokussiertes Reappraisal sowohl zur Verstärkung als auch zur Verminderung von negativen Emotionen. Bei der Auswertung der funktionellen Bildgebungsdaten stellte er fest, dass eine Reihe vor allem frontal lokalisierter Areale sowohl in der Verstärkungs- als auch in der Verminderungs-Reappraisalbedingung aktiv waren. Daraus zog er die Schlussfolgerung, dass es sich dabei um eine Art „Reappraisal-Kernnetzwerk“ handelte, welches unabhängig von Strategie und Ziel bei der Verwendung von Reappraisal immer beteiligt ist. Für unsere Studie interessant wäre dabei die Beobachtung, dass dazu auch Bereiche des linken LPFC zählen, denen Ochsner die „Generierung und Aufrechterhaltung von Reappraisalstrategien“ (S.495) zuspricht. Weitere gemeinsame Strukturen waren der dorsale mediale PFC und das ACC.

Beim direkten Vergleich zwischen beiden Bedingungen zeigten sich jedoch auch signifikante Unterschiede. Die verstärkungsspezifischen Aktivierungen waren „links-lateralisiert und umfassten den linken rostralen medialen PFC (BA 9/10) und den posterioren cingulären Cortex“. Die verminderungsspezifischen Aktivierungen dagegen waren „ausschließlich rechts lateralisiert und beinhalteten den dorsolateralen und den lateralen orbitalen präfrontalen Cortex“ (S.490, Ochsner et al. 2004).

Kombiniert man Ochsners Beobachtung und Kalischs neuronale Vorhersagen für IMMO, so wäre beim Kontrast emotionsreduzierendes Reappraisal > emotionsverstärkendes Reappraisal in der Implementierungsphase keine Aktivierung, in der Aufrechterhaltungsphase dagegen eine spezifische Aktivierung des rechten LPFC zu erwarten - entsprechend der von uns im zweiten Intervall gefundenen neuronalen Aktivität.

Obwohl der Aufbau der Kontrollbedingung für den Nachweis der frühen Implementierungsphase hinderlich war, bietet sie einen wesentlichen Vorteil. Indem Reappraisal- und Kontrollbedingung sich bezüglich der kognitiven Anforderung entsprechen, kann sichergestellt werden, dass die reappraisalinduzierte Anxiolyse nicht einfach auf eine vermehrte Arbeitsgedächtnisbelastung – und somit auf Ablenkung - zurückzuführen ist. Angesichts der Ähnlichkeiten zwischen beiden Strategien ist dies durchaus als sinnvoll zu erachten. Neuronal hatten sich Überlappungen zwischen Ablenkung und Reappraisal gezeigt (siehe Abschnitt 2.2, McRae et al. 2010, Kanske et al. 2011) und auch konzeptionell findet sich ein gemeinsamer Kern. Kalisch etwa postuliert, dass beide Strategien ihre emotionsregulatorische Wirkung durch das „Ausstauschen von emotionalen durch neutrale mentale Gedächtnisinhalte“ erzielen, wobei dieser Ausstausch auf unterschiedliche Weise zustande komme (Kalisch et al. 2006a, S.1). In der Vergangenheit war die Überlegung laut geworden, es könne sich bei Reappraisal eventuell nur um eine Form der Ablenkung handeln (vgl. McRae et al. 2002). Neuere Ergebnisse weisen darauf hin, dass Ablenkung einen wesentlichen Beitrag zur Reappraisalwirkung leistet (Mechias 2012). Um gezielt die eigentlichen Reappraisalvorgänge zu untersuchen, ist es also essenziell, das Element der Ablenkung möglichst aus den Ergebnissen herauszufiltern – etwa indem, wie bei dem vorliegenden Versuch, Ablenkung in die Kontrollbedingung integriert wird.

5.3 Vereinbarkeit von Goldins Studie und IMMO

In ihrer Studie untersuchten Goldin et al. (2008) Daten von Probanden, die mittels einer rationalisierenden Strategie ekelauslösende Filmsequenzen neubewerten sollten. In der Kontrollbedingung sollten die Probanden die Filmsequenzen betrachten, ohne ihre emotionale Reaktion zu regulieren. Nachgewiesen wurde eine signifikant höhere Aktivierung im medialen, dorsolateralen und ventrolateralen PFC in der Reappraisal- im Gegensatz zur Beobachtungsbedingung während der ersten fünf Sekunden des Durchgangs, nicht aber in den verbliebenen zehn Sekunden. Die frühe reappraisalbezogene Aktivierung vor allem im medialen und linken ventrolateralen PFC standen dabei im Zusammenhang mit einer späteren

Reduktion von Aktivität in Amygdala und Insula. Reappraisal führte zu einer signifikanten Reduktion von Ekelratings, aber nur zu nicht-signifikanter ($p=0,09$) Reduktion des Gesichtsausdrucks für Ekel (Goldin et al. 2008).

Goldin et al. postulieren, dass eine frühe Reappraisalaktivität ausreichend sei, um über den gesamten Zeitraum der emotionalen Episode eine Regulation zu erzielen. Dennoch gibt es einige mit IMMO vereinbare Erklärungen für das Fehlen der späten Reappraisalaktivierung.

Zum einen wäre es möglich, dass nicht über den gesamten Verlauf der regulatorischen Episode erfolgreich Reappraisal angewandt wurde. In unserer Studie wiesen die Ergebnisse der Hautleitfähigkeitsauswertung darauf hin, dass im dritten Intervall keine Anxiolyse mehr in der Reappraisalbedingung erreicht wurde. Der fehlenden Regulation entsprach der fehlende Nachweis reappraisalbezogener neuronaler Aktivierung. Goldin benutzt in seiner Studie als behavioralen Marker den Ekel-exprimierenden Gesichtsausdruck. Die nicht signifikante Reduktion des mimischen Ausdrucks könnte als Hinweis für eine unzureichende Emotionsregulation gedeutet werden. Durch den schnellen, andauernden Wechsel zwischen Implementierungs- und Aufrechterhaltungsphase, der bei erfolglosem Reappraisal zustande kommt, wäre somit kein eindeutiges Aktivierungsmuster zu erwarten (Kalisch 2009, siehe auch Abschnitt 5.1).

Unter der Annahme einer erfolgreichen Emotionsregulation dagegen könnte man die unterschiedlichen emotionsregulatorischen Anforderungen in beiden Studien als Erklärung für das Fehlen der späten Reappraisalaktivität hinzuziehen. Schmerz mit seinem intrinsisch aversiven Charakter stellt einen Stimulus dar, der automatisch als selbstrelevant eingestuft wird (Kalisch et al. 2005). Der Zeitpunkt des Schocks war randomisiert, entsprechend wussten die Probanden nicht, ob und wann innerhalb eines mit dem Warnton beginnenden Durchgangs sie einen Schock erhalten würden. Die Erwartungsangst konnte somit über die Dauer des ersten und zweiten Intervalls kontinuierlich auf hohem Niveau gehalten werden (siehe Hautleitfähigkeit, Abbildung 3). Um eine Reduktion dieser antizipatorischen Angst zu erreichen, ist somit eine kontinuierliche Regulation – in anderen Worten, eine Aufrechterhaltung des Reappraisals nach dessen Implementierung – nötig. Ekel auslösende Filmsequenzen dürften im Vergleich zu tatsächlich verabreichten Schmerzstimuli als weniger selbstrelevant eingestuft werden. Die Relevanz eines Stimulus stellt gemäß der Appraisaltheorie eines der wichtigsten Bewertungskriterien dar, und entscheidet über die Hinzuziehung weiterer kognitiver Ressourcen zur Stimulusanalyse sowie die Stärke der durch den Stimulus hervorgerufenen emotionalen Antwort (Sander et al. 2005, Scherer 2001). Eine auf Distanzierung basierende Reappraisalstrategie, so wie sie in beiden Studien angewandt

wurde, arbeitet damit, dass dem Stimulus bewusst die Relevanz abgesprochen wird. Ist nun dieser Stimulus hochgradig selbstrelevant, müssen aufgrund der höheren Anforderung zusätzliche kognitive Ressourcen hinzugezogen werden – was der späten Aktivierung entsprechen könnte.

Berücksichtigt werden muss zudem, dass in Goldins Reappraisalbedingung eventuell Ablenkung als zusätzliche emotionsregulatorische Strategie beteiligt gewesen sein könnte. In unserer Studie wurde durch die genaue Vorgabe der Reappraisalstrategie so gut wie möglich sichergestellt, dass die Probanden selbst-fokussiertes, d.h. distanzierendes Reappraisal anwenden. Bei Goldin et al. dagegen war die Vorgabe nur, eine objektive Haltung einzunehmen, um die emotionale Wirkung der Filmsequenzen, die z.B. chirurgische Eingriffe und Tierschlachtungen beinhalteten, zu reduzieren. Dies entspricht ebenfalls selbst-fokussiertem Reappraisal. Als Beispiele wurde den Probanden das „Einnehmen der Perspektive eines medizinischen Fachangestellten, der ein Instruktionsvideo betrachtet, oder durch das Fokussieren auf technische Aspekte des Film“ genannt (Goldin et al. 2008, S. 578). Sowohl die freie Wahl der Strategie als auch das explizite Nennen der Möglichkeit, sich auf weniger emotionale Aspekte zu konzentrieren - was definitionsgemäß Ablenkung entspricht (Gross 1999) - gehen mit der Wahrscheinlichkeit einher, dass die Probanden als emotionsregulatorische Strategien sowohl Reappraisal als auch Ablenkung angewandt haben könnten. Dies würde zu einer Einschränkung der Aussagekraft der Bildgebungsdaten führen. Schlussendlich muss aber berücksichtigt werden, dass beide Studien aufgrund der Unterschiede vor allem bezüglich des emotionalen Stimulus, der zu regulierenden Emotion und der angewandten Reappraisalstrategie, nur unter Vorbehalt verglichen werden können. Zudem kann es durchaus sein, dass in bestimmten emotionalen Situationen – wie den in der Studie von Goldin et al. – verschiedene Faktoren, wie z.B. das oben genannte geringe Maß an Selbstrelevanz des emotionalen Stimulus, eine späte Aufrechterhaltungsphase für den Reappraisalerfolg überflüssig machen. Das Modell von Goldin et al. könnte gewissermaßen als Sonderform von IMMO betrachtet werden. Dadurch würde IMMO auch seinem Anspruch gerecht, als allgemeingültiges Modell die Komplexität emotionsregulatorischer Prozesse integrieren zu können.

5.4 Ausblick

In dieser Studie wurde IMMO zur Erklärung von Reappraisal zur Regulation antizipatorischer Angst hinzugezogen. Prinzipiell ist IMMO aber auch als Grundlage sowohl weiterer Reappraisalformen als auch anderer emotionsregulatorischer Strategien wie Ablenkung oder Suppression denkbar (Kalisch 2009). In Bezug auf Reappraisal wäre es interessant, IMMO systematisch an den verschiedenen Reappraisalarten durchzutesten: situations- versus selbstfokussiertes Reappraisal, sowohl zur Regulation von negativen als auch positiven Emotionen, entsprechend der Studie von Ochsner et al. (2004), nur unter Berücksichtigung der zeitlichen Dynamik.

Um die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Reappraisalformen sowie zwischen Reappraisal und anderen emotionsregulatorischen Strategien zu verstehen, ist es erforderlich, diese Prozesse in ihre einzelnen kognitiven Subprozesse zu zerlegen und jedem dieser Subprozesse das entsprechende neuronale Korrelat zuzuordnen. In Bezug auf Reappraisal ist dies durch IMMO bereits in Grundzügen erfolgt. Erschwert wird dies allerdings durch die Tatsache, dass exekutiven Funktionen nicht genau definierte präfrontale Strukturen zugeordnet werden können, sondern ihnen vielmehr flexible neuronale Netzwerke zugrunde liegen, die je nach internen und externen Faktoren variieren (Elliott 2003).

Es sollte auch nicht vergessen werden, dass es sich bei emotionsregulatorischen Begriffen wie Reappraisal, Ablenkung und Suppression letztendlich um theoretische Konstrukte handelt, zwischen denen oft keine klaren Grenzen gezeichnet werden können – nicht umsonst verwendet Gross in seinen Überlegungen oft den Begriff des Kontinuums (vgl. Gross 1998, 2008). Die Notwendigkeit, diese Konstrukte beständig zu hinterfragen, ergibt sich auch aus neueren Ergebnissen aus unserer Arbeitsgruppe. Mechias (2012) fand im Rahmen einer Serie von Verhaltensstudien zu Reappraisal Hinweise dafür, dass der Wirkung des Reappraisals mehrere Komponenten zugrunde liegen. Dazu gehört neben der kognitiven Uminterpretierung, also Reappraisal im eigentlichen Sinne, auch die kognitive Beanspruchung – also definitionsgemäß Ablenkung – sowie die Erwartungshaltung, die unweigerlich mit der Anwendung von Reappraisal verknüpft ist. Kalisch dagegen hatte schon in seiner Metaanalyse 2009 in Erwägung gezogen, dass bei der Implementierungsphase des Reappraisals kognitive und behaviorale Suppression eine Rolle spielen könnte (Kalisch 2009, siehe auch Abschnitt 5.2).

Daraus ergibt sich natürlich die Frage, ob nicht bei den ursprünglich definierten emotionsregulatorischen Strategien eine Unterscheidung möglich wäre in Basiselemente –

wie z.B. unter anderem Ablenkung, Placebo, Suppression –, durch deren Kombination komplexere Strategien – wie z.B. Reappraisal – zustande kommen. Man könnte aber auch durchaus Reappraisal als Basiselement betrachten; Ochsner z.B. postuliert, dass der Placeboeffekt durch die Reappraisalkomponente vermittelt wird (Ochsner & Gross 2005).

Bezüglich der genauen emotionsregulatorischen Mechanismen, die Reappraisal zugrunde liegen, sind also noch einige Fragen offen. Die Verbindung zwischen Reappraisal und anderen regulatorischen Strategien weiter zu klären, ist nicht nur im Hinblick auf das konzeptuelle Verständnis von Reappraisal von Interesse. Klinisch könnte durch die Kenntnis und vermehrte Nutzung anderer eventueller Wirkkomponenten, wie zum Beispiel Placebo, die therapeutische Reappraisalwirkung maximiert werden (Mechias 2012).

Es ist zu erwarten, dass sich die Reappraisalforschung mit der zunehmenden Klärung grundlegender Fragen zukünftig immer mehr von gesunden Probanden auf Patienten mit Störungen der Emotionsregulation konzentrieren wird. Bisher konnte diesbezüglich z.B. gezeigt werden, dass die Regulierung negativer Emotionen mittels Reappraisal bei ängstlichen Probanden im Vergleich zu normalen Probanden mit einer stärkeren präfrontalen Aktivierung, unter anderem des linken DLPFC und des DMPFC, einhergeht, wobei der gleiche Regulationserfolg erzielt wird. Diese „präfrontale Hyperaktivität“ kann auch bei depressiven Patienten beobachtet werden (Campbell-Sills et al. 2011).

Kombiniert man das grundlegende Verständnis von sowohl Reappraisal als auch emotionsregulatorischen Störungen, so ist für die Zukunft zu erhoffen, dass sich daraus fundierte Optimierungen in der kognitiven Therapie dieser Störungen ergeben.

6 Zusammenfassung

Reappraisal ist eine effektive kognitive Strategie zur Emotionsregulation, die klinisch vor allem in der Therapie von Depression und Angststörungen eine Rolle spielt (Gross & John 2003; Campbell-Sills & Barlow 2007).

Diese Studie beschäftigt sich mit der neuronalen Dynamik des Reappraisalprozesses. Ziel war die empirische Testung von Kalischs Reappraisalmodell IMMO (implementation-maintenance model). IMMO postuliert, dass es sich bei Reappraisal um einen zeitlich ausgedehnten, zyklischen, im Wesentlichen aus einer Implementierungs- und einer Aufrechterhaltungsphase bestehenden Prozess handelt. Zudem wurde die Hypothese überprüft, dass die Implementierungsphase mit einer frühen Aktivierung im linken posterioren LFC assoziiert sei, die Aufrechterhaltungsphase dagegen mit einer späten Aktivierung im rechten anterioren LFC (Kalisch 2009).

Verwendet wurden ein antizipatorisches Angstparadigma und eine auf Distanzierung beruhende Reappraisalstrategie. Neben funktionellen Bildgebungsdaten wurden Hautleitfähigkeit und Angstratings ausgewertet. Insgesamt nahmen 24 Probanden an dem Versuch teil.

Bei der Auswertung zeigte sich eine frühe, durch Reappraisal hervorgerufene Anxiolyse, die im Verlauf aufrechterhalten, aber nicht weiter verstärkt wurde. Nachgewiesen wurde eine späte reappraisalspezifische Aktivierung im rechten anterioren LPFC, welche der Aufrechterhaltungsphase zugeordnet werden konnte. Gegen Ende des regulatorischen Zeitraums kam es zu einem Einbrechen des Reappraisalerfolgs, was sich durch mangelnde Anxiolyse und fehlende neuronale Aktivierung äußerte.

Durch den Nachweis der Zweiphasigkeit und der zeitlichen Ausdehnung der Reappraisalvorgänge konnte IMMO bestätigt werden. Die neuronalen Vorhersagen bewahrheiteten sich in Bezug auf die späte Aufrechterhaltungsphase. Der fehlende Nachweis der frühen, neuronalen Reappraisalaktivität konnte auf das Studiendesign zurückgeführt werden. Dadurch konnte die vorliegende Arbeit als Vorlage für eine weitere, leicht modifizierte Studie dienen, die inzwischen Kalischs neuronale Vorhersagen in ihrer Gesamtheit bestätigen konnte (Paret et al. 2011).

Zukünftig dürfte die Ausweitung von IMMO auf weitere emotionsregulatorische Strategien von Interesse sein und somit zum besseren Verständnis der neuronalen Dynamik der Emotionsregulation beitragen.

7 Abkürzungsverzeichnis

Abb. = Abbildung
AC-PC = anteriore Kommissur-posteriore Kommissur
ACC = Anteriorer Cingulärer Cortex
ALM = Allgemeines Lineares Modell
ANOVA = analysis of variance / Varianzanalyse für Messwiederholungen
BA = Brodmann Areal
BOLD = blood oxygenation level dependent
d = dorsal
dl/dm = dorsolateral/dorsomedial
EPI = echoplanar imaging
F(x,y) = statistischer F-Wert einer F-Verteilung
FIR = Finite Impulse Response
fMRT = funktionelle Magnetresonanztomographie
FC = frontaler Cortex
FWE = familywise error rate
FWHM = full width at half maximum
IMMO = implementation-maintenance model
l = lateral
m = medial
MW = Mittelwert
n = Anzahl
OFC = orbitofrontaler Cortex
PFC = präfrontaler Cortex
p-Wert = Signifikanzwert
r = rostral
SA = Standardabweichung
SC-RSI = Skin Conductance – Reappraisal Success Index
SPM = Statistical Parametric Mapping
SPSS = Statistical Package for the Social Sciences
STAI = State-Trait Anxiety Inventory
T1 = Relaxationsform der Magnetresonanz
T2* = Spinecho
Tab. = Tabelle
TE = Echozeit
TR = Repetitionszeit
t-Wert = Testprüfgröße
UK = United Kingdom
UKE = Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf
v = ventraler
vgl. = vergleiche
vl/vm = ventrolateraler/ventromedialer

8 Literaturverzeichnis

- Allan, K., Dolan, R.J., Fletcher, P.C. & Rugg, M.D., 2000. The role of the right anterior prefrontal cortex in episodic retrieval. *NeuroImage*, 11(3), pp.217–227.
- Andersson, J., Hutton, C., Ashburner, J., Turner, R. & Friston, K.J., 2012. Unwarp Toolbox. Available at: <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/toolbox/unwarp/> [Accessed February 25, 2012].
- Arnold, M.B., 1960. *Emotion and personality. Vol. I. Psychological aspects*, Oxford, England: Columbia Univer. Press.
- Baddeley, A., 2000. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4(11), pp.417–423.
- Baddeley, A., 2003. Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), pp.829–839.
- Baddeley, A. & Hitch, G.J., 1974. Working memory. In G. H. Bower, ed. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. Academic Press, pp. 47–90.
- Baer, R.A., Carmody, J. & Hunsinger, M., 2012. Weekly Change in Mindfulness and Perceived Stress in a Mindfulness-Based Stress Reduction Program. *Journal of clinical psychology*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22623334> [Accessed June 8, 2012].
- Beauregard, M., Lévesque, J. & Bourgouin, P., 2001. Neural correlates of conscious self-regulation of emotion. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 21(18), p.RC165.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A.R. & Lee, G.P., 1999. Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 19(13), pp.5473–5481.
- Beck, A.T., Rush, A.J., Shaw, B.J. & Emery, G., 1979. *Cognitive Therapy of Depression*, New York: Guilford Press.
- Bishop, S.R., 2002. What do we really know about mindfulness-based stress reduction? *Psychosomatic medicine*, 64(1), pp.71–83.
- Boden, M.T., Bonn-Miller, M.O., Kashdan, T.B., Alwarez, J. & Gross, J.J., 2012. The interactive effects of emotional clarity and cognitive reappraisal in Posttraumatic Stress Disorder. *Journal of anxiety disorders*, 26(1), pp.233–238.
- Bortz, J. & Döring, N., 2006. *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler*, Gabler Wissenschaftsverlage.
- Büchel, C., Morris, J., Dolan, R.J. & Friston, K.J., 1998. Brain systems mediating aversive conditioning: an event-related fMRI study. *Neuron*, 20(5), pp.947–957.

- Campbell-Sills, L., Simmons, A.N., Lovero, K.L., Rochlin, A.A., Paulus, M.P. & Stein, M.B., 2011. Functioning of neural systems supporting emotion regulation in anxiety-prone individuals. *NeuroImage*, 54(1), pp.689–696.
- Campbell-Sills, L. & Barlow, D.H., 2007. Incorporating Emotion Regulation into Conceptualizations and Treatments of Anxiety and Mood Disorders. In J. J. Gross, ed. *Handbook of Emotion Regulation*. Guilford Press, pp. 542–559.
- Chamod, A.S. & Petrides, M., 2007. Dissociable roles of the posterior parietal and the prefrontal cortex in manipulation and monitoring processes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(37), p.14837.
- D'Argembeau, A. & Salmon, E., 2012. The neural basis of semantic and episodic forms of self-knowledge: insights from functional neuroimaging. *Advances in experimental medicine and biology*, 739, pp.276–290.
- Davidson, R.J., Fox, A. & Kalin, N.H., 2007. Neural Bases of Emotion Regulation in Nonhuman Primates and Humans. In *Handbook of Emotion Regulation*. Guilford Press, pp. 47–68.
- Duvernoy, H.M., 1999. *The Human Brain: Surface, Three-Dimensional Sectional Anatomy with MRI, and Blood Supply* 2nd, completely rev. and enlarged ed., Springer Vienna.
- Elliott, R., 2003. Executive Functions and Their Disorders Imaging in Clinical Neuroscience. *British Medical Bulletin*, 65(1), pp.49–59.
- Etkin, A., Egner, T. & Kalisch, R., 2011. Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(2), pp.85–93.
- Fresco, D.M., Frankel, A.N., Mennin, D.S., Turk, C.L. & Heimberg, R.G., 2002. Distinct and overlapping features of rumination and worry: The relationship of cognitive production to negative affective states. *Cognitive Therapy and Research*, 26(2), pp.179–188.
- Freud, S., 1926. *Hemmung, Symptom und Angst*, Leipzig: Int. Psychoanalyt. Verl.
- Friston, K.J., Ashburner, J., Frith, C.D., Poline, J.B., Heather, J.D. & Frackowiak, R.S.J., 1995. Spatial registration and normalization of images. *Human Brain Mapping*, 3(3), pp.165–189.
- Friston, K.J., Ashburner, J.T., Kiebel, S.J., Nichols, T.E. & Penny, W., 2006. *Statistical Parametric Mapping: The Analysis of Functional Brain Images* 1st ed., Academic Press.
- Funahashi, S., 2006. Prefrontal cortex and working memory processes. *Neuroscience*, 139(1), pp.251–261.
- Fuster, J.M., 2002. Frontal lobe and cognitive development. *Journal of neurocytology*, 31(3-5), pp.373–385.
- Gekle, M., Wischmeyer, E. & Gründer, S., 2010. *Taschenlehrbuch Physiologie*, Georg Thieme Verlag.

- Goldin, P.R., Ziv, M., Jazaieri, H., Werner, K., Kraemer, H., Heimberg, R.G. & Gross, J.J., 2012b. Cognitive Reappraisal Self-Efficacy Mediates the Effects of Individual Cognitive-Behavioral Therapy for Social Anxiety Disorder. *Journal of consulting and clinical psychology*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22582765> [Accessed June 26, 2012].
- Goldin, P.R., Ziv, M., Jazaieri, H., Hahn, K. & Gross, J.J., 2012a. MBSR vs. Aerobic Exercise in Social Anxiety: fMRI of Emotion Regulation of Negative Self-Beliefs. *Social cognitive and affective neuroscience*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22586252> [Accessed June 7, 2012].
- Goldin, P.R., McRae, K., Ramel, W. & Gross, J.J., 2008. The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biological Psychiatry*, 63(6), pp.577–86.
- Gross, J.J., 2002. Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, 39(3), pp.281–291.
- Gross, J.J., 1999. Emotion Regulation: Past, Present, Future. *Cognition and Emotion*, 13(5), pp.551–573.
- Gross, J.J., 1998. The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, 2(3), pp.271–299.
- Gross, J.J. & John, O.P., 2003. Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), pp.348–362.
- Gross, J.J. & Thompson, R.A., 2007. Emotion Regulation: Conceptual Foundations. In *Handbook of emotion regulation*. Guilford Press, pp. 3–24.
- Grossman, P., Niemann, L., Schmidt, S. & Walach, H., 2004. Mindfulness-based stress reduction and health benefits: A meta-analysis. *Journal of psychosomatic research*, 57(1), pp.35–43.
- Hare, T.A., Camerer, C.F. & Rangel, A., 2009. Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system. *Science (New York, N.Y.)*, 324(5927), pp.646–648.
- Hayama, H.R. & Rugg, M.D., 2009. Right dorsolateral prefrontal cortex is engaged during post-retrieval processing of both episodic and semantic information. *Neuropsychologia*, 47(12), pp.2409–2416.
- Houston, B.K. & Holmes, D.S., 1974. Effect of avoidant thinking and reappraisal for coping with threat involving temporal uncertainty. *Journal of Personality and Social Psychology*, 30(3), pp.382–388.
- Izard, C.E., 1991. *The Psychology of Emotions*, New York: Plenum Press.
- James, W., 1884. What is an emotion? *Mind*, 9(34), pp. 188–205.
- Johnstone, T., van Reekum, C.M., Urry, H.L., Kalin, N.H. & Davidson, R.J., 2007. Failure to regulate: counterproductive recruitment of top-down prefrontal-subcortical circuitry in

- major depression. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 27(33), pp.8877–8884.
- Kabat-Zinn, J., 1982. An outpatient program in behavioral medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: theoretical considerations and preliminary results. *General hospital psychiatry*, 4(1), pp.33–47.
- Kabat-Zinn, J., Massion, A.O., Kristeller, J., Peterson, L.G., Fletcher, K.E., Pbert, L., Lenderking, W.R. & Santorelli, S.F., 1992. Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. *The American journal of psychiatry*, 149(7), pp.936–943.
- Kalisch, R., Wiech, K., Critchley, H.D., Seymour, B., O’doherly, J.P., Oakley, D.A., Allen, P. & Dolan, R.J., 2005. Anxiety reduction through detachment: subjective, physiological, and neural effects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(6), pp.874–883.
- Kalisch, R., Wiech, K., Critchley, H.D. & Dolan, R.J., 2006b. Levels of appraisal: A medial prefrontal role in high-level appraisal of emotional material. *NeuroImage*, 30(4), pp.1458–1466.
- Kalisch, R., Wiech, K., Herrmann, K. & Dolan, R.J., 2006a. Neural correlates of self-distraction from anxiety and a process model of cognitive emotion regulation. *Journal of cognitive neuroscience*, 18(8), pp.1266–1276.
- Kalisch, R., 2009. The functional neuroanatomy of reappraisal: Time matters. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(8), pp.1215–1226.
- Kanske, P., Heissler, J., Schönfelder, S., Bongers, A. & Wessa, M., 2011. How to Regulate Emotion? Neural Networks for Reappraisal and Distraction. *Cerebral Cortex*, 21(6), pp.1379–1388.
- Kearney, D.J., McDermott, K., Malte, C., Martinez, M. & Simpson, T.L., 2012. Association of participation in a mindfulness program with measures of PTSD, depression and quality of life in a veteran sample. *Journal of clinical psychology*, 68(1), pp.101–116.
- Kelly, N.R., Lydecker, J.A. & Mazzeo, S.E., 2012. Positive cognitive coping strategies and binge eating in college women. *Eating behaviors*, 13(3), pp.289–292.
- Keltner, D. & Kring, A.M., 1998. Emotion, social function, and psychopathology. *Review of General Psychology*, 2, pp.320–342.
- Kiebel, S.J., Poline, J.B., Friston, K.J., Holmes, A.P. & Worsely, K.J., 1999. Robust Smoothness Estimation in Statistical Parametric Maps Using Standardized Residuals from the General Linear Model. *NeuroImage*, 10(6), pp.756–766.
- Kiebel, S.J. & Holmes, A.P., 2006. The General Linear Model. In K. J. Friston et al., eds. *Statistical Parametric Mapping - The Analysis of Functional Brain Images*. Academic Press, pp. 101–125.
- Kross, E. & Ayduk, O., 2008. Facilitating Adaptive Emotional Analysis: Distinguishing Distanced-Analysis of Depressive Experiences From Immersed-Analysis and Distraction. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34(7), pp.924–938.

- Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C.D., 1981. *Das State-Trait-Angstinventar (STAI)*, Weinheim: Beltz.
- Lazarus, R.S., 1966. *Psychological stress and the coping process*, New York [u.a.]: McGraw-Hill.
- Linehan, M.M., Bohus, M. & Lynch, T.R., 2007. Dialectical behavior therapy for pervasive emotion dysregulation: Theoretical and practical underpinnings. Available at: <http://eprints.soton.ac.uk/194405/> [Accessed June 7, 2012].
- Loewenstein, G., 2007. Affect Regulation and Affective Forecasting. In *Handbook of emotion regulation*. New York, NY, US: Guilford Press, pp. 180–203.
- McRae, K., Ochsner, K.N., Gross, J.J. & Gabrieli, J.D., 2002. Exploring the neural bases of emotion regulation: Comparing the effects of cognitive reappraisal and working memory load. Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Orlando, FL.
- McRae, K., Hughes, B., Chopra, S., Gabrieli, J.D., Gross, J.J. & Ochsner, K.N., 2010. The neural bases of distraction and reappraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(2), pp.248–262.
- Mechias, M.-L., 2012. Cognitive emotion regulation through reappraisal in an anticipatory anxiety paradigm. Dissertation, Universität Hamburg. online zugänglich unter: <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2012/5752/> [Accessed August 18, 2012].
- Mechias, M.-L., Etkin, A. & Kalisch, R., 2010. A meta-analysis of instructed fear studies: implications for conscious appraisal of threat. *Neuroimage*, 49(2), pp.1760–1768.
- Miller, E.K. & Cohen, J.D., 2001. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), pp.167–202.
- Moors, A., 2009. Theories of emotion causation: A review. *Cognition & Emotion*, 23(4), pp.625–662.
- Ochsner, K.N., Ray, R.D., Cooper, J.C., Roberston, E.R., Chopra, S., Gabrieli, J.D. & Gross, J.J., 2004. For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *NeuroImage*, 23(2), pp.483–499.
- Ochsner, K.N. & Gross, J.J., 2005. The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5), pp.242–249.
- Ochsner, K.N. & Gross, J.J., 2007. The Neural architecture of Emotion Regulation. In *Handbook of Emotion Regulation*. Guilford Press, pp. 87–109.
- Paret, C., Brennkemeyer, J., Meyer, B., Yuen, K.S.L. & Kalisch, R., 2011. A test for the implementation–maintenance model of reappraisal. *Frontiers in Cognition*, 2, p.216.
- Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L. & Lane, R., 2003a. Neurobiology of emotion perception I: the neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, 54(5), pp.504–514.
- Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L. & Lane, R., 2003b. Neurobiology of emotion

- perception II: Implications for major psychiatric disorders. *Biological psychiatry*, 54(5), pp.515–528.
- Phillips, M.L., Ladouceur, C. & Drevets, W.C., 2008. A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Molecular psychiatry*, 13(9), pp.833–857.
- Quirk, G.J., 2007. Prefrontal-Amygdala Interactions in the Regulation of Fear. In *Handbook of Emotion Regulation*. Guilford Press, pp. 27–46.
- Raczka, K.A., Gartmann, N., Mechias, M.-L., Reif, A., Büchel, C., Deckert, J. & Kalisch, R., 2010. A neuropeptide S receptor variant associated with overinterpretation of fear reactions: a potential neurogenetic basis for catastrophizing. *Molecular psychiatry*, 15(11), pp.1045, 1067–1074.
- Rapgay, L., Bystritsky, A., Dafter, R.E. & Spearman, M., 2011. New Strategies for Combining Mindfulness with Integrative Cognitive Behavioral Therapy for the Treatment of Generalized Anxiety Disorder. *Journal of Rational-Emotive and Cognitive-Behavior Therapy*, 29(2), pp.92–119.
- Robins, C.J., Keng, S.L., Ekblad, A.G. & Brantley, J.G., 2012. Effects of mindfulness-based stress reduction on emotional experience and expression: a randomized controlled trial. *Journal of clinical psychology*, 68(1), pp.117–131.
- Roseman, I.J. & Smith, C.A., 2001. Appraisal theory: Overview, assumptions, varieties, controversies. In *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*. Series in affective science. New York, NY, US: Oxford University Press, pp. 3–19.
- Sander, D., Grandjean, D. & Scherer, K.R., 2005. A systems approach to appraisal mechanisms in emotion. *Neural networks*, 18(4), pp.317–352.
- Schaefer, A., Collette, F., Philippot, P., Linden, M.V., Laurey, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Maquet, P., Luxen, A. & Salmon, E., 2003. Neural correlates of ‘hot’ and ‘cold’ emotional processing: a multilevel approach to the functional anatomy of emotion. *Neuroimage*, 18(4), pp.938–949.
- Scherer, K.R., 1984. On the nature and function of emotion: A component process approach. In *Approaches to emotion*. Hillsdale: NJ: Erlbaum, pp. 293–317.
- Scherer, K.R., 1987. Toward a dynamic theory of emotion. *Geneva Studies in Emotion*, (1), pp.1–96.
- Scherer, K.R., 2005. What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, 44(4), pp.695–729.
- Schmitz, T.W., Kawahara-Baccus, T.N. & Johnson, S.C., 2004. Metacognitive evaluation, self-relevance, and the right prefrontal cortex. *NeuroImage*, 22(2), pp.941–947.
- Smith, E.E. & Jonides, J., 1999. Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), pp.1657–1661.
- Spielberger, C.D., 1985. Assessment of state and trait anxiety: Conceptual and methodological issues. *Southern Psychologist*, 2(4), pp.6–16.

- Tzourio-Mazoyer, N. 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), pp.273–289.
- Urry, H.L., van Reekum, C.M., Johnstone, T., Kalin, N.H., Thurow, M.E., Schaefer, H.S., Jackson, C.A., Frye, C.J., Greischar, L.L., Alexander, A.L. & Davidson, R.J., 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. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 26(16), pp.4415–4425.
- Urry, H.L., van Reekum, C.M., Johnstone, T. & Davidson, R.J., 2009. Individual differences in some (but not all) medial prefrontal regions reflect cognitive demand while regulating unpleasant emotion. *NeuroImage*, 47(3), pp.852–863.
- Vuilleumier, P., 2005. How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, pp.585–594.
- Watson, J.B., 1919. *Psychology from the standpoint of a behaviorist*, Lippincott.
- Young, P.T., 1943. *Emotion in man and animal; its nature and relation to attitude and motive*, Oxford, England: Wiley.

9 Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei meinem Doktorvater Dr. Raffael Kalisch für die Bereitstellung des Themas sowie für die Unterstützung bei der Umsetzung dieser Dissertation herzlich bedanken. Mein besonderer Dank gilt zudem den ehemaligen Mitgliedern der SOFA-Arbeitsgruppe, die mir maßgeblich bei der praktischen Durchführung und Auswertung geholfen haben: Karolina Raczka – danke für das Korrekturlesen der Dissertation! -, Nina Gartmann, Marie-Luise Mechias und Christian Paret. Herzlich bedanken möchte ich mich außerdem bei Andreas Marschner und Christian Sprenger. Danke auch an alle Probanden, die sich für diese Studie zur Verfügung gestellt haben.

Meiner Familie und Roman: Danke für eure Geduld und Unterstützung.

10 Lebenslauf

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf nicht veröffentlicht.

11 Anhang

11.1 Ergänzende Tabelle

Exploratorische whole-brain Analyse, Haupteffekte und Interaktionen bei $p > 0,001$ unkorrigiert.

Siehe nächste Seite.

MNI, Montreal Neurological Institute Koordinatensystem. $P < 0,05$ corr. (FEW), p-Wert $< 0,05$ nach *family-wise error correction*. R, rechts; L, links. G, Gyrus; S, Sulcus. dACC, dorsaler anterior cingulärer Cortex; vmPFC, ventromedialer präfrontaler Cortex.

Kein Nachweis von eindeutigen Aktivierungsclustern in weißer Substanz oder Liquor.

Auflistung von Clustersubmaxima ab einem Mindestabstand von 8 mm. Neuroanatomische Lokalisierung gemäß dem Atlas von Duvernoy (1999).

region	x y z (MNI)	z score	nr. voxels	p<0.05 corr.? (FWE)
Main effect Threat, first interval				
[Threat > No-threat]				
R ant insula	38 24 4	6.88	1203	yes
L ant insula	-34 24 6	5.61	628	yes
L supramarginal G	-62 -46 30	4.65	482	yes
R supramarginal G	68 -42 30	4.28	316	
L pallidum	-16 -4 -6	4.11	116	
cerebellum	0 -54 -28	3.38	18	
L cingulate G (dACC)	-2 30 24	3.28	51	
R cingulate G (dACC)	6 26 28	3.16		
R cerebellum	36 -52 -38	3.10	1	
Main effect Threat, second interval				
R ant insula	42 22 2	5.84	1222	yes
R supramarginal G	68 -42 32	5.17	524	yes
L supramarginal G	-64 -50 34	5.13	767	yes
L ant insula	-32 24 6	5.00	1210	yes
R pallidum	18 8 -6	4.17	209	
Main effect Reappraisal, first interval				
[Reappraisal > No-reappraisal]				
no voxels surviving threshold				
Main effect Reappraisal, second interval				
no voxels surviving threshold				
Interaction "anxiolysis", first interval				
[(Threat/No-reappraisal > No-threat/No-reappraisal) > (Threat/Reappraisal > No-threat/Reappraisal)]				
R cerebellum	44 -52 -36	3.65	231	
	36 -40 -34	3.62		
	48 -40 -42	3.14		
L dors mid-insula or central S	-44 -2 22	3.53	25	
L ventr thalamus	-2 -6 -4	3.45	29	
L sup parietal G	-22 -46 64	3.43	48	
L sup precentral S	18 -8 66	3.40	26	
R cingulate S (mid-dACC)	16 14 30	3.39	31	
R fusiform or inf temporal G	48 -48 -22	3.28	23	
R sup temporal S	42 -56 6	3.27	23	
R cerebellum	4 -58 -4	3.26	14	
R parieto-occipital fissure	28 -72 16	3.24	16	
L cingulate S	-16 26 32	3.19	5	
L cerebellum	-30 -52 -24	3.19	7	
R sup temporal S	40 -46 16	3.18	14	
L intraparietal S	-20 -70 42	3.17	11	
R cingulate S	18 -24 46	3.16	4	
R pallidum	22 -8 -4	3.14	8	
R central S	-18 -18 64	3.11	1	
R sup temporal S	42 -50 14	3.10	1	
Interaction "anxiolysis", second interval				
no voxels surviving threshold				
Interaction "reappraisal", first interval				
[(Threat/Reappraisal > Threat/No-reappraisal) > (No-threat/Reappraisal > No-threat/No-reappraisal)]				
no voxels surviving threshold				
Interaction "reappraisal", second interval				
L cerebellum	-32 -48 -50	3.48	23	
R vmPFC	12 54 -4	3.12	4	

11.2 Fragebögen

Allgemeiner Fragebogen

Version des Fragebogens: 1

Datum des Fragebogens: 16.04.2008

Teilnehmer-Laufnr. (aus Gen_NMHSL):	_____
Unters.-Teiln.nr:	s _____
Datum:	_____
Untersucher:	_____

Allgemeines

1. Geburtsdatum: _____, Alter: _____ Jahre
2. Körpergröße: _____ cm
3. Gewicht: _____ kg

Händigkeit

4. Ich schreibe mit links rechts.
5. Beim Ballspielen schieße ich mit links rechts.
6. Ich war früher Linkshänder, bin jetzt aber Rechtshänder. zutreffend nicht zutreffend

Herkunft und Sprache

7. Ich bin ein Zwilling. zutreffend nicht zutreffend
Falls zutreffend: eineiig zweieiig
8. Muttersprache(n): _____
9. _____ Andere Sprachen:
10. Nationalität(en): _____
11. Geburtsland: _____
12. Meine Mutter ist weißer Hautfarbe. zutreffend nicht zutreffend
13. Mein Vater ist weißer Hautfarbe. zutreffend nicht zutreffend
14. Meine Großmutter mütterlicherseits ist weißer Hautfarbe.
zutreffend nicht zutreffend
Falls nicht zutreffend, welche Hautfarbe? _____
15. Mein Großvater mütterlicherseits ist weißer Hautfarbe.
zutreffend nicht zutreffend
Falls nicht zutreffend, welche Hautfarbe? _____
16. Meine Großmutter väterlicherseits ist weißer Hautfarbe.
zutreffend nicht zutreffend
Falls nicht zutreffend, welche Hautfarbe? _____
17. Mein Großvater väterlicherseits ist weißer Hautfarbe.
zutreffend nicht zutreffend
Falls nicht zutreffend, welche Hautfarbe? _____
18. Gibt es psychische Erkrankungen in Ihrer Familie (z.B. Angsterkrankungen, Depression, Schizophrenie, Alkohol-, Drogen- oder Medikamentenabhängigkeit)?
Wenn ja, bei wem? (Zutreffendes bitte unterstreichen)
Mutter / Vater / Schwester / Bruder / Grossmutter (mütterl. Seite) / Grossvater (mütterl. Seite)
/ Grossmutter (väterl. Seite) / Grossvater (väterl. Seite)

Gewohnheiten

1. Ich trinke durchschnittlich ca. _____ Glas Alkohol pro Woche.
2. Ich trinke seit ____ Jahren Alkohol.
3. Ich rauche durchschnittlich ca. _____ Zigaretten pro Tag.
4. Ich rauche seit ____ Jahren.
5. Ich rauche durchschnittlich ____ mal im Monat Cannabis/Haschisch/Gras.
6. Ich konsumiere seit ____ Jahren Cannabis/Haschisch/Gras.
7. Ich trinke durchschnittlich ca. _____ Tassen Kaffee pro Tag.

Soziale Situation

8. Welchen Schulabschluss haben Sie?
 vor der letzten Hauptschulklasse abgeschlossen
 mit der letzten Hauptschulklasse abgeschlossen
 Real- (Mittel-) oder Handelsschule ohne Abschlussprüfung
 Real- (Mittel-) oder Handelsschule mit Abschlussprüfung
 Gymnasium (Höhere Schule) ohne Abitur
 Abitur ohne anschließendes Studium
 Abitur mit (noch) nicht abgeschlossenem Studium
 Abitur mit abgeschlossenem Studium
9. Sind Sie
 verheiratet,
 ledig,
 verwitwet,
 geschieden/getrennt?
10. Leben Sie
 allein,
 mit Ehepartner(in)/Lebenspartner(in),
 in Wohngemeinschaft,
 bei den Eltern oder Verwandten?
11. Sind Sie berufstätig?
 ja
 ja, mithelfend im eigenen Betrieb
 Hausmann
 ...ODER sind Sie
 Schüler,
 Student,
 in Berufsausbildung,
 Renter/im Ruhestand,
 zur Zeit arbeitslos,
 ohne Beruf,
 Wehr- oder Zivildienstleistender/im freiwilligen sozialen Jahr?
12. Bitte geben Sie Ihren Beruf an.
 Schüler
 Student (Fach: _____)

Arbeiter
Angestellter
Beamter
Selbstständiger/Freiberufler
Freier Mitarbeiter
Angelernter Arbeiter
Facharbeiter
Meister
Einfacher/Mittlere Angestellte
Gehobener/Leitender Angestellte
Einfacher/Mittlere Beamte
Gehobener/Höhere Beamte
Sozialversicherungspflichtig beschäftigt

(Achtung: Wenn nicht selber finanziert (sonder z.B. von Eltern) bitte Beruf des/der **Ernährer/s** ankreuzen (Hausmänner den Beruf des Partners, Rentner den ehemaligen Beruf.)



STAI-G Form X 1

Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie Sie sich jetzt, d.h. **in diesem Moment**, fühlen. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die Ihrem **augenblicklichen** Gefühlszustand am besten beschreibt.

		überhaupt nicht ↓	ein wenig ↓	ziemlich ↓	sehr ↓
1.	Ich bin ruhig	0	0	0	0
2.	Ich fühle mich geborgen	0	0	0	0
3.	Ich fühle mich entspannt	0	0	0	0
4.	Ich bin bekümmert	0	0	0	0
5.	Ich bin gelöst	0	0	0	0
6.	Ich bin aufgeregt	0	0	0	0
7.	Ich bin besorgt, dass etwas schiefgehen könnte	0	0	0	0
8.	Ich fühle mich ausgeruht	0	0	0	0
9.	Ich bin beunruhigt	0	0	0	0
10.	Ich fühle mich wohl	0	0	0	0
11.	Ich fühle mich selbstsicher	0	0	0	0
12.	Ich bin nervös	0	0	0	0
13.	Ich bin zappelig	0	0	0	0
14.	Ich bin verkrampft	0	0	0	0
15.	Ich bin entspannt	0	0	0	0
16.	Ich bin zufrieden	0	0	0	0
17.	Ich bin besorgt	0	0	0	0
18.	Ich bin überreizt	0	0	0	0
19.	Ich bin froh	0	0	0	0
20.	Ich bin vergnügt	0	0	0	0

Datum: _____ Versuchsabschnitt: _____
 Uhrzeit: _____

STAI-G Form X 2

Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie Sie sich im **allgemeinen** fühlen. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an.

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die am besten beschreibt, wie Sie sich im **allgemeinen** fühlen.

		überhaupt nicht ↓	ein wenig ↓	ziemlich ↓	sehr ↓			
1.	Ich bin vergnügt	0	—	0	—	0	—	0
2.	Ich werde schnell müde	0	—	0	—	0	—	0
3.	Mir ist zum Weinen zumute	0	—	0	—	0	—	0
4.	Ich glaube, mir geht es schlechter als anderen Leuten	0	—	0	—	0	—	0
5.	Ich verpasse günstige Gelegenheiten, weil ich mich nicht schnell genug entscheiden kann	0	—	0	—	0	—	0
6.	Ich fühle mich ausgeruht	0	—	0	—	0	—	0
7.	Ich bin ruhig und gelassen	0	—	0	—	0	—	0
8.	Ich glaube, dass mir meine Schwierigkeiten über den Kopf wachsen	0	—	0	—	0	—	0
9.	Ich mache mir zuviel Gedanken über unwichtige Dinge	0	—	0	—	0	—	0
10.	Ich bin glücklich	0	—	0	—	0	—	0
11.	Ich neige dazu, alles schwer zu nehmen	0	—	0	—	0	—	0
12.	Mir fehlt es an Selbstvertrauen	0	—	0	—	0	—	0
13.	Ich fühle mich geborgen	0	—	0	—	0	—	0
14.	Ich mache mir Sorgen über mögliches Mißgeschick	0	—	0	—	0	—	0
15.	Ich fühle mich niedergeschlagen	0	—	0	—	0	—	0
16.	Ich bin unzufrieden	0	—	0	—	0	—	0
17.	Unwichtige Gedanken gehen mir durch den Kopf und bedrücken mich	0	—	0	—	0	—	0
18.	Enttäuschungen nehme ich so schwer, daß ich sie nicht vergessen kann	0	—	0	—	0	—	0

19.	Ich bin ausgeglichen	0 — 0 — 0 — 0
20.	Ich werde nervös und unruhig, wenn ich an meine derzeitigen Angelegenheiten denke	0 — 0 — 0 — 0

Datum: _____ Versuchsabschnitt: _____

Uhrzeit: _____

10 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Unterschrift: