



universität  
wien

# Diplomarbeit

Titel der Arbeit

**tDCS am DLPFC zur Raucherentwöhnung:  
Effekt auf das Nikotin-Craving und die affektive  
Bildbewertung**

Verfasserin

**Ulla Köhler**

Angestrebter akademischer Grad  
Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im März 2012

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Mag. Dr. Jürgen Pripfl



## Danksagung

Ich möchte mich hier gerne bei allen Personen bedanken, ohne die der Abschluss der vorliegenden Diplomarbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer Mag. Dr. Jürgen Pripfl für die kompetente Betreuung der Arbeit in allen Stadien der Diplomarbeit, von der Planung des Forschungsdesigns, der Durchführung der Testungen, der Datenauswertung bis hin zum Abschluss der Arbeit, bedanken.

Auch möchte ich meiner Diplomarbeitkollegin Renate Neumann für eine sehr angenehme Zusammenarbeit über den gesamten Zeitraum unseres gemeinsamen Diplomarbeitprojekts danken.

Dem ganzen Arbeitsbereich Biologische Psychologie möchte ich meinen Dank für die Unterstützung bei der Rekrutierung der Versuchspersonen aus den Seminaren der Biologischen Psychologie aussprechen.

Ich danke auch den Studienassistenten, die uns immer eine umfassende Hilfestellung bei allen offenen Fragen und ein angenehme Arbeitsatmosphäre im Arbeitsbereich der Biologischen Psychologie gewährleistet haben.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Bruder und meinen Eltern bedanken für die Unterstützung in meiner Studienzeit.

Meinem gesamten Freundeskreis danke ich für die Unterstützung vor allem in der stressigen Phase der Testungen, für aufbauende Worte und verschiedenste Arten von Ablenkung.

Zu guter Letzt danke ich allen Probanden, die mit ihrer Teilnahme an der Studie diese Arbeit überhaupt erst möglich gemacht haben.

*„MERCİ VIELMALS!“*

Ulla Köhler  
Wien, im März 2012.



# Inhaltsverzeichnis

<i>Danksagung</i> .....	<i>iii</i>
<i>Tabellen</i> .....	<i>vi</i>
<i>Abbildungen</i> .....	<i>vii</i>
<i>Abstrakt</i> .....	<i>ix</i>
<b>I. Theorie</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Nikotin Craving</b> .....	<b>3</b>
1.1. <i>Einleitung</i> .....	3
1.2. <i>Herleitung von Nikotin-Craving</i> .....	4
1.3. <i>Aktivierung des DLPFC bei Craving</i> .....	5
1.4. <i>Veränderung des Cravings durch tDCS und rTMS am DLPFC</i> .....	9
<b>2. Affektive Bildbewertung</b> .....	<b>12</b>
2.1. <i>Einleitung</i> .....	12
2.2. <i>Neuropsychologie und Emotionen im Bereich des DLPFC</i> .....	13
2.3. <i>Verstärkte Selbstregulierung durch „Top-Down“- Kontrolle von Belohnungs-/Emotionszentren</i> .....	15
2.4. <i>Lateralisierte Emotionsverarbeitung zu positiven und negativen Stimuli bezüglich linker und rechter Hemisphäre des Gehirns</i> .....	19
<b>3. transkranielle Gleichstromstimulation - tDCS</b> .....	<b>23</b>
3.1. <i>tDCS-Grundlagen</i> .....	23
3.2. <i>Elektrodeneinstellungen</i> .....	25
3.3. <i>tDCS in Vorstudien am DLPFC</i> .....	26
<b>4. Hypothesen</b> .....	<b>29</b>
4.1. <i>Erste Forschungsfrage</i> .....	29
4.2. <i>Zweite Forschungsfrage</i> .....	30
<b>II. Methodik</b> .....	<b>33</b>
<b>5. Methodik</b> .....	<b>35</b>
5.1. <i>Methoden</i> .....	35
5.2. <i>Ergebnisse</i> .....	49
<b>III. Diskussion</b> .....	<b>59</b>
<b>6. Diskussion</b> .....	<b>61</b>
6.1. <i>Einleitung</i> .....	61
6.2. <i>Diskussion zur Wahl der Elektrodeneinstellungen</i> .....	62
6.3. <i>Diskussion zum Nikotin-Craving</i> .....	67
6.3. <i>Diskussion zur affektiven Bildbewertung</i> .....	69
6.5. <i>Diskussion Anwendung des Designs</i> .....	72
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>73</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>85</b>

## Tabellen

<i>Tabelle 1: Parameter der Elektrodeneinstellungen aus verschiedenen Vorstudien</i>	26
<i>Tabelle 2: Auswahl der IAPS Bilder für die drei Kategorien (positiv, negativ, neutral)</i>	45
<i>Tabelle 3: Innersubjekt-Faktoren der Craving-Bewertung</i>	49
<i>Tabelle 4: Zwischensubjekt-Faktor der Craving-Bewertung</i>	49
<i>Tabelle 5: Innersubjekt-Faktoren der Valenz-Bewertung</i>	51
<i>Tabelle 6: Zwischensubjekt-Faktor der Valenz-Bewertung</i>	51
<i>Tabelle 7: Innersubjekt-Faktoren der Arousal-Bewertung</i>	53
<i>Tabelle 8: Zwischensubjekt-Faktor der Arousal-Bewertung</i>	53
<i>Tabelle 9: Ergebnisse des PANAS-Inventars</i>	56
<i>Tabelle 10: Ergebnisse des TCQ-SF</i>	56
<i>Tabelle 11: Beeinträchtigungsfragebogen durch tDCS-Stimulation</i>	57

## Abbildungen

<i>Abbildung 1: aktivierte Gehirnareale bei Craving-Reizen.....</i>	<i>5</i>
<i>Abbildung 2: Bereiche der Emotionsregulation .....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 3: Vergleich Schwammelektrode vs. EEG-Elektroden .....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 4: Darstellung der drei Aufgabenbereiche des gesamten Versuchsdesigns:e.....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 5: schematischer Ablauf eines Durchgangs der Bildbewertung .....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 6: Applikationsorte der drei EEG-Elektroden nach 10/20 System.....</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 7: Grafiken der Craving-Bewertung .....</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 8: Grafiken der Valenz-Bewertung. ....</i>	<i>52</i>
<i>Abbildung 9: Grafik der Arousal-Bewertung .....</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 10: Das Balkendiagramm der Gesamtpunktwerte im Fagerströmtest.....</i>	<i>55</i>
<i>Abbildung 11: Abbildung der tDCS-Applikation der alten Studien vs. den EEG-Elektroden .</i>	<i>66</i>



## **Abstrakt**

**Hintergrund:** Verschiedene bildgebende Studien haben einen Zusammenhang von dem Craving/Verlangen nach Nikotin und der Regulation von Emotionen in der Aktivität des linken und rechten dorsolateralen präfrontalen Cortex (DLPFC) nachgewiesen. Das Ziel dieser Studie war es zu erforschen, ob die transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS), eine nicht-invasive Methode zur Stimulation von Gehirnarealen einen Effekt auf das Nikotin-Craving und die affektive Bildbewertung hat.

**Methodik:** Die Studie wurde an 38 Probanden (20 Raucher; 18 Nichtraucher) welche eine vorgetäuschte oder aktive tDCS- Stimulation (anodal) des linken oder rechten DLPFC in einer randomisierten Reihenfolge erhielten an je drei Testzeitpunkten (im Abstand von einer Woche) durchgeführt. Als Stimulusmaterial wurden 60 Bilder (15 Suchtbilder, 15 neutrale Bilder, 15 positive Bilder, 15 negative Bilder) randomisiert vorgegeben. Die Probanden bewerteten das Stimulusmaterial anhand von drei Kriterien: Craving- Verlangen, Valenz- und Arousal- Bewertung.

**Ergebnisse:** Die tDCS-Stimulation des linken und rechten DLPFC zeigte keine signifikanten Effekte auf das Nikotin- Craving. Hinsichtlich der affektiven Bildbewertung wurde ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen der Stimulationsseite des rechten DLPFC und den positiven/negativen Bildern nachgewiesen.

**Konklusion:** Durch die tDCS-Stimulation des rechten DLPFC wurden die positiven Bilder weniger angenehm und die negativen Bilder angenehmer bewertet, was auf eine Top-Down-Regulierung der Emotionen durch den DLPFC hinweist. Hinsichtlich der affektiven Bildbewertung wurde folglich die Theorie einer Veränderung der Valenz-Bewertung durch tDCS-Stimulation am rechten DLPFC bestätigt. Im Gegensatz zu früheren Studien kam es allerdings zu keiner Veränderung des Nikotin-Craving bei Rauchern durch die tDCS-Stimulation des DLPFC. Es wird vermutet, dass die Hauptursache dieser teilweise zu Vorstudien gegensätzlichen Ergebnisse, die tDCS-Stimulation mit kleineren EEG-Elektroden im Vergleich zu den großen Schwammelektroden ist.



**Teil I.**  
**Theorie**



# 1. Nikotin Craving

## 1.1. Einleitung

Der weltweite Tabakkonsum und die gravierenden gesundheitlichen Folgen steigen stetig und nehmen ein erschreckendes Ausmaß an. So sterben laut einer Studie von Peto et al. (1996) in den Industrieländern drei Millionen Menschen jährlich an den Folgen von Rauchen und die Hälfte davon vor dem 70. Lebensjahr. In Deutschland gibt es beispielsweise circa 120.000 Todesfälle die mit eigentlich vermeidbaren tabakassoziierten Erkrankungen in Verbindung gebracht werden (Welte, König & Leidl, 2000). Die Folgen von Nikotinkonsum führen zu schwerwiegenden Krebskrankheiten, wie Lungen-, Magen- und Nierenkrebs. Zusätzlich hat Rauchen auch eine negative Auswirkung auf andere Krankheiten, wie die chronisch obstruktive Lungenerkrankung, den Hirnschlag, das Aortenaneurysma, ischämische Herzerkrankungen und potentielle Lungenentzündungen (Wald & Hackshaw, 1996). Laut einer Studie der Weltgesundheitsorganisation WHO (1996) gibt es heutzutage über eine Billionen Raucher weltweit, was über ein Drittel der Bevölkerung, die älter als 15 Jahre alt ist, repräsentiert. Dieses erschreckende Ausmaß spiegelt ein fehlendes Bewusstsein gegenüber den gravierenden Gesundheitsrisiken durch den regelmäßigen Tabakkonsum in der Bevölkerung und dem Gesundheitssystem der Industrieländer wieder (Welte et al. 2000). Eine große Problematik bei der Behandlung von Nikotinabhängigen sind die häufigen Rückfallraten nach dem Versuch den Tabakkonsum durch Techniken, wie beispielsweise durch die Nikotinsubstitution, zu beenden (Jorenby, 1998). Eine häufige Gefahr beim langfristigen Erzielen einer Tabakabstinenz bei ehemaligen Rauchern liegt im starken Verlangen/Craving nach Zigaretten (Baker, Brandon & Chassin, 2004; Killen & Fortmann, 1997; Swan, Ward & Jack, 1996).

## 1.2. Herleitung von Nikotin-Craving

Laut Klassifikation des ICD-10 (International Statistical Classification of Disease and Related Health Problems, WHO) ist die Tabakabhängigkeit unter der Rubrik „Psychische und Verhaltensstörungen durch psychotrope Substanzen“ einzuordnen (Dilling, Mombour & Schmidt, 2010). Nach ICD-10 kann die Diagnose Tabakabhängigkeit gestellt werden, wenn mindestens drei der folgenden Kriterien mindestens einen Monat gleichzeitig aufgetreten sind: 1) starkes Verlangen/Craving oder eine Art Zwang, Tabak zu konsumieren; 2) Verminderte Kontrolle über den Tabakgebrauch/ erfolgloser Versuch Gebrauch zu verringern; 3) körperliches Entzugssyndrom bei Verringern oder Absetzen des Tabaks; 4) Toleranzentwicklung gegenüber der Wirkung von Tabak; 5) Vernachlässigung von Interessen oder Vergnügen zugunsten des Tabakkonsums; 6) anhaltender Tabakgebrauch trotz schädlicher Folgen (Dilling et al., 2010). Für die Diagnose Nikotinentzug müssen mindestens zwei der folgenden Kriterien erfüllt sein: 1) starkes Verlangen/Craving; 2) Krankheitsgefühl/Schwäche; 3) Angst; 4) dysphorische Stimmung; 5) Reizbarkeit/Ruhelosigkeit; 6) Insomnie; 7) Appetitsteigerung; 8) vermehrter Husten; 9) Ulzerationen der Mundschleimhaut; 10) Konzentrationsschwierigkeiten. Im Gegensatz zum ICD zählt das Verlangen/Craving im DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders der American Psychiatric Association, 1994) nicht zu den Entzugssymptomen. 70 bis 80 % aller Raucher erfüllen diese aufgelisteten ICD-10- beziehungsweise DSM-IV-Kriterien einer Tabak/Nikotinabhängigkeit (Breslau, Johnson, Hiripi & Kessler, 2001). Das Verlangen nach Zigaretten ist folglich ein wichtiges Kriterium der Diagnose Nikotinentzug nach ICD-10, welches auch „Craving“ genannt wird. Das Verlangen zu Rauchen ist ein starker Wunsch, der hervorgerufen wird durch eine längere Abstinenz von Nikotin. Laut einer Studie von Anton (1999) gibt es verschiedene Modelle von Craving. So entsteht Craving zum einen durch den Wunsch, die positiven Effekte, die mit dem Konsum der Droge verbunden werden, wieder zu erfahren (Anreizmodell), zum anderen um negative Folgen durch den ausbleibenden Konsum der Droge zu verhindern (Toleranzmodell).

In verschiedenen Studien wurde der Zusammenhang von Craving und einem Rückfall zum Tabakkonsum nach einem abstinenten Zeitraum untersucht (Baker et al., 2004; Catley, Connell & Shiffman, 2000; Killen, Fortmann, Kraemer, Varady & Newman, 1992; Killen & Fortmann, 1997; Shiffman et al. 1996; Swan et al., 1996; Zelman, Brandon, Jorenby & Baker, 1992). In einer dieser Studien von Swan et al.

(1996) wurden die Zusammenhänge zwischen Nikotinentzug/-abstinenz (Ärger, depressive Stimmung, Craving, Appetitsteigerung, Konzentrationsschwäche und Ruhelosigkeit) und der mögliche Rückfall zum Tabakkonsum begutachtet. Ein Anstieg in depressiver Stimmung und dem Verlangen/Craving nach Nikotin ergab signifikante Zusammenhänge mit dem Rückfall zum erneuten Rauchen. Das unterstützt die Theorie, dass Craving ein sehr wichtiger Faktor ist, warum viele Raucher, die versuchen das Rauchen aufzuhören, nach einiger Zeit einen Rückfall zu erneuter Tabakabhängigkeit erleiden (Shiffman et al. 1996). Craving wird nicht nur durch den Nikotinentzug verstärkt, sondern auch durch das Einwirken von Schlüsselreizen, die mit dem Rauchen assoziiert werden. So trägt eine Umwelt, die mit dem Rauchen verbunden wird, wie zum Beispiel die Exposition zu anderen rauchenden Menschen im jeweiligen Umfeld des Rauchers, sowie die Möglichkeit Zigaretten leicht zu erreichen, zu einem schnelleren Rückfall zum erneuten Tabakkonsum bei. Laut verschiedener Studien (Shiffman et al., 1996) sind solche Schlüsselreize ein sehr wichtiger Faktor für einen Rückfall zur Nikotinabhängigkeit. Gleichzeitig zum Craving/Verlangen zu Rauchen kommt es zu Symptomen wie Ruhelosigkeit, negativen Affekt und Konzentrationsproblemen (Shiffman et al. 1996).

### 1.3. Aktivierung des DLPFC bei Craving

Anhand verschiedener Neurowissenschaftlicher Studien ist ein Zusammenhang in der Aktivierung des dorsolateralen präfrontalen Cortex und dem Craving-Verhalten von Rauchern gefunden worden (Brody et al., 2002; Due, Huettel Hall & Rubin, 2002; McBride, Barrett, Kelly, Aw & Dagher, 2006; Wilson, Sayette & Fiez, 2004).

In dem Review von Wilson et al. (2004) werden die Ergebnisse 19 verschiedener bildgebender Studien, in welchen durch Schlüsselreize Craving hinsichtlich verschiedener Drogen hervorgerufen wurde, zusammengefasst. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, besteht das Netzwerk im Gehirn, welches auf Schlüsselreize mit dem

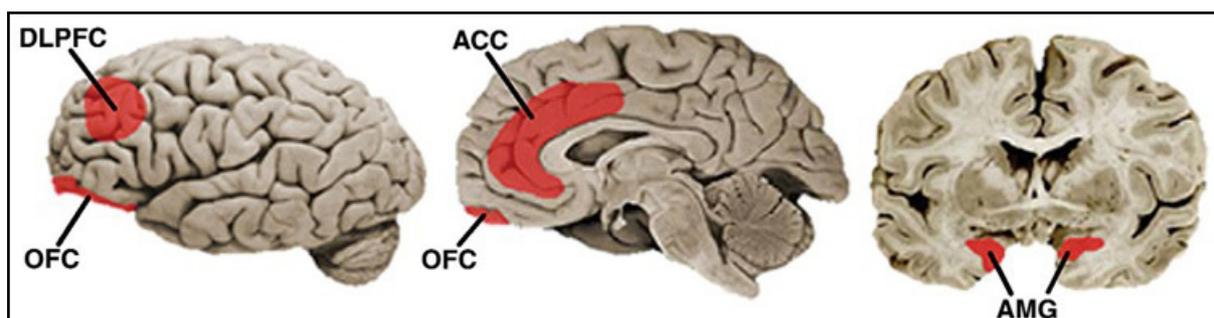


Abbildung 1: lateral (links), mittel-sagittal (Mitte) und coronal (rechts) Sektionen des Gehirns, welche bei Raucher- Schlüsselreizen aktiviert sind. DLPFC; ACC; Amygdala (übernommen aus: Wilson et al., 2004)

Craving auf verschiedene Drogen am häufigsten reagiert, aus folgenden Gehirnbereichen: Der Amygdala, dem anterioren cingulären Cortex (ACC), dem orbitofrontalen Cortex (OFC) und dem dorsolateralen präfrontalen Cortex (DLPFC). In den verschiedenen Studien zur Aktivierung des für diese Studie relevanten DLPFC ist es allerdings zu teilweise widersprüchlichen Daten gekommen und es gibt von daher noch viele offene Fragen bezüglich der Gründe der Aktivierung des DLPFC bei Craving (Wilson et al., 2004). Ein entscheidender Faktor bei der Aktivierung des zuvor genannten Netzwerks scheint die Erwartung auf den Drogenkonsum zu sein. Dass heißt inwiefern die Probanden erwarten, die jeweilige Droge, die durch Schlüsselreize dargestellt wird, später wirklich zu konsumieren. Dass heißt, wenn im Zuge eines Experiment angekündigt wird, das Nikotin während des Experiments wirklich zu konsumieren kommt es zu höheren Craving-Werten, als wenn vorgegeben wird, dass der Tabakkonsum während des Experiments untersagt ist (Carter & Tiffany, 2001; Droungas, Ehrman, Childress & O'Brien, 1995; Juliano & Brandon, 1998). In diesen drei Studien wurde das Nikotin-Craving der Probanden mit Hilfe von Raucher-Stimuli gemessen, die Craving-Werte waren bei allen drei Studien am höchsten, wenn die Probanden erwarteten, im Verlauf der Studie in vivo rauchen zu dürfen. Laut Wilson et al. (2004) ist ein zweiter wichtiger Faktor für eine Aktivierung der Gehirnareale des Netzwerks, ob die Studienteilnehmer aktuell eine Behandlung ihrer Abhängigkeit erfahren. In einem Review von Wertz und Sayette (2001) wurden Vergleiche zwischen Studien mit Abhängigen aus dem Bereich Nikotin, Alkohol, Kokain oder Opiaten, die zu Studienzeitpunkt nicht in Behandlung waren, und Teilnehmern, welche sich aufgrund ihrer Sucht in Behandlung befanden, gemacht. Die Studienteilnehmer, welche nicht in Behandlung waren und somit nach dem Experiment die Droge beliebig weiter konsumieren konnten, erzielten höhere Craving-Werte als die, die in Behandlung waren und folglich auch nach dem Experiment die jeweilige Droge nicht konsumieren durften (Wertz & Sayette, 2001). Zusammenfassend weisen die Ergebnisse von Wilson et al. (2004) daraufhin, dass der Behandlungs-Status der Studienteilnehmer einen wichtigen Einfluss auf die neurobiologischen Reaktionen auf Drogen-Schlüsselreize hat. So wurde bei den Teilnehmern in Behandlung im Vergleich zu den Unbehandelten eine geringere bis gar keine Aktivierung des DLPFC bei präsentierten Schlüsselreizen gefunden. Diese Ergebnisse sind bei unterschiedlichen Drogen, wie beispielsweise Alkohol (Wrase et al., 2002), Kokain (Childress et al., 1999), und Opiaten (Daglish et al., 2001) gefunden worden.

In einer Studie von McBride et al. (2006) wurden nicht nur die zuvor erwähnten Effekte von der Erwartung auf den Konsum der Substanz (Carter & Tiffany, 2001; Droungas et al., 1995; Juliano & Brandon, 1998), sondern auch die Wirkung von Abstinenz (Gross, Jarvik & Rosenblatt, 1993; Shiffman et al., 1996) bezüglich der neuronalen Reaktion von Rauchern auf Raucherschlüsselreize anhand einer funktionellen Magnetresonanztomographie-Studie (fMRI) untersucht. Als Raucher-Stimuli verwendete McBride et al. (2006) Videos, welche Menschen beim Rauchverhalten zeigten, wie zum Beispiel beim Anzünden einer Zigarette, rauchende Menschen beim Knüpfen von sozialen Kontakten mit anderen, und Menschen beim Blasen von Raucherringen in die Luft. Die Studienteilnehmer wurden nach jedem Video bezüglich ihres derzeitigen Verlangens, eine Zigarette zu Rauchen, anhand einer visuellen Analog Skala befragt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Versuchspersonen, die auf den Zigarettenkonsum warteten, eine Aktivierung im linken und rechten DLPFC und anderen Gehirnregionen zeigten (McBride et al., 2006). Wohingegen bei den Versuchspersonen, die keinen baldigen Zigarettenkonsum erwarteten, im DLPFC keine Aktivierung ersichtlich war. Bezüglich der Abstinenz der Probanden zeigten die Ergebnisse, dass beim Betrachten von Raucher-Stimuli die Aktivierung im Gehirn stärker in einem nicht-abstinenten Zustand als in einem abstinenten Zustand war. Diese Ergebnisse stützen die These, dass der Behandlungs-Status der Studienteilnehmer und damit die Abstinenz einen Einfluss auf die Aktivierung des DLPFC hat (Wertz & Sayette). Die Ergebnisse der Studie von McBride et al. (2006) zeigen, dass die DLPFC-Aktivierungen im Gehirn beim Betrachten von Raucherreizen mehr von der Erwartung zu Rauchen und weniger hinsichtlich dem Level der Abstinenz beeinflusst werden. In der Studie reagierten die Raucher auf die Raucher-Schlüsselreize mit einem verstärkten Craving und einer Aktivierung des DLPFC und anderen Gehirn-Arealen (McBride et al., 2006). Eine weitere Studie, die Zusammenhänge des DLPFC mit dem Betrachten von Raucherreizen erkennen lässt, ist von Due et al. (2002). In dieser Studie wurden mittels fMRI die Aktivierung verschiedener Gehirnareale von Rauchern unter Nikotinentzug mit denselben Arealen bei Nichtrauchern verglichen. Es wurden zwei verschiedene neuronale Netzwerke untersucht. Ein „Belohnungsnetzwerk“ bestehend aus mesokortikolimbischen Regionen: dem ventralem tegmentalem Areal, dem Nucleus Accumbens, die Amygdala, dem Hippocampus, dem medialen dorsalen Thalamus, das ventrale Pallidum und dem präfrontalen Cortex. Das zweite Netzwerk ist ein „visuospatiales Aufmerksamkeitsnetzwerk“, welches aus dem dorsolateralen

und ventrolateralen präfrontalen Cortex, dem anterioren cingulären parietalen Cortex und dem fusiformen Gyrus besteht. Die Probanden betrachteten als Schlüsselreize Bilder mit Rauch-Szenen und zusätzlich Kontroll-Stimuli. Es konnte insgesamt ein stärkeres fMRI-Signal bei den Raucherbildern als bei den neutralen Bildern in bestimmten Gehirnbereichen (posteriorer fusiformer Gyrus, intraparietaler Sulcus, posteriorer Hippocampus, medialer Thalamus, ventrales tegmentales Areal, posteriore Amygdala, inferiorer frontaler Gyrus, mittlerer frontaler Gyrus und Nucleus Accumbens) bei der Gruppe der Raucher erfasst werden (Due et al., 2002). Diese Zusammenhänge von der Aktivierung des DLPFC bei Raucher-Schlüsselreizen konnte nicht nur wie bei Due et al. (2002) durch fMRI, sondern auch durch eine Positron Emissions Tomographie (PET) erkannt werden (Brody et al., 2002). In dieser Studie von Brody et al. (2002) wurden die Gehirnareale anhand von Stoffwechsel-/metabolischer Veränderungen mit PET während Zigaretten-Craving untersucht. Den Probanden wurde ein Videoband mit Raucherschlüsselreizen gezeigt und sie hielten währenddessen eine Zigarette in ihrer dominanten Hand. Im Gegenzug wurde ein zweites PET- Bild gemacht, während die Probanden ein Video mit einer neutralen Naturszene betrachteten und einen neutralen Gegenstand in der Hand hielten. Auch in dieser Studie konnte eine Aktivierung des linken und rechten DLPFC während des Cravings nach Nikotin bei den Probanden der Rauchergruppe festgestellt werden (Brody et al., 2002). Zusammenfassend ist zu erkennen, dass das Verlangen nach Drogen die Aktivierung eines Netzwerkes von verschiedenen Elementen des anterioren paralimbischen Systems hervorruft, wie dem anterioren cingulären Gyrus (AC), dem posterioren orbitofrontalen Cortex (OFC) und der anterioren Insula, die verbunden sind mit dem in dieser Studie untersuchten DLPFC (Brody et al., 2002).

Es gibt viele weitere Studien, die einem Zusammenhang von einer Aktivierung des DLPFC auch bei anderen Drogen, wie beispielsweise Kokain (Bonson et al., 2002; Camprodon, Martinez-Raga, Alonso-Alonso, Shih & Pascual-Leone, 2007; Garavan et al., 2000; Grant et al., 1996; Maas et al., 1998), Opiate (Sell et al., 2000), Marijuana (Boggio et al., 2010) und Alkohol (Boggio et al., 2008b; George et al., 2001; Myrick et al., 2004; Olbrich et al., 2006; Tapert et al., 2003; Tapert, Brown, Baratta & Brown, 2004) oder dem Verlangen/Craving nach Essen (Fregni et al., 2008b; Goldman, et al., 2011) aufzeigen. Man kann also schlussfolgern, dass der DLPFC ein wichtiges Gehirnareal bezüglich dem Craving-Verlangen ist, welches auf

Schlüsselreize (Due et al., 2002; Wilson et al., 2004) und dem geplanten/erwarteten Drogenkonsum reagiert (McBride et al., 2006).

#### **1.4. Veränderung des Cravings durch tDCS und rTMS am DLPFC**

Wenn man die zuvor genannten Ergebnisse bezüglich neuroanatomischer Vorstudien

(Brody et al., 2002; Due et al., 2002; McBride et al., 2006; Wilson et al., 2004) betrachtet, ist klar ersichtlich, dass der DLPFC im Nikotin-Craving involviert ist. Es gibt mehrere Studien die eine Veränderung des Craving/Verlangens durch Gehirnstimulation mittels transkranieller Gleichstromstimulation (transcranial direct current stimulation; tDCS) oder transkranieller Magnetstimulation (rTMS) beobachtet haben (Boggio et al., 2008b, 2009a; Eichhammer et al., 2003; Fregni et al., 2008a, 2008b; Johann et al., 2003, Rose et al., 2011).

Die erste Studie, welche in diesem Bereich durchgeführt wurde, ist anhand rTMS erfasst worden. Bei dieser Studie von Eichhammer et al. (2003) wurden die Effekte auf das Craving und den Zigarettenkonsum bei einer Erregung des linken DLPFC durch rTMS untersucht. An der Studie nahmen 15 rechtshändige Probanden, die den Wunsch hatten, das Rauchen zu beenden, teil. Jeder Proband erhielt zwei aktive Stimulierungen des DLPFC und zwei vorgetäuschte Stimulierungen an vier aufeinander folgenden Tagen. Das Craving-Verhalten wurde anhand einer visuellen Analog-Skala zu Versuchsbeginn und 30 Minuten nach rTMS-Stimulation gemessen. Zusätzlich sollten die Probanden in den sechs Stunden nach rTMS-Stimulierung die Anzahl gerauchter Zigaretten notieren. In Folge wurde drei Wochen lang von den Probanden ein Tagebuch über den Zigarettenkonsum geführt (Eichhammer et al., 2003). Es wurde ein signifikanter Effekt der Verringerung der Anzahl des Zigarettenkonsums gefunden, allerdings nicht für das Craving-Verhalten. Dieser Effekt, der in der Gruppe der aktiven rTMS-Stimulierung eine Verringerung der Anzahl der konsumierten Zigaretten im Vergleich zur vorgetäuschten rTMS-Gruppe nachweist (Eichhammer et al., 2003), stellte die Grundlage für weitere Studien. Die zweite rTMS-Studie (Johann et al., 2003) zur Untersuchung des Craving-Verhalten von Rauchern wurde ebenfalls mit einer Stimulation des linken DLPFC durchgeführt. An der Studie nahmen 11 abhängige Raucher teil. Die Probanden erhielten randomisiert eine Abfolge von aktiver und vorgetäuschter rTMS-Stimulation. Das Craving-Verhalten wurde anhand einer visuellen Analog-Skala vor und 30 Minuten nach rTMS-Stimulation durch einen unabhängigen Rater gemessen. Die Ergebnisse

dieser Studie (Johann et al., 2003) zeigten ein signifikant vermindertes Craving der aktiven rTMS-Stimulation im Vergleich zur vorgetäuschten Stimulation und waren somit der erste klare Nachweis für eine mögliche Beeinflussung des Rauchverlangens mit Hilfe einer Stimulation des DLPFC. Eine weitere rTMS-Studie von Rose et al. (2011) konnte diese Zusammenhänge des Craving/Verlangens nach Nikotin ebenfalls mit dem DLPFC in Verbindung bringen. Es kam zu einer Verminderung des Nikotin-Craving sowohl nach einer rTMS-Stimulation von 1 Hz, als auch einem noch stärker gesunkenem Craving-Level nach einer rTMS-Stimulation mit 10 Hz am DLPFC. Auf diesen Ergebnissen aufbauend wurde die Veränderung des Craving-Verhaltens durch eine andere nicht invasive Methode der Gehirn-Stimulation, die tDCS-Stimulation, mit weiteren Studien untersucht (Boggio et al., 2008b, 2009a; Fregni et al., 2008a, 2008b).

In der ersten Studie mit tDCS im Bereich des Nikotin-Cravings (Fregni et al., 2008a) wurden 24 Probanden anhand einer aktiven oder vorgetäuschten tDCS-Applikation am linken und rechten DLPFC stimuliert. Alle Probanden erhielten randomisiert die drei verschiedenen Formen der tDCS-Stimulation. Als Craving-Stimuli benutzte Fregni et al. (2008a) verschiedene Raucher-Reize. Als erstes wurde eine Zigaretten-Manipulation, wie zum Beispiel das Öffnen einer beliebigen Zigarettenpackung, das in die Hand Nehmen einer Zigarette, das in den Mund Nehmen einer Zigarette, das Herausnehmen eines Feuerzeugs und das vorgetäuschte Rauchen der Zigarette, verwendet. In Folge dieser Zigaretten-Manipulation haben die Probanden ein Video mit angenehmen positiven Raucher-Szenen vorgeführt bekommen, welches Craving provozieren sollte. Das Craving-Verhalten der Probanden wurde vor der Exposition zu der Zigaretten-Manipulation ( $t_0$ ) und den Raucher-Videos und danach gemessen ( $t_1$ ). In Folge erhielten die Probanden eine Form der tDCS-Stimulierung am linken und rechten DLPFC (anodal links, anodal rechts oder vorgetäuscht) und im Anschluss wurde ein zweites Mal das Craving vor ( $t_2$ ) und nach der Exposition ( $t_3$ ) zu den Raucher-Schlüsselreizen gemessen. Es gab also insgesamt vier Craving-Messzeitpunkte:  $t_0$  = Baseline,  $t_1$  = nach Exposition zu Raucher-Stimuli,  $t_2$  = nach tDCS-Stimulierung,  $t_3$  = nach zweiter Exposition zu Raucher-Stimuli. Bei der Auswertung der vier Messzeitpunkte beobachtete Fregni et al. (2008a) einen Anstieg des Craving vom Testzeitpunkt vor der ersten Exposition ( $t_0$ ) zu den Raucher-Reizen zum Testzeitpunkt nach den Raucherreizen ( $t_1$ ). Dadurch konnte bestätigt werden, dass die Raucher-Reize geeignet sind, um Craving zu provozieren. Als nächstes wurden die Werte von vor der ersten Exposition ( $t_0$ ) bis nach der tDCS-Applikation

(t2) verglichen. Hier ist auffällig gewesen, dass auch bei der vorgetäuschten tDCS-Stimulierung die Probanden ein ähnliches Craving-Level wie vor Studien-Beginn erreicht haben. Als nächstes wurden die Ergebnisse des Craving vom ersten Testzeitpunkt (t0) bis zum letzten Testzeitpunkt (t3) untersucht. Bei diesem Vergleich der Messzeitpunkte war klar ersichtlich, dass die vorgetäuschte tDCS-Stimulation einen Anstieg des Cravings provoziert hat und die aktive tDCS-Applikation das Craving-Verhalten der Probanden reduziert hat. Anhand eines Datenvergleichs zwischen den Craving-Werten nach der ersten Exposition (t1) zu den Schlüsselreizen und direkt nach der tDCS-Applikation (t2) konnte eine Reduzierung des durch Reize induzierten Cravings durch tDCS-Stimulierung belegt werden (Fregni et al. 2008a). In einer weiteren Studie von Boggio et al. (2008b) wurde die Veränderung des Cravingsverhaltens durch eine tDCS-Stimulation bei einer anderen Substanz, der Alkoholabhängigkeit, untersucht. Auch in dieser Studie kamen drei verschiedene Formen der Stimulation zum Einsatz: anodale tDCS am linken DLPFC, anodale tDCS am rechten DLPFC und vorgetäushtes tDCS. Die Ergebnisse zeigten, dass auch bei Alkohol das Craving nach der Droge durch tDCS-Stimulation signifikant gesenkt werden konnte. Folglich konnte auch diese Studie bestätigen, dass durch einen Anstieg der kortikalen Aktivierung/Erregtheit des linken und rechten DLPFC mit Hilfe von tDCS das Craving reduziert werden kann. In einer weiteren Folgestudie von Boggio et al. (2009a) wurden die kumulativen Effekte von wiederholter kortikaler Stimulierung im Verlauf von fünf aufeinander folgenden Tagen anhand tDCS untersucht. In dieser Studie erhielten 27 Studienteilnehmer wiederholt eine aktive anodale oder vorgetäuschte Stimulation des linken DLPFC. Die Ergebnisse zeigen, dass es bei einer längerfristigen Stimulierung des linken DLPFC zu einem verminderten Craving-Verhalten der Raucher-Probanden kommt. Zusätzlich konnte eine Verringerung des Zigarettenkonsums in der aktiven tDCS-Gruppe der Studie von Boggio et al. (2009a) nachgewiesen werden. Damit zeigt auch diese Studie, dass tDCS-Applikation am DLPFC einen spezifischen Effekt auf das Craving-Verhalten von Rauchern hat, und dieser Effekt anhand einer wiederholten kumulativen Durchführung der tDCS-Stimulierung auch noch gesteigert werden kann. (Boggio et al., 2009a). Zusammenfassend ist aufgrund aller genannter Studien (Boggio et al., 2008b, 2009a; Eichhammer et al., 2003; Fregni et al., 2008a, 2008b; Johann et al., 2003, Rose et al., 2011) zu erkennen, dass durch eine Stimulation des DLPFC das Craving-Verhalten von Rauchern beeinflussbar ist. Allerdings sind die Ergebnisse der Vorstudien zum Craving- Verhalten hinsichtlich der Unterschiede der

Stimulation des linken oder rechten DLPFC teilweise widersprüchlich und folglich ist es naheliegend, noch mehr an dieser Lateralisierung zu forschen.

## **2. Affektive Bildbewertung**

### **2.1. Einleitung**

Die Erforschung von neuronalen Grundlagen der menschlichen Emotionen stellt eine wichtige Basis für die Verbesserung von Behandlungsformen psychiatrischer Störungsbilder und physischer Erkrankungen dar. Menschen mit psychischen Erkrankungen verlieren die Fähigkeit zwischen angenehmen und unangenehmen Erfahrungen zu unterscheiden und auf diese Erfahrungen mit der entsprechenden Emotion zu reagieren. Die Erforschung von kognitiven Modellen der Emotionsverarbeitung bei gesunden Menschen dient als Orientierung, um die neuronalen Mechanismen von schweren psychischen Erkrankungen, wie Schizophrenie, Depression, Angststörungen, posttraumatischen Belastungsstörungen, und dem Empfinden von chronischen Schmerzen bei physischen Erkrankungen, wie beispielsweise Krebs oder Fibromyalgie, genauer zu verstehen. Eine weitere wichtige Komponente ist das Verständnis von neuronalen Mechanismen von dem für diese Studie relevanten Craving/Verlangen nach einer Droge, wie dem hier untersuchten Verlangen nach Tabak/Nikotin. In Folge können durch den Vergleich der Ergebnisse gesunder Menschen mit erkrankten Menschen geeignete neue Behandlungsmethoden gefunden werden (Andreasen, 1997). Die ersten Modelle von den Prozessen der Emotionsverarbeitung im Gehirn wurden anhand von Läsionsstudien des Gehirns von Tieren und Menschen erstellt (Papez, 1937; MacLean, 1952). In der darauf folgenden neurowissenschaftlichen Forschung wurden gesunde und erkrankte Menschen mit verschiedenen neurowissenschaftlichen Techniken, wie bildgebenden Verfahren, wie beispielsweise Positron-Emissions-Tomographie, kurz PET und funktionelle Magnetresonanztomographie, kurz fMRI, untersucht (Davidson & Irwin, 1999, Paradiso et al., 1999b, Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2002, 2004). Verschiedene Daten aus unterschiedlichsten neurowissenschaftlichen Studien weisen daraufhin, dass psychisch erkrankte Menschen eine Art „Fehlfunktion“ von neuronalen Netzwerken haben (Andreasen, 1997). Folglich ist das Ziel dieser Studien, neue Wege zu finden, diese Fehlfunktionen der Emotionen bei unterschiedlichen

psychischen Störungen und ebenso die neuronalen Mechanismen von physischen Erkrankungen zu erkennen und Techniken zu finden, sie positiv zu beeinflussen. Da der DLPFC vermutlich eine wichtige Rolle bei der Emotionsregulation im Sinne einer Top-Down Regulierung spielt, liegt die Überlegung nahe, dass durch eine Art Impulskontrolle bestimmte Vorgänge wie das Craving/Verlangen von Rauchern beeinflussbar sind. Das heißt durch eine Up-Regulierung des DLPFC wird gleichzeitig eine Down-Regulierung der Emotionen hervorgerufen. Eine Möglichkeit der positiven Beeinflussung neuronaler Netzwerke stellt die Stimulation von spezifischen Gehirnarealen durch Techniken, wie rTMS oder die in dieser Studie verwendete transkranielle Gleichstromstimulation, kurz tDCS dar.

## **2.2. Neuropsychologie und Emotionen im Bereich des DLPFC**

Wie bereits erwähnt, verfolgt ein großer Forschungsbereich der Neurowissenschaften die verschiedenen neuroanatomischen Bereiche des menschlichen Gehirns, die bei emotionalen Prozessen angeregt werden (Davidson & Irwin, 1999, Paradiso et al., 1999b, Phan et al., 2002, 2004). In einer Meta-Analyse von Phan et al. (2004) wurden 55 PET- und fMRI-Studien hinsichtlich der menschlichen Emotionen und verschiedenen Regionen des Cortex untersucht. Anhand dieser Meta-Analyse ist ersichtlich, dass es zu einer Aktivierung des präfrontalen Cortex bei verschiedenen emotionalen Zuständen kommt. Bezüglich dieser Studie wurde eine Unterkategorie des präfrontalen Cortex, der DLPFC, genauer bezüglich der affektiven Bildbewertung untersucht. Davidson und Irwin (1999) haben in ihrem Review anhand verschiedener Studien auf zwei Systeme geschlossen, die Motivation und Emotion vermitteln: Das erste System dient dazu, auf Ziele zuzusteuern. Das heißt, es wird eine positive Emotion angestrebt. Das zweite System dient dazu, sich von bestimmten Stimuli aufgrund eines aversiven Reizes zu entfernen. Das heißt, die negative Emotion wird möglichst von der Person ferngehalten. Hinsichtlich des präfrontalen Cortex haben Davidson und Irwin (1999) Aktivierungen im DLPFC, sowohl bei negativer als auch bei positiver Emotion entdeckt. Nach ihrem Review ist der ventromediale Bereich des präfrontalen Cortex für die primäre Erkennung der negativen und positiven Emotionen zuständig. Der DLPFC ist dagegen zuständig für die Verkörperung der Zielzustände, auf welche die positiven und negativen Zustände ausgerichtet sind (Davidson & Irwin, 1999). Paradiso et al. (1999b) haben in ihrer Studie anhand von Positron-Emissions-

Tomographie verschiedene Gehirnareale, die bei der Bewertung von emotionalen Bildmaterial aktiviert werden, genauer erforscht. Als Stimuli dienten hierbei positive, negative und neutrale Bilder. Die Ergebnisse zeigen aktivierte Bereiche im dorsolateralen, orbitalen und medial-frontalen Cortex bei der Bewertung von positiven emotionalen Bildern. Eine Möglichkeit der Beeinflussung neuronaler Netzwerke stellt die Stimulation von spezifischen Gehirnarealen durch die in dieser Studie verwendete tDCS-Stimulation dar. In einer tDCS-Studie zur affektiven Bildbewertung wurden Schmerzbilder als Stimulus-Material verwendet und das Gehirnareal des DLPFC, sowie der primäre motorische Cortex und der occipitale Cortex untersucht (Boggio, Zaghi & Fregni, 2009b). Es wurden Veränderungen in der emotionalen Wahrnehmung der Schmerzbilder durch die Anwendung von anodaler tDCS-Stimulation am linken DLPFC erstmalig nachgewiesen. In der Studie von Boggio et al. (2009b) wurden von 23 Probanden Bilder hinsichtlich wie angenehm sie diese empfanden und dem Schmerzempfinden beim Betrachten des Bildes vor und nach einer tDCS-Stimulation bewertet. Boggio et al. (2009b) stellten fest, dass es durch die anodale Stimulierung des linken DLPFC anhand von tDCS zu einer verminderten Bewertung der Schmerzbilder im Vergleich zur emotionalen Bewertung vor der tDCS-Stimulierung gekommen ist. Diese Ergebnisse weisen daraufhin, dass der DLPFC möglicherweise eine wichtige Rolle bei der affektiven Bildbewertung spielt und dass sich diese emotionalen Prozesse durch eine Stimulierung anhand von tDCS verändern lassen (Boggio et al., 2009b). Auch konnte anhand von tDCS-Studien eine Beeinflussung neuronaler Mechanismen bei allgemeinen Schmerzempfinden (Boggio, 2009b; Fregni, Freedman & Pascual-Leone, 2007), Schmerzen im Rückenmark (Fregni et al., 2006a), Fibromyalgie (Fregni et al., 2006c), Migräne (Antal et al., 2008), Epilepsie (Fregni et al., 2006d) und Krebserkrankungen (Silvia et al., 2007) gefunden werden. Zusätzlich konnte nachgewiesen werden, dass es durch eine tDCS-Stimulation zu einer Stimmungsverbesserung und geringerem Angstempfinden bei Patienten mit Depressionen kommen kann (Brunoni et al., 2011b; Boggio et al., 2008a; Fregni, Boggio, Nitsche, Rigonatti & Pascual-Leone, 2006b). Die aktuellsten Nachweise, dass durch tDCS-Stimulation eine Beeinflussung von emotionalen Prozessen möglich ist, kommen aus einer Studie von Peña-Gómez, Vidal-Piñeiro, Clemente, Pascual-Leone und Bartrés-Faz (2011). In dieser Studie wurde die Region des linken DLPFC durch anodale tDCS-Stimulation in der Aktivierung gesteigert. 16 weibliche Probanden sollten nach tDCS-Stimulation Bilder bewerten, hinsichtlich wie

angenehm sie dies empfanden. Als Stimulusmaterial wurden 180 Bilder (60 positive, 60 negative und 60 neutrale) verwendet. Als Vergleichsgruppe diente eine Bewertung der Bilder bei vorgetäuschter tDCS-Stimulation. Die Ergebnisse von Peña-Gómez et al. (2011) konnten eine Reduzierung der emotionalen Bewertung der Valenz von negativen Bildern durch die tDCS-Stimulation am linken DLPFC nachweisen.

### **2.3. Verstärkte Selbstregulierung durch „Top-Down“- Kontrolle von Belohnungs-/Emotionszentren**

Verschiedenste Studien weisen auf einen Zusammenhang von Kognition und Emotion im Sinne einer Top-Down-Kontrolle von höheren Arealen des Gehirns auf tieferliegende Prozesse hin (Davidson, Putnam & Larson, 2000c; Gray, Braver & Raichle, 2002; Perlstein, Elbert & Stenger, 2002; Muraven, Baumeister & Tice, 1999; Ochsner et al., 2004; Ochsner & Gross, 2005; LaBar, 2010). Dieser Prozess der Emotionsregulation dient zur Kontrolle des Gehirns, wann, wo und wie wir welche Emotion erfahren und empfinden und wie der Mensch diese Emotionen an das Umfeld weitergibt (Gross, 1998). Die limbischen und paralimbischen Regionen des Vorderhirns integrieren die Informationen aus der äußeren Welt und vom internen Milieu des Menschen. Subkortikale afferente Bahnen bringen Informationen von viszeraler Aktivität und sensorische Besonderheiten der Umwelt und können schnell emotionales Verhalten hervorrufen. Zum selben Zeitpunkt bewerten kortikale Bahnen die Bedeutung des afferenten Inputs und vergleichen diesen mit früheren Erfahrungen (LaBar, 2010). Die afferenten sensorischen Bahnen fließen in bestimmten limbischen und paralimbischen Regionen zusammen, wie der Amydala, der Insula, dem anterioren cingulären Cortex und dem orbitofrontalen Cortex, welche die Informationen integrieren. Diese Strukturen kommunizieren miteinander und senden efferente Projektionen zurück zu Cortexarealen, welche involviert sind, in relevante kognitive Funktionen, wie Aufmerksamkeit und Gedächtnis. Das Zusammenspiel zwischen kognitiven und emotionalen Prozessen ist von daher komplex (LaBar, 2010). Verschiedene Review-Artikel (Davidson & Irwin, 1999; Davidson, Jackson & Kalin, 2000b; Bush, Luu & Posner, 2000) weisen daraufhin, dass das Netzwerk der Emotionen aus folgenden Regionen, welche in der Abbildung 2 ersichtlich sind, besteht: aus mehreren Regionen des präfrontalen Cortex (PFC), der Amygdala, dem Hippocampus, dem Hypothalamus, dem anterioren cingulären

Cortex (ACC), dem Insula-Cortex, dem ventralen Striatum und anderen verbundenen Strukturen. Dieses Netzwerk der Emotionen wird mit verschiedenen Aspekten der Emotionsregulation in Verbindung gebracht (Davidson et al., 2000c). Einige Studien weisen auf eine Top-Down-Regulierung der Emotionen des PFC auf die Amygdala hin (Davidson et al., 2000c; Ochsner et al., 2004; Ochsner & Gross, 2005). Das heißt, es kommt bei einer Selbstregulierung der Emotionen zu einer gesteigerten Aktivität im PFC, während gleichzeitig in der Amygdala eine reduzierte Aktivität auftritt. Im speziellen ist der DLPFC eine Gehirnregion, welche mit dieser Down-

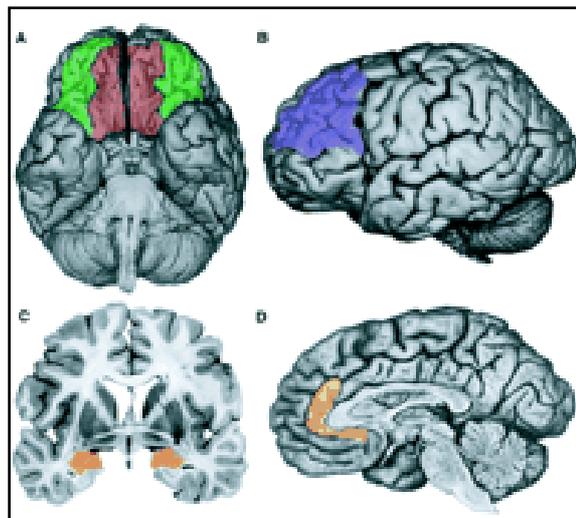


Abbildung 2: Bereiche der Emotionsregulation: A) orbitaler präfrontaler Cortex und ventromedialer Cortex, B) dorsolateraler Cortex, C) Amygdala, D) anteriorer cingulärer Cortex (übernommen aus: Davidson et al., 2000c)

Regulierung von Emotionen in Verbindung gebracht wird (Davidson, et al. 2000c). Diese Top-Down-Regulierung von PFC auf die Amygdala konnte durch eine umgekehrte Korrelation der Aktivität dieser zwei Gehirnregionen durch Ochsner, Bunge, Gross und Gabrieli (2002) bestätigt werden. Emotionen spielen eine Schlüsselrolle im sozialen Verhalten und bei der Regulierung von kognitiven Funktionen, wie dem Gedächtnis (Labar & Cabeza, 2006) und der Aufmerksamkeit (Mogg, Garner & Bradley, 2007). Diese Selbstregulierung ist ein Prozess, bei dem Menschen ihre Gedanken, Gefühle und Aktionen zum Erreichen von verschiedenen Zielen geeignet anpassen (Baumeister & Heatherton, 1996; Goss, 2002; Goss & John, 2003). Diese vom Menschen automatisch gesteuerte Selbstregulierung der Emotionen kann allerdings auch ausfallen und in Folge verlieren die Menschen in bestimmten Situationen die Kontrolle über ihr Verhalten (Baumeister & Heatherton, 1996). Eine Fehlfunktion der Selbstregulierung von Emotionen kann folglich unangepasste emotionale Reaktionen hervorrufen, was im schlimmsten Fall zu

psychiatrischen Erkrankungen führen kann (Amstadter, 2008; John & Gross, 2004). Menschen müssen ihre Emotionen folglich der Situation und dem Umfeld angepasst regulieren, um in der Gesellschaft gut zu recht zu kommen (Heatherton & Vohs, 1998). Die Selbstregulierung der Emotionen gibt dem Menschen die Möglichkeit, Pläne zu machen, zwischen Alternativen zu wählen, Impulse zu kontrollieren, ungewollte Gedanken zu unterdrücken und soziales Verhalten zu regulieren (Heatherton & Wagner, 2010). Eine fehlerhafte Selbstregulierung kann zu vielen gesellschaftlichen Problemen, wie beispielsweise aggressivem Verhalten, Adipositas oder verschiedener Arten des Drogenmissbrauch führen. Außerdem ist die Emotionsregulation für ein gesundes Wohlbefinden eine wichtige Grundvoraussetzung (Heatherton, 2011). Der Zusammenhang von Kognition und Emotion im Bereich des DLPFC wurde anhand verschiedener Arbeitsgedächtnis-Aufgaben bestätigt (Gray et al., 2002; Perlstein et al., 2002). So wurden beispielsweise in der Studie von Perlstein et al. (2002) den Probanden emotionale Bilder (positiv, negativ) und neutrale Bilder gezeigt und die Probanden mussten mit dem emotionalen Bildmaterial Arbeitsgedächtnis-Aufgaben erfüllen. Die Ergebnisse von Perlstein et al. (2002) lassen vermuten, dass der DLPFC eine Beteiligung am Arbeitsgedächtnis und bei der Verarbeitung von emotionalen Einflüssen hat. So kommt es durch die verstärkte Kontrolle der Verarbeitung des visuell aufgenommen Bildmaterials zu einer verminderten Wahrnehmung des emotionalen Gehalts der Bilder. Davidson et al. (2000c) zeigten einen Zusammenhang der Aktivierung im DLPFC mit einer Down-Regulierung von negativen Emotionen, wie Gewalt und Aggression, auf. Weitere Nachweise der Beteiligung des DLPFC an den Emotionen konnten durch Amting, Greening & Mitchell (2010) durch fMRI nachgewiesen werden. Diese Studie (Amting et al., 2010) zeigte eine Unterdrückung von negativen Stimulusmaterial in Form von Gesichtern. Eine weitere Studie von Dolcos, LaBar & Cabeza (2004) konnte eine stärkere Aktivierung des linken DLPFC bei der Bewertung von positiven im Vergleich zu negativen und neutralen Bildmaterial nachweisen. Alle diese Zusammenhänge von Emotion und Kognition definieren Heatherton und Wagner (2010) als „automatisierte Verhaltensprozesse“ des Menschen. Ein weiterer Forschungsansatz untersuchte die Überlegung, ob es im Gegenzug zu Defiziten der Selbstregulation auch möglich ist, eine gesteigerte Kontrolle der Emotionen zu erreichen. Einer der wichtigsten Punkte, welcher Defizite in der Selbstregulation auslöst, sind negative Emotionen und das eigentliche Hauptelement der Selbstregulation ist die Impulskontrolle. Auch wenn sich Menschen

über die Schlüsselreize in ihrem Umfeld bewusst sind, sind sie sich nicht darüber bewusst, inwiefern die Exposition zu diesen Reizen unbewusste kognitive Prozesse auslösen kann. Die Selbstregulierung kann wie viele andere kognitive Fähigkeiten durch Ermüdungs- und Erschöpfungserscheinungen verschlechtert werden. (Heatherton & Wagner, 2010). Muraven et al. (1999) stellten sich in ihrer Studie die Frage, ob solche Selbstregulierungsprozesse des Menschen trainierbar sind und ob es eine Möglichkeit gibt, die Kapazität von Selbstregulierung durch äußere Einwirkung zu steigern. In ihrer Studie wurden 69 Studenten zwei Wochen lang aufgefordert, mehrere Selbstregulierungs-Aufgaben im Alltag regelmäßig durchzuführen: Kontrolle und Verbesserung der Körperhaltung, Kontrolle der emotionalen Stimmung, Kontrolle und Aufzeichnung von Essensgegebenheiten in einem Tagebuch. Verglichen zu einer Kontrollgruppe die zwei Wochen lang keine Selbstregulierungs-Aufgaben durchgeführt hat, konnte nach dem Testzeitraum bei den Studenten eine Verbesserung der Kapazität der Selbstregulierung festgestellt werden. So kamen die Studienteilnehmer als Folge des Trainings der Selbstregulierung zu einer schnelleren Durchführung des Drückens zweier Handgriffe, die auf eine Aufgabe zur Unterdrückung von Gedanken folgte. Folglich war die Gruppe der Studienteilnehmer, die auf die Selbstkontrolle achteten, widerstandsfähiger gegenüber Erschöpfungserscheinungen. Diese Ergebnisse der Studie von Muraven et al. (1999) weisen daraufhin, dass Selbstregulierung durch Lernprozesse gesteigert werden kann. Da der DLPFC ein Gehirnareal ist, indem emotionale und kognitive Prozesse integriert werden (Gray et al., 2002; Perlstein et al., 2002) und dieses Areal wesentlich an Selbstregulierungsprozessen beteiligt ist, liegt die Hypothese nahe, dass bei einer Anregung dieses Gehirnareals (DLPFC) die kognitive Kontrolle bei emotionalen Bewertungsprozessen verstärkt werden kann, und folglich die Aktivierung subkortikaler Emotionszentren gedämpft wird. Als Folge sollten emotionale Inhalte weniger auf der Basis subkortikaler Aktivierungen der Emotionszentren und der damit verbundenen emotionalen Gefühle zustande kommen, sondern eher auf der Basis rationaler Überlegungen und folglich subjektiv auf entsprechenden Skalen als „weniger emotional“ beurteilt werden. Deswegen sollte eine tDCS-Applikation des linken und rechten DLPFC zu einer gehemmten affektiven Bildbewertung, sowohl bei negativen, als auch bei positiven emotionalen Bildern führen. Erste Hinweise zur Hemmung der affektiven Bildbewertung lieferten die Ergebnisse der Studie von Boggio et al. (2009b), in welcher durch eine anodale Stimulierung des linken DLPFC anhand von tDCS eine verminderte Bewertung von

Schmerzbildern hervorgerufen wurde (Boggio et al., 2009b). Die aktuellsten Hinweise, dass es durch eine tDCS-Stimulation des DLPFC zu einer Beeinflussung der Emotionen kommt, liefert eine Studie von Peña-Gómez et al. (2011). In dieser Studie konnte nachgewiesen werden, dass es durch eine Aktivierung des linken DLPFC durch anodale tDCS-Stimulation zu einer reduzierten affektiven Bildbewertung von negativen Stimulusmaterial kommt. Beide tDCS-Studien (Boggio et al., 2009b; Peña-Gómez et al., 2011) unterstützen die These der Top-Down-Regulierung. So wird vermutet, dass durch die tDCS-Stimulation und der damit verbundenen Aktivierung der höheren Gehirnzentren, wie hier dem DLPFC, eine Hemmung der subkortikalen Emotionszentren hervorgerufen wird. Zur Spezifizierung dieser These sind allerdings noch weitere tDCS-Studien nötig.

#### **2.4. Lateralisierte Emotionsverarbeitung zu positiven und negativen Stimuli bezüglich linker und rechter Hemisphäre des Gehirns**

Seit einiger Zeit beschäftigt sich die Forschung der Neurowissenschaften anhand von EEG-Studien, bildgebenden Verfahren und Läsionsmethoden mit der Lateralisierung von Emotionen, um die Unterschiede in der linken und rechten Hemisphäre des Gehirns genauer zu erkennen (Demaree, Everhart, Youngstrom & Harrison, 2011; Hartje, 2001; Purves et al., 2008). Eines dieser Lateralisierungs-Modelle bezieht sich auf die „Valenz“-Hypothese der Emotionen. Diese postuliert, dass es eine Spezialisierung der rechten Hemisphäre auf die negativen Emotionen und eine Spezialisierung der linken Hemisphäre auf die positiven Emotionen gibt. Folglich gibt es ein asymmetrisches Verhältnis der emotionalen Reaktionen in den Hemisphären des Gehirns. Die Gründe liegen darin, dass positive Emotionen mehr durch linguistische und soziale Funktionen, wie beispielsweise bei freundschaftlicher Zuneigung oder dem Ausdruck romantischer Liebe, ausgedrückt werden und im Gegenzug negative Emotionen eher zum Schutz- und reaktiven Verhalten auf mögliche Gefahren dienen. Dementsprechend werden in der linken Hemisphäre des Gehirns eher die Durchführung von sozialen Verhaltensweisen anhand positiver Emotionen im Zusammenhang mit Kommunikation widergespiegelt und die rechte Hemisphäre des Gehirns reagiert als eine Art Schutzmechanismus eher auf negative Emotionen (Demaree et al. 2011; Hartje, 2001; Purves et al., 2008). Diese Asymmetriehypothese wurde inspiriert durch Vorstudien an Probanden mit Läsionen in bestimmten Gehirnbereichen. So zeigen Studien, dass Patienten mit einer

Schädigung der rechten Hemisphäre des Gehirns mehr Probleme bei der Wahrnehmung von negativen im Vergleich zu positiven Emotionen haben (Adolphs, Damasio, Tranel & Damasio, 1996; Borod et al., 1998; Mandal et al., 1999). Zusätzlich dient die Studie von Adolphs et al. (1996) aber auch als Nachweis dafür, dass die normale Verarbeitung von positiven emotionalen Stimulusmaterial trotz der Beschädigung der rechten Hemisphäre erhalten bleibt und die rechte Hemisphäre somit nur negative Emotionen betrifft. Es gibt weitere neuropsychologische Studien, die zeigen, dass Patienten mit linksseitigen Hemisphären-Schäden negative Emotionen, wie z. B. Trauer, stärker erfahren (Heilman, Scholes & Watson, 1975; Morris, Robinson, Raphael & Hopwood, 1996; Paradiso, Chemerinski, Yazici, Tartaro & Robinson, 1999a) und Patienten mit Läsionen an der rechten Hemisphäre zu einem gleichgültigeren Verhalten und gesteigerten positiven Emotionen, wie beispielsweise einer auftretenden Euphorie, neigen (Heilman et al., 1975; Starkstein et al., 1989). Andere Nachweise dieser Hemisphärendominanz gab es durch Einspritzen des Arzneimittel Amytal in die linke Halsschlagader, was zu einem „depressiv- katastrophentypischen“ Verhalten, wie stark ausgeprägtem Weinen, Pessimismus, Schuldgefühlen und Zukunftssorgen der Probanden, führte. Im Gegenzug führt das Spritzen von Amytal in die rechte Halsschlagader zu „euphorischem Verhalten“ repräsentiert durch ein übertriebenes Lachen und Wohlbefinden (Rossi & Rosadini, 1967; Silberman & Weingartner, 1986). Ähnliche Ergebnisse durch Narkotisierung der Hemisphären konnten auch in zwei aktuelleren Studien nachgewiesen werden (Gainotti, 1997; Lee, Loring, Meader & Brooks, 1990). Weitere Studien kommen aus dem Bereich der Gesichterwahrnehmung (Burton & Levy, 1989; Reuter-Lorenz & Davidson, 1981), in denen eine stärkere Reaktion des linken Gesichtsfelds (rechte Hemisphäre) auf traurige Gesichter und des rechten Gesichtsfelds (linke Hemisphäre) auf fröhliche Gesichter festgestellt werden konnte. Im späteren Verlauf der Forschung wurde die „Valenz“-Hypothese durch viele EEG-Studien bestätigt (Davidson & Henriques, 2000a; Ekman & Davidson, 1993; Mandal et al., 1999; Sutton & Davidson, 2000; Waldstein et al., 2000). So wurden beispielsweise in der Studie von Waldstein et al. (2000) 30 Versuchspersonen verschiedene Filmausschnitte, welche Freude oder Ärger provozieren, gezeigt. Während der Präsentation dieses emotionalen Stimulusmaterials wurden EEG-Ableitungen gemacht und es konnte nachgewiesen werden, dass eine stärkere Aktivität der linken Hemisphäre bei „Freude“ und der rechten Hemisphäre bei „Ärger“ zu erkennen war. Die Asymmetriehypothese konnte auch in bildgebenden Studien

anhand von cerebralem Blutfluss von Bench et al. (1992), Passero, Nardini und Battistini (1995) und einer Metaanalyse von Wager, Phan, Liberzon und Taylor (2003) bestätigt werden. In einer fMRI- Studie von Canli, Desmond, Zhao, Glover und Gabrieli (1998) konnte die Aktivierung bei positiven Emotionen im Spezifischen in linksseitigen frontalen und temporalen Regionen und bei negativen Emotionen in der rechten Hemisphäre im Spezifischen im Gyrus frontalis inferior und Gyrus rectus erfasst werden. In einer Studie von Webb, Miller und Heller (2005) wurden diese asymmetrischen Aspekte hinsichtlich dem für diese Studie relevanten linken DLPFC untersucht. Dazu sollten 20 Probanden die Farbe, in der angenehme, neutrale und unangenehme Wörter geschrieben waren, möglichst schnell erkennen. Die angenehmen positiven Wörter haben zu einer höheren Aktivität im linken als im rechten DLPFC geführt. Allgemein haben angenehme Wörter mehr Aktivität im linken und rechten DLPFC hervorgerufen, als unangenehme Wörter (Webb et al. 2005). Nach Webb et al. (2005) ist die präfrontale Asymmetrie im Spezifischen assoziiert mit „Valenz“- Bewertung und nicht mit „Arousal“-Bewertung der Probanden. In einer Studie von Kaffenberger, Baumgartner, Koeneke, Jäncke und Herwig (2008) wurde ein Zusammenhang von der Wahrnehmung negativer emotionaler Bilder mit der Aktivierung im rechten DLPFC entdeckt. In dieser Studie wurden den Probanden verschiedene negative und neutrale Bilder präsentiert und die Probanden mussten möglichst schnell die Bilder der jeweiligen Kategorie anhand einer Stimulus-Reaktions-Aufgabe zuordnen. Kaffenberger et al. (2008) hat in Folge die Beeinflussbarkeit von emotionaler Wahrnehmung durch rTMS am rechten DLPFC gemessen und konnte nachweisen, dass es bei der Verarbeitung von negativen Bildern zu einer verzögerten Reaktionszeit nach rTMS-Applikation mit einem Interstimulus- Intervall von 20ms am rechten DLPFC kommt. Im Vergleich wurden bei den neutralen Bildern keine signifikanten Veränderungen erkannt. Vermutlich dienen die Bereiche des rechten DLPFC als Schutzmechanismen, um bei gefährlichen Situationen, wie beispielsweise einem negativen bedrohlich wirkenden Reiz, zu reagieren (Kaffenberger et al. 2008). In einer weiteren Studie von Dolcos et al. (2004) wurde der präfrontale Cortex durch fMRI während der Betrachtung von emotional positiven, negativen und neutralen Bildern gescannt. Auffällig waren hinsichtlich der Ergebnisse von Dolcos et al. (2004), dass bei der „Arousal“- Bewertung der Bilder eine größere Aktivität bilateral für negative und positive Bilder zu erkennen war. Dagegen hat die „Valenz“- Bewertung der Bilder zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Aktivierung der positiven und negativen Bilder

geführt. Die zuvor genannte „Valenz“- Hypothese konnte auch bei dieser Studie bestätigt werden. Das heißt, Dolcos et al. (2004) konnten eine höhere Aktivierung im linken DLPFC bei positiven Bildern im PFC als bei negativen Bildern zeigen. Zum anderen wird postuliert, dass positive Emotionen meistens mit einem hinwendenden Verhalten assoziiert werden und negative Emotionen mit einer Vermeidung und Ablehnung des Reizes (Davidson & Irwin 1999). Das heißt, die präfrontale Asymmetrie reflektiert eventuell auch die Motivationstendenzen gegenüber anregenden positiven Emotionen und die Vermeidung von negativen Emotionen (Purves et al. 2008). In einer Studie von Peña-Gómez et al. (2011) wurde mit einer anodalen tDCS-Stimulation des linken DLPFC eine reduzierte Bewertung von negativen Stimulusmaterial hervorgerufen. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass durch die Aktivierung der Gehirnhälfte, die für positive Emotionen zuständig ist, möglicherweise auch negatives Stimulusmaterial positiver bewertet wird und damit als weniger negativ wahrgenommen wird (Peña-Gómez et al., 2011). Zusammenfassend zeigen die genannten Studien (Dolcos et al. 2004, Kaffenberger et al. 2008; Peña-Gómez et al., 2011; Webb et al., 2005), dass die Asymmetriehypothese der „Valenz“-Bewertung von emotionalen Bildern auch auf den DLPFC zutreffen könnte. Allerdings gibt es hierzu mehrere widersprüchliche Ergebnisse und deswegen ist die „Valenz“- Hypothese nur eine von mehreren möglichen Überlegungen zur möglichen Lateralisierung der Emotionen (Demaree et al. 2011; Hartje et al., 2001). Aufgrund des theoretischen Hintergrunds der „Valenz“-Hypothese ist zu vermuten, dass es bei einer linksseitigen anodalen tDCS-Applikation des DLPFC zu einer höheren Bewertung von positiven emotionalen Bildern kommt. Gleichzeitig ist zu vermuten, dass es bei einer anodalen tDCS-Applikation des rechten DLPFC zu einer höheren Bewertung von negativen emotionalen Bildern kommt. Nach Demaree et al. (2011) gibt es noch weitere verschiedene Überlegungen zur Lateralisierung der Emotionen. Sein Review weist Ergebnisse von einem Modell zur Veränderungen in der rechten Hemisphäre, dem bereits genannten „Valenz“- Modell, einem „approach-withdrawal“-Modell und einem Modell der Verhaltensaktivierung und Verhaltenshemmung auf (Demaree et al., 2011). Wegen dieser vielen verschiedenen Hinweise ist es sinnvoll, anhand von tDCS-Applikation am linken und rechten DLPFC Interaktionseffekte zwischen Stimulationsseite und positiver/negativer Valenz und Arousal zu überprüfen.

## **3. transkranielle Gleichstromstimulation - tDCS**

### **3.1. tDCS-Grundlagen**

Die transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS) ist eine sichere, nicht-invasive und schmerzfreie Methode, bei der über an der Kopfhaut angebrachte Elektroden ein kontinuierlicher Gleichstrom an die Probanden verabreicht wird. Im Vergleich zur rTMS-Stimulierung sind es relativ schwache elektrische Strömungen durch das Gehirn. Eine Problematik der tDCS-Stimulation ist es, exakt die spezifischen Areale zu stimulieren, die man erreichen will, und nicht eine diffuse weitverbreitete Fläche von vielen Arealen zu erregen. Ein zweiter Nachteil im Vergleich zu anderen Methoden, wie beispielsweise der zuvor erwähnten rTMS-Stimulation, sind die nur geringen Stromstärken (Dmochowski, Datta, Bikson, Su & Parra, 2011). Bei der tDCS-Stimulation wird der Strom zwischen zwei oder mehr Elektroden durch das Gehirn geleitet und dadurch eine Veränderung der Polarität im Gehirn hervorgerufen (Nitsche et al, 2007). Der Effekt von tDCS-Stimulierung ist abhängig von der Richtung des elektrischen Stroms. Es gibt folglich zwei verschiedene Stimulationsbedingungen: Durch die anodale Stimulierung werden die Gehirnareale, welche durch tDCS stimuliert werden, leichter erregbar und aktivierbar. Die anodale tDCS-Stimulation führt somit zu einer leichteren Erregbarkeit als im Ursprungszustand. Dabei wird das Areal, an welchem die tDCS-Stimulation appliziert wurde, durch die Depolarisierung der Neuronen aktiviert. Das heißt, es kommt zu einer Auslenkung des Ruhemembranpotentials der Neurone, in dessen Folge mehr spontane Aktionspotenziale auftreten (Marshall, Mölle, Siebner & Born, 2005). Im Gegenzug führt die kathodale Stimulierung durch tDCS zu einer Hemmung. Das heißt, durch die kathodale tDCS-Stimulation werden die Gehirnareale in ihrer Aktivität verringert (Nitsche et al., 2003a, 2003b). Folglich gibt es den gegenteiligen Effekt zur anodalen Stimulation, das heißt die Neuronen werden hyperpolarisiert und es wird dadurch schwieriger ein Aktionspotential zu bilden. Es kommt also zu einer erschwerten Aktivierbarkeit wie im Ursprungszustand.

Wenn die kathodische Elektrode über Cortexarealen platziert wird, stellen die Effekte der kathodalen hemmenden Referenzelektrode eine Problematik der tDCS-Stimulation dar. Denn dann haben die Effekte der kathodalen hemmenden Referenzelektrode zusätzlich zur anodalen aktivierenden Stimulationselektrode einen

Einfluss auf die Aktivierung im Cortex. Ein Vorteil der tDCS im Vergleich zu anderen Methoden ist, dass die Versuchspersonen nur wenige Sekunden eine Wahrnehmung durch tDCS am Kopf spüren und es deswegen möglich ist, eine Kontrollgruppe, die nur eine vorgetäuschte tDCS-Applikation erhält, über die Bedingung ihrer Stimulierung im Unklaren zu lassen (Gandiga, Hummel & Cohen, 2006). Durch diese vorgetäuschte tDCS-Stimulation wird ein ähnliches kurzes Jucken zu Beginn der Stimulation, wie bei der aktiven Stimulierung ausgelöst, mit dem Unterschied, dass der Strom nach wenigen Sekunden abgestellt wird ohne dass die Probanden es bemerken (Nitsche et al., 2008).

Wichtige Parameter bei der tDCS-Stimulation stellen die Stärke, Dauer und Richtung der Stimulation dar. Diese hängen von der Stromdichte, der Stromflussrichtung und der Stimulationsdauer ab. Die ersten zwei ergeben durch die Errechnung des Quotienten aus Stromstärke und Elektrodenfläche ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) die Stromdichte, das heißt, wie stark das Ruhemembranpotenzial verändert wird (Liebetanz, Nitsche, Tergau & Paulus, 2002). Die Stromdichte ist ausschlaggebend für die Stärke des elektrischen Feldes im Cortex und folglich kommt es durch eine größere Stromdichte zu einer Erregung tiefer liegender Neuronen und Areale des Cortex. Für einen effektiven Stromfluss sollten die Eintritts- und Austrittsstellen des Stroms möglichst weit voneinander entfernt sein. Der dritte Parameter, die Dauer der Stimulation, gilt als wichtige Komponente für die Länge der tDCS-Effekte. Eine vorgetäuschte Stimulation für wenige Sekunden hat keinen längerfristigen Effekt, dagegen kann die Stimulierung über mehrere Minuten die kortikale Erregbarkeit über eine Stunde nach Stimulationsende beeinflussen (Nitsche & Paulus, 2001, Nitsche et al., 2003b). In der Großzahl der tDCS-Studien wurden bisher Elektrodenflächen von 25 bis 35  $\text{cm}^2$  mit einer Stromstärke von 1 bis 2 mA verwendet. Folglich liegt die am meisten verwendete Stromdichte der tDCS-Stimulierung im Bereich von 0,03 bis 0,08  $\text{mA}/\text{cm}^2$  (Nitsche et al., 2007). Diese Stärke der Stimulation gilt als sicher, wenn der dritte Parameter, die Dauer der tDCS, im Bereich von circa 15 bis 20 Minuten gehalten wird, und es ist nachgewiesen, dass die Effekte bis eine Stunde nach Stimulation anhalten (Nitsche et al., 2003b). Da alle drei Parameter (Stärke, Dauer und Richtung) nur zusammen zu adäquaten Effekten führen, ist es wichtig darauf zu achten, dass bei einer Veränderung von einem auch die anderen Parameter angepasst werden. Beispielsweise sollten bei einer veränderten Elektrodenfläche auch die Stromstärke verändert werden, um dieselbe Stromdichte zu erreichen (Nitsche et al., 2007). Das

ist wichtig, um keine für den Menschen zu hohen und damit gefährlichen Stromdichten anzuwenden (Vines, Nair & Schlaug, 2006).

### **3.2. Elektrodeneinstellungen**

Wie in der Tabelle 1 ersichtlich, wurden in verschiedenen Vorstudien unterschiedliche Elektrodengrößen verwendet. Eine der Standardgrößen sind Schwammelektroden von der Größe  $35 \text{ cm}^2$ . Aber es werden auch bereits kleinere Elektrodengrößen (EEG- Elektroden mit Durchmesser von 8 mm) verbunden mit stärkerer Stromdichte der Stimulation verwendet (Marshall, Mölle, Hallschmid & Born, 2004; Marshall et al., 2005). In einer Studie von Nitsche et al. (2007) wurde gezeigt, dass durch eine kleinere Elektrodengröße von  $3,5 \text{ cm}^2$  im Vergleich zu der meistens verwendeten Größe von  $35 \text{ cm}^2$  die Effekte verändert wurden. Mit der  $35 \text{ cm}^2$  Schwammelektrode wurde eine größere Fläche als mit der kleineren  $3,5 \text{ cm}^2$  Elektrode erreicht. Folglich kann mit den kleineren Elektroden fokaler appliziert werden.

Es gibt einige Studien, die sich auf eine Verbesserung der tDCS-Fokalität/Exaktheit durch die kleinen EEG-Elektroden beziehen, in denen unterschiedliche Elektrodenverhältnisse untersucht wurden (Datta et al, 2009; Faria, Leal & Miranda, 2009). In der Studie von Faria et al. (2009) wurden für die kathodale Stimulation drei verschiedene Elektrodenverhältnisse verwendet und verglichen. Die kleinen EEG-Elektroden zeigten die höchste Fokalität/Exaktheit auf die zu erregenden Areale. Das heißt, es konnte gezeigt werden, dass sich die höchsten Werte des elektrischen Stroms direkt unter den applizierten Elektroden befanden, im Gegensatz zu den  $35 \text{ cm}^2$  Elektroden bei denen der Stromdichtefluss recht diffus über den Cortex verteilt wurde. So konnten Datta et al. (2009) bei den größeren Elektroden ein stark verstreutes elektrisches Feld mit mehreren hohen Stromwerten aufzeigen.

Ein weiterer relevanter Unterschied zwischen den EEG-Elektroden und den  $35 \text{ cm}^2$  Schwammelektroden stellen die unterschiedlichen Stromstärken dar, welche relevant für die Stromdichten sind. Anhand einer Stimulationsstudie von Miranda, Faria und Hallett (2009) konnte aufgezeigt werden, dass zum Erreichen der selben Stromdichte für größere Elektroden eine größere Stromstärke im Vergleich zu kleineren Elektroden notwendig ist. Wichtig sind diese unterschiedlichen Stromstärken vor allem auch hinsichtlich der Effekte der Referenzelektrode. Laut einer Studie von Nitsche et al. (2007) kommt es ab einer Stromdichte von 0.017

mA/cm<sup>2</sup> zur kortikalen Erregbarkeit. Bei einer Anwendung von kleinen EEG-Elektroden, wie in den Studien von Marshall et al. (2004, 2005) sind kleine Stromstärken schon ausreichend um hohe Stromdichten zu erzielen, die Effekte bewirken. Zusätzlich kann durch eine große 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektrode als Referenzelektrode diese inaktiv gehalten werden. Durch die geringen Stromstärken kann eine Stromdichte im Bereich von weniger als 0.017 mA/cm<sup>2</sup> bei der 35 cm<sup>2</sup> kathodischen Elektrode (Referenzelektrode) erzielt werden, wodurch nach Nitsche et al. (2007) die Aktivität in den entsprechenden Cortexarealen nicht mehr beeinflusst wird. Im Vergleich zu den Studien mit den großen anodischen Schwammelektroden stellt diese Elektrodeneinstellung einer inaktiven Referenzelektrode eine Verbesserung der Fokalität der anodal applizierten Areale dar.

### 3.3. tDCS in Vorstudien am DLPFC

Der Dorsolaterale präfrontale Cortex (DLPFC) befindet sich ungefähr auf den Brodmann-Arealen 46 und 9 (Petrides & Pandya, 1999; Nitsche et al, 2007) und der Elektrodenposition F3 (linker DLPFC) und F4 (rechter DLPFC) im EEG 10/20-System (Jasper, 1985).

Studie	Stimulations-elektrode	Referenz-elektrode	Stromdichte mA/cm <sup>2</sup> auf Anode (Stromstärke/ Elektrodenfläche)	Dauer der Stimulation
<i>Fregni et al. (2008a)</i>	35 cm <sup>2</sup> (F3/F4)	35 cm <sup>2</sup> (F3/F4) → aktiv	0,057 mA/cm <sup>2</sup>	20 min
<i>Boggio et al. (2009a)</i>	35 cm <sup>2</sup> (F3)	100cm <sup>2</sup> (F4) → aktiv	0,057 mA/cm <sup>2</sup>	20 min
<i>Boggio et al. (2008b)</i>	35 cm <sup>2</sup> (F3/F4)	35 cm <sup>2</sup> (F3/F4) → aktiv	0,057 mA/cm <sup>2</sup>	20 min
<i>Peña-Gómez et al. (2011)</i>	35 cm <sup>2</sup> (F3)	35 cm <sup>2</sup> (C4) → aktiv	0,029mA/cm <sup>2</sup>	20 min
<i>Boggio et al. (2009b)</i>	35 cm <sup>2</sup> (F3)	35 cm <sup>2</sup> (F4) → aktiv	0,057 mA/cm <sup>2</sup>	5 min

**Tabelle 1: Parameter der Elektrodeneinstellungen aus verschiedenen Vorstudien: Elektrodengröße, Stromdichte und Dauer der Stimulation**

Wie in der Tabelle 1 ersichtlich haben bis jetzt fast alle DLPFC-Stimulationsstudien Elektrodengrößen von 35 cm<sup>2</sup> verwendet. Eine Ausnahme im Bereich der tDCS-Stimulation bilden die Studien von Marshall et al. (2004, 2005), welche kleinere EEG-

Elektroden mit einem Durchmesser von 8 mm verwendeten. In der Studie von Marshall et al (2005) wurden vier aktive kleine EEG-Elektroden (Durchmesser: 0,8 cm) am linken/rechten DLPFC appliziert. Es wurde eine Stromstärke von 0,26 mA und damit eine Stromdichte von  $0,129 \text{ mA/cm}^2$  verwendet. Die Ergebnisse führten zu einer schlechteren Bearbeitung einer Arbeitsgedächtnisaufgabe bei anodaler tDCS-Stimulation. Das steht im Widerspruch zu den Studien mit großen  $35 \text{ cm}^2$  Elektroden (Boggio et al., 2006, 2007), die zu einer Verbesserung des Arbeitsgedächtnis führten. Eine Erklärung könnte die höhere Fokalität/Exaktheit der Elektrodeneinstellung sein. Das heißt, die Ursache, dass keine anderen Regionen mit stimuliert worden sind. Eine zweite tDCS-Studie von Marshall et al. (2004) wurde ebenfalls mit kleinen Elektroden (Durchmesser: 0,8 cm) von einer Stromdichte von  $0,129 \text{ mA/cm}^2$  am DLPFC durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass Probanden in einer deklarativen Erinnerungsaufgabe eine Verbesserung zeigten. Diese andere Form der Elektrodeneinstellung mit kleineren EEG- Elektroden stellt somit eine Möglichkeit dar mit einer genaueren Exaktheit/Fokalität die applizierten Areale zu untersuchen.

Es wurden bisher keine tDCS-Studien mit kleinen EEG-Elektroden im Bereich des Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung gemacht. Aufgrund der tDCS-Studien von Marshall et al. (2004, 2005) die zu anderen Ergebnissen bezüglich des Arbeitsgedächtnisses wie Vorstudien mit großen Elektroden gekommen sind, scheint es interessant den DLPFC mit den kleinen EEG-Elektroden auch hinsichtlich anderer Bereiche wie dem Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung mit dieser anderen Elektrodeneinstellung zu untersuchen. Die für diese Studie relevanten Vorstudien aus dem Bereich des Nikotin- Craving von Fregni et al. (2008a) und Boggio et al. (2009a), wurden mit jeweils einer anodischen  $35 \text{ cm}^2$  Elektrode am DLPFC (F3 und F4) mit einer Stromstärke von 2 mA und somit einer Stromdichte von  $0,057 \text{ mA/cm}^2$  für 20 Minuten Stimulationszeit durchgeführt. Eine für die affektive Bildbewertung relevante Vorstudie ist eine Schmerzstudie von Boggio et al. (2009b) in welcher mit  $35 \text{ cm}^2$  Elektroden am DLPFC (F3) mit einer Stromstärke von 2 mA und somit einer Stromdichte von ebenfalls  $0,057 \text{ mA/cm}^2$  über 5 Minuten Stimulationszeit appliziert wurde. Die zweite relevante Studie von Peña-Gómez et al. (2011) aus dem Bereich der Emotionen wurde mit einer  $35 \text{ cm}^2$  Elektrode am DLPFC (F3) mit einer Stromstärke von 1 mA und somit einer Stromdichte von  $0,029 \text{ mA/cm}^2$  für 20 Minuten durchgeführt. Da es bei den kleinen EEG-Elektroden zu einer höheren Exaktheit/Fokalität der Areale kommt (Datta et al., 2009; Faria et al., 2009) und

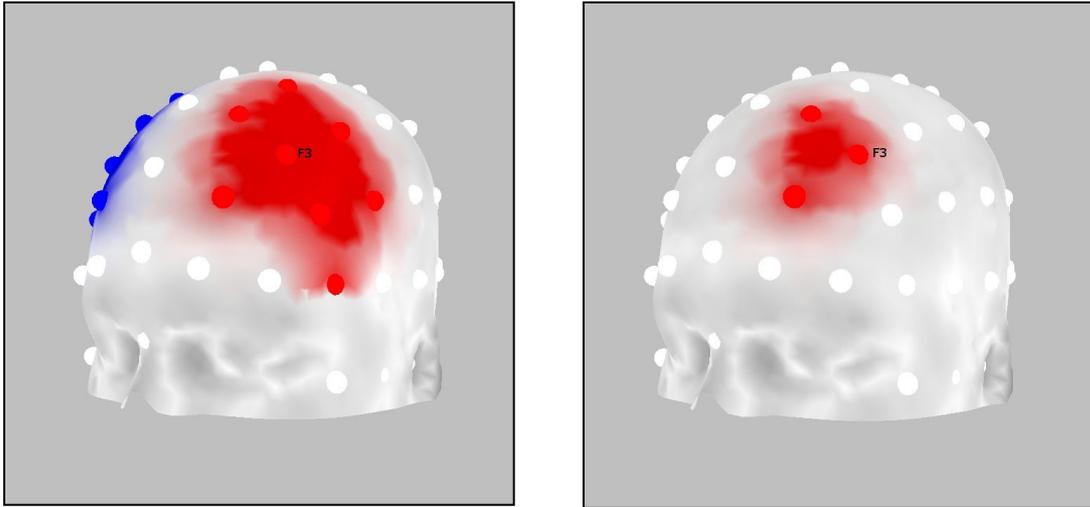


Abbildung 3: Schwammelektrode (links) vs. EEG-Elektroden (rechts) hinsichtlich der unterschiedlichen Effekt auf den Cortex (erstellt mittels sLORETA (Pascual Marqui, 2002))

diese auch in Studien Effekte nachweisen konnten (Marshall et al., 2004, 2005; Nitsche et al., 2007), stellt eine Applikation des DLPFC anhand von drei EEG-Elektroden eine neue interessante Methode dar. Diese Wahl der Elektroden ist vor allem auch deswegen eine Erneuerung der relevanten Vorstudien aus dem Bereich des „Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung“, weil durch die kleinen EEG-Elektroden, die kathodische Schwammelektrode inaktiv gehalten werden kann und somit keine Effekte durch die kathodische Applikation zu erwarten sind (Nitsche et al., 2007). Damit wären die Effekte einer tDCS-Stimulation auf den linken und rechten DLPFC im engeren Sinne aufgrund der höheren Fokalität/Exaktheit der applizierten Areale bei Nikotin-Craving und affektiver Bildbewertung besser interpretierbar.

## **4. Hypothesen**

In der vorliegenden Studie wurden drei verschiedene Stimulierungen (anodale Stimulation des linken DLPFC, anodale Stimulation des rechten DLPFC und vorgetäuschte Stimulation) in zwei verschiedenen Versuchsgruppen (Raucher vs. Nichtraucher) durch tDCS angewendet und hinsichtlich des Craving-Verhaltens und der affektiven Bildbewertung mit Hilfe von vier Bildkategorien (Suchtbilder, neutrale Bilder, positive Bilder und negative Bilder) miteinander verglichen. Es wird folglich sowohl Wert auf die Unterscheidung der drei Stimulationsbedingungen durch tDCS am DLPFC, die Unterscheidung der vier Bildkategorien, als auch auf den Vergleich der Raucher- mit der Nicht-Rauchergruppe gelegt. Dabei wurden in dem hier vorgestellten Diplomarbeitsprojekt zwei Fragestellungen geprüft.

### **4.1. Erste Forschungsfrage**

Die erste Forschungsfrage betrifft den Zusammenhang zwischen der tDCS-Stimulation des DLPFC und dem Einfluss auf das Craving-Verhalten. Diese wurde anhand des empfundenen Cravings der Probanden nach tDCS-Stimulierung des DLPFC erfasst. Wie bereits am theoretischen Hintergrund ersichtlich, wurde vermutet, dass es einen Zusammenhang in der Aktivierung des DLPFC und dem Craving-Verhalten bei Rauchern gibt (Brody et al., 2002; Due et al., 2002; McBride et al., 2006; Wilson et al., 2004). Das heißt, es wurde prognostiziert, dass das Verlangen nach Nikotin zu einer Erregung der Gehirnareale des DLPFC führen könnte. Eine ähnliche Aktivierung des DLPFC durch von außen durchgeführte tDCS-Applikation sollte im Sinne einer Replikation der Studie von Fregni et al. (2008a) sowohl anodal am linken DLPFC, anodal am rechten DLPFC als auch vorgetäuscht durchgeführt und verglichen werden. Die Ergebnisse von Fregni et al. (2008a) zeigen, dass durch diese Erregung der Areale des DLPFC eine Hemmung des Craving-Verhaltens bei Rauchern zu erwarten war. Als Erweiterung erhielt eine Nicht-Raucher-Gruppe dieselbe tDCS-Stimulierung, um als Vergleichs-/Kontrollgruppe zu dienen. Zusätzlich sollte getestet werden, ob die randomisierte Vorgabe des Stimulusmaterials zu einer klaren Unterscheidung hinsichtlich der Bewertung in Suchtbilder und neutrale Bilder führte, um für zukünftige Studien zu erfahren, ob

diese Form des Forschungsdesigns durchführbar ist oder die gemischte Reihenfolge der Bilder zu überlagernden Effekten führt.

**→ Gibt es bei Rauchern einen Unterschied des Cravings durch tDCS-Stimulation am linken und rechten DLPFC (verglichen zu vorgetäuschter Stimulation)?**

H1: Es gibt bei Rauchern eine Veränderung des Cravings bei tDCS-Stimulation am linken oder rechten DLPFC.

**→ Gibt es Unterschiede hinsichtlich des Cravings zwischen Rauchern und Nichtrauchern?**

H1: Es gibt Unterschiede in den Craving-Werten zwischen Rauchern und Nichtrauchern

**→ Gibt es bei Rauchern Unterschiede in der Craving-Bewertung bezüglich der Bildkategorien (15 Suchtbilder und 15 neutralen Bilder)?**

H1: Es gibt Unterschiede in der Craving-Bewertung der Raucher zwischen den Raucher- Bildern und neutralen Bildern.

## **4.2. Zweite Forschungsfrage**

Die zweite Forschungsfrage bezieht sich auf die affektive Bildbewertung. Es soll herausgefunden werden, ob die Stimulierung des linken oder rechten DLPFC spezifisch auf die Craving-Bewertung wirkt oder generell bei der Bewertung von emotionalen Reizen die affektiven Anteile des Bewertungsprozesses durch tDCS verändert werden. Wenn die tDCS-Stimulation eine generelle Stärkung der Selbstregulation (Heatheron & Wagner, 2010) und dadurch eine verstärkte Top-Down-Kontrolle von subkortikalen Belohnungs- und Emotions-Zentren erreicht, sollte es folglich zu einer Up-Regulierung der kognitiven Kontrollfunktionen und dadurch zu einer Down-Regulierung subkortikaler Emotionsverarbeitungszentren kommen, wodurch die affektive Bildbewertung generell verändert werden sollte. Das heißt, es sollte zu verminderten „Arousal-„ und „Valenz“- Beurteilungen kommen. Als zweites

wird ein eventueller Lateralisierungseffekt geprüft, da es Hinweise gibt, dass emotionale Reize je nach Valenz hemisphärenspezifisch verarbeitet werden.

**→ Gibt es bei allen Probanden eine Veränderung der affektiven Bildbewertung (positiv, negativ) hinsichtlich der Valenz und dem Arousal durch tDCS-Stimulation am linken oder rechten DLPFC (verglichen zu vorgetäuschter Stimulation)?**

H1: Es gibt bei allen Probanden eine Veränderung der affektiven Bildbewertung hinsichtlich Valenz und Arousal durch tDCS-Stimulation am linken oder rechten DLPFC.

**→ Gibt es Unterschiede hinsichtlich der affektiven Bildbewertung hinsichtlich Valenz zwischen positiven/negativen Bildern bei tDCS-Stimulation am linken und rechten DLPFC und gibt es folglich einen Interaktionseffekt zwischen Stimulationsseite und Valenz?**

H1: Es gibt einen Interaktionseffekt bezüglich Stimulationsseite und Valenz-Werten.

**→ Gibt es Unterschiede hinsichtlich der affektiven Bildbewertung durch tDCS-Stimulation des linken und rechten DLPFC spezifisch nur bei den Suchtbildern oder auch bei allen anderen Bildern (positiv, negativ, neutral)?**

H1: Es gibt keine Unterschiede zwischen den Suchtbildern und den anderen Bildern (positiv, negativ, neutral) nach tDCS-Stimulation.



**Teil II.**

**Methodik**



## **5. Methodik**

### **5.1. Methoden**

#### **5.1.1 Versuchspersonen**

Der Großteil der Probanden wurde aus Seminaren der biologischen Psychologie des Bachelor-Studiums der Universität Wien rekrutiert. Die Probanden erhielten in den Seminaren Bonuspunkte für die Teilnahme an der Studie. An der Studie nahmen insgesamt 41 Probanden teil, davon 21 Raucher und 20 Nichtraucher. Voraussetzung um als Raucher an der Studie teilnehmen zu können war ein Nikotinkonsum von 10 oder mehr Zigaretten pro Tag, seit mindestens einem Jahr vor Testzeitpunkt. Wie bei Fregni et al. (2008a) wurden die Raucher angewiesen, ihr normales Rauchverhalten bis zu einem gewissen Zeitraum vor Studienbeginn beizubehalten. Allerdings wurde in dem hier vorgestellten Diplomprojekt ein Abstinenz-Zeitraum von 6 Stunden anstelle der 1.5 Stunden bei Fregni et al. (2008a) gewählt. Um sicher zu gehen, dass sich die Probanden an diese 6 Stunden Nikotinabstinenz halten, wurde ihnen gesagt, dass stichprobenweise ein Urintest mit dem der Nikotingehalt erfasst wird und damit festgestellt werden könne, ob sie sich an die Abstinenzzeit gehalten haben, durchgeführt wird. Die Gruppe der Nichtraucher erfasste dagegen Probanden, die nie geraucht bzw. schon seit mindestens einem halben Jahr keine Zigaretten geraucht haben. Eine Probandin musste aufgrund zu geringen Rauchverhaltens nach der ersten Testung aus der Studie direkt ausgeschlossen werden. 40 Probanden sind zu jeweils drei Testzeitpunkten erschienen. Diese Probanden erhielten randomisiert die drei verschiedenen Versuchsbedingungen: anodale tDCS am linken DLPFC, anodale tDCS am rechten DLPFC und eine vorgetäuschte tDCS-Stimulation im Abstand von je mindestens einer Woche. Es wurden folglich 61 Testungen in der Raucher-Gruppe und 60 in der Nichtraucher-Gruppe, also 121 Testungen insgesamt durchgeführt. Nach der Datenerhebung mussten die Daten von zwei Nichtrauchern ausgeschlossen werden, da es bei diesen fälschlicherweise zu einer wiederholten Stimulation an der gleichen Seite des DLPFC gekommen ist und somit nicht die drei notwendigen

unterschiedlichen Stimulationen für den Vergleich in der Datenauswertung vorhanden waren. Bei allen Probanden wurde die Händigkeit mittels des Edinburgh Händigkeit-Inventars erhoben (Oldfield, 1971). Es nahmen nur Rechtshänder an der Studie teil. Die Daten von 38 Probanden wurden in die statistische Datenanalyse einbezogen. Davon waren 27 weibliche und 11 männliche Probanden. Die Stichprobe bestand nur aus Studenten und alle Probanden wiesen einen Matura- oder höheren Abschluss auf. Die Nationalität der Probanden setzte sich aus 16 Studienteilnehmern aus Österreich, 19 aus Deutschland und 3 anderer europäischer Herkunft zusammen. Das Durchschnittsalter der Probanden war 21.68 Jahre (Standardabweichung: 2.07). Vor der Datenerhebung wurde das schriftliche Einverständnis aller Probanden erhoben. Zusätzlich wurden mögliche Ausschlusskriterien für eine Teilnahme an einer tDCS-Stimulation erfasst. Diese Ausschlusskriterien waren die folgenden: 1) vergangene negative Reaktion auf eine tDCS-Untersuchung; 2) epileptischer Anfall; 3) Gehirnschlag; 4) Kopf- oder Gehirnoperation; 5) Metallteile im Körper; 6) implantierte Geräte; 7) schwere Kopfschmerzen; 8) Störungen des Zentralnervensystems; 9) Krankheit mit Gehirnschädigung; 10) psycho- oder neuroaktive Medikamente; 11) Schwangerschaft; 12) Epilepsie bei Angehörigen im ersten Verwandtschaftsgrad; 13) regelmäßiges Lenken von Kraftfahrzeugen; 14) unzureichender Schlaf; 15) große Mengen an Alkohol oder sonstigen psychotropen Substanzen; 16) Abhängigkeit von Drogen, Alkohol oder Medikamenten; 17) chronische Hauterkrankungen; 18) metallische Gegenstände am Körper/in Kleidung. Alle Testungen dieser Studie fanden im EEG-Labor der SCAN-Unit der Fakultät für Psychologie der Universität Wien statt.

### **5.1.2. Design und Durchführung**

Vor Beginn des eigentlichen Experiments mussten die Probanden die Probandeninformation, Einwilligungserklärung und die tDCS-Ausschlusskriterien unterschreiben. Es folgten das Edinburgh Händigkeits-Inventar (Oldfield, 1971) und das soziodemographische Datenblatt. Alle Probanden mussten vor dem eigentlichen Experiment das PANAS-Inventar (Watson, Clark, & Tellegen, 1988) ausfüllen. Nur der Gruppe der Raucher wurde der Fagerströmtest für Nikotinabhängigkeit (Heatherton, Kozlowski, Frecker & Fagerström, 1991) und die Kurzform des Tabak-Craving Fragebogens (Heishman, Singleton & Pickworth, 2008) vorgegeben.

Alle Probanden erhielten nach dem Ausfüllen der Fragebögen eine anodale tDCS-Applikation am linken DLPFC, am rechten DLPFC oder vorgetäushtes tDCS. Nach dieser Applikation wurden sie in einen Untersuchungsraum gesetzt. In diesem schallgedämmten Raum wurden sie vor einem 19-Zoll-CRT-Monitor, der auf einem Tisch stand, gesetzt. Auf diesem Tisch befand sich außerdem eine Tastatur, auf welcher auf den Tasten „1 bis 9“ Bilder für die Bewertung von Nikotin-Craving, auf den Tasten „q bis o“ Bilder für die Bewertung von Valenz und auf den Tasten „a bis l“ Bilder für die Bewertung von Arousal aufgeklebt waren (Abbildung der Tastatur im Anhang). Den Probanden wurde als nächstes eine kurze mündliche Erklärung über den Ablauf des Experiments gegeben. Die Stimuluspräsentation der Craving-Bewertung und der affektiven Bildbewertung wurde über das Programm E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh, PA) durchgeführt. Bevor die tDCS-Stimulation begann, wurde eine Übungsaufgabe, in der alle drei Aufgaben des Versuchsdesigns der Studie kurz erklärt wurden (Instruktion der Übungsaufgabe im Anhang) von den Probanden bearbeitet. Dadurch sollten die Versuchspersonen mit den verschiedenen Aufgaben vertraut gemacht werden und die Bildbewertung anhand der auf den Tasten aufgeklebten Bilder verstehen. Diese Übungsaufgaben wurden zum zweiten und dritten Testzeitpunkt der Probanden kein weiteres Mal vorgegeben, da davon ausgegangen wurde, dass sie die Aufgaben dann bereits verstanden hatten. Danach wurde mit der tDCS-Stimulation begonnen. Die ersten fünf Minuten der Stimulation wurden die Probanden in einer Art „Ruhephase“ allein im Testraum gelassen. Nach diesem Zeitraum wurden die ersten Aufgaben am Monitor gestartet. Insgesamt wurden die Probanden mit 0,45 mA bei einer aktiven Stimulation für 20 Minuten stimuliert, bei einer vorgetäuschten Stimulation für 30 Sekunden zu Beginn. Die zu untersuchende Fragestellung zur Thematik des Cravings und der affektiven Bildbewertung fand im Zusammenhang mit einem größeren Versuchsdesign statt. So wurden die Probanden nicht nur auf diese 2 Komponenten, sondern auch mit einer „Risikoaufgabe“ auf ihr Risikoverhalten und einer zweiten Aufgabe auf ihren „Attentional Bias“ im Zuge dieser Studie getestet. Das Versuchsdesign bestand somit aus drei verschiedenen Aufgaben. Diese wurden auch per Randomisierung bei den Probanden beliebig vertauscht vorgegeben. Folglich erhielten die Versuchspersonen die Aufgabe zur Thematik des Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung entweder an erster, zweiter oder dritter Stelle. Für die Aufgabe des Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung benötigten die Probanden circa 10 bis 12 Minuten, für die Aufgabe des Attentional

Bias circa 3 bis 4 Minuten und für die Risikoaufgabe circa 14 bis 16 Minuten. Insgesamt dauerte die Bearbeitungszeit aller Aufgaben circa 35 Minuten. Es ist davon auszugehen, dass die Effekte der tDCS-Stimulation über die Länge aller drei Aufgaben auch nach den 20 Minuten Stimulation angehalten haben (Nitsche & Paulus, 2001, Nitsche et al., 2008).

In der Abbildung 4 ist eine Darstellung der drei Aufgabenbereiche des gesamten Versuchsdesigns zu sehen:

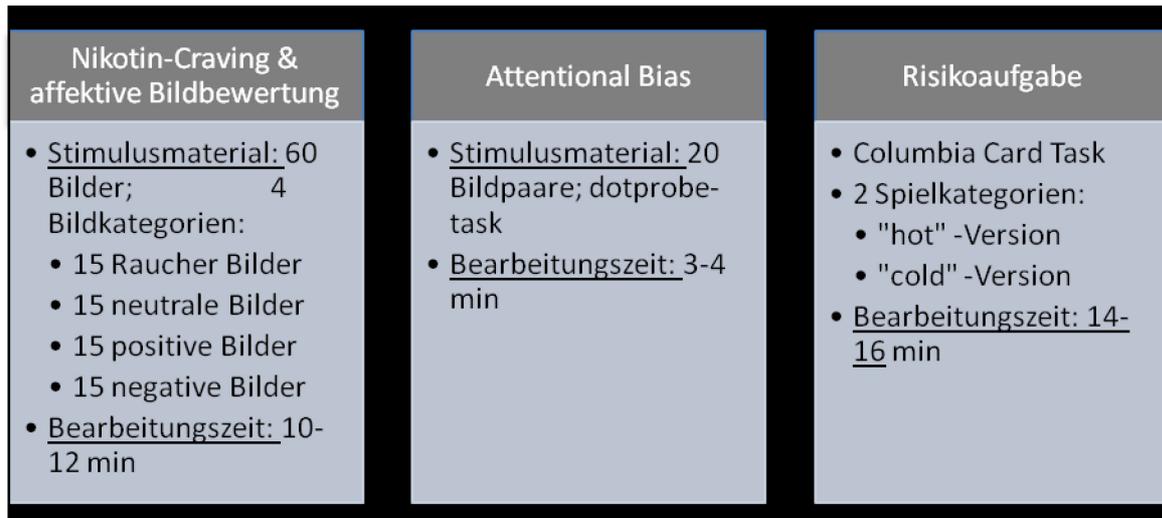


Abbildung 4: Darstellung der drei Aufgabenbereiche des gesamten Versuchsdesigns: 1) Nikotin-Craving & affektive Bildbewertung, 2) Attentional Bias, 3) Risikoaufgabe

Im für dieses Diplomarbeitprojekt relevanten Aufgabenteil des Nikotin-Cravings und der affektiven Bildbewertung wurden alle 60 Bilder randomisiert den Probanden vorgegeben. Das heißt, jeder Proband erhielt nicht nur per Zufall eine beliebige Reihenfolge der drei Aufgaben (Nikotin-Craving und affektive Bildbewertung, Attentional Bias, Risikoaufgabe), sondern auch eine beliebige Reihenfolge des Stimulusmaterials im Aufgabenteil der Craving-Bewertung und der affektiven Bildbewertung. Die 60 Bilder setzten sich aus 4 Kategorien zusammen: 15 Suchtbilder, 15 positive Bilder, 15 negative Bilder und 15 neutrale Bilder (Beispielabbildungen aus den 4 Kategorien des Stimulusmaterials im Anhang). In der Abbildung 5 ist der Ablauf der Bewertung eines Bildes schematisch dargestellt:



Abbildung 5: schematischer Ablauf eines Durchgangs der Bewertung eines Stimulusbildes

Jede Bewertung der 60 Bilder startete mit einem Fixationskreuz, welches 2 Sekunden gezeigt wurde. Als nächstes wurde das Bild aus einer der 4 Kategorien für 4 Sekunden präsentiert. Anschließend folgte als erste Bewertungsdimension das Craving, das heißt das derzeitige Verlangen eine Zigarette zu Rauchen, welches der Proband beim Betrachten des Bildes empfand. Diese wurde anhand einer 9-stufigen Skala mit Hilfe von Figuren erfasst. Die Probanden konnten hier von der höchsten Stufe „9“ (Figur mit einer großen Zigarette) bis zur niedrigsten Stufe „1“ (Figur ohne Zigarette) ihr derzeitiges Verlangen beim Betrachten des Bildes, eine Zigarette zu rauchen, selbst einschätzen. Als zweite Bewertungsdimension wurde die Valenz beim Betrachten des Bildes erfragt. Für diese Dimension, ebenso wie die dritte Dimension des Arousal beim Betrachten des Bildes wurde das „Self Assessment Manikin“ kurz SAM (Lang, 1980) zur Hilfe genommen. In diesem System wird eine graphische Figur auf einer 9-stufigen Skala bildlich dargestellt. Bei der Valenz konnten die Studienteilnehmer von der höchsten Stufe „9“ (lachende/glückliche Figur) bis zur niedrigsten Stufe „1“ (weinende/traurige Figur) ihre Einschätzung des Bildes mit dementsprechenden Tastendruck bewerten. Bei der Arousal und somit dritten Bewertungsdimension wurde die Erregung des Betrachters beim Anschauen des Bildes erfasst. Die Probanden konnten hier von der höchsten Stufe „9“ (aufgeregte/explodierende Figur) bis zur niedrigsten Stufe „1“ (relaxte/entspannte Figur) ihr persönliches Empfinden beim Betrachten des Bildes einstufen (Instruktionen des Experiments siehe Anhang). Für diese Einschätzung sollten die Probanden die jeweilige Taste auf der Tastatur vor ihnen drücken, auf welcher die Figuren aufgeklebt waren. Die Bewertungsfenster wurden am Monitor jeweils bis die Person eine Taste gedrückt hatte gezeigt. Nach 30 Bildern konnten die Probanden eine kurze Pause einlegen, deren Länge sie selbst bestimmen konnten. Je nach Randomisierung wurden den Probanden die zwei weiteren Aufgabenbereiche des Versuchsdesigns, die „Risikoaufgabe“ und der „Attentional Bias“ der Studie, danach oder davor vorgegeben. Nach Durchführung der letzten der drei Aufgaben wurden die Probanden aus dem Untersuchungsraum geführt. Außerhalb des Testraums wurden ihnen die EEG-Elektroden und die EEG-Haube abgenommen. Anschließend sollten alle Probanden das PANAS-Inventar (Watson, 1988) ein zweites Mal und die Raucher zusätzlich die Kurzform des Tabak Craving Fragebogen (Heatherston et al., 1991) ein zweites Mal ausfüllen. Als letztes wurde ein Fragebogen „zur Erfassung von Beeinträchtigungen nach transkranieller Gleichstromstimulation“ allen Versuchspersonen vorgegeben. Das gesamte

Experiment mit tDCS-Applikation und Ausfüllen der Fragebogen dauerte bei der ersten Testung circa 90 Minuten. Bei der zweiten und dritten Testung weniger als 60 Minuten, da keine Übungsaufgaben mehr vorgegeben wurden und weniger Fragebögen auszufüllen waren.

### **Begründung des Designs**

Die 60 Stimulusbilder aus den vier Kategorien (15 Suchtbilder, 15 neutrale Bilder, 15 positive Bilder, 15 negative Bilder) wurden bewusst randomisiert vorgegeben. Damit sollten Gewöhnungseffekte bei der Bildbewertung ausgeglichen werden, in dem zu jedem der drei Testzeitpunkte jedem Probanden eine andere Reihenfolge gezeigt wurde. Im ursprünglichen Design war geplant, die vier Kategorien als Blöcke von jeweils 15 Bildern nacheinander zu zeigen. Allerdings ist dabei zu bedenken gewesen, dass eventuell die Craving-Bewertung deswegen von Bild zu Bild stufenartig steigt, weil mehrere Suchtbilder nacheinander folgen und die Probanden möglicherweise noch unter dem Einfluss vom vorherigen Bild stehend, ihr Bewertung abgeben. Durch die randomisierte Vorgabe sollten solche Effekte verhindert werden. Es gab bisher keine Studie mit einer solchen randomisierten Vorgabe von unterschiedlichem Stimulusmaterial aus dem Bereich des Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung. Es sollte mit der Studie auch getestet werden, ob eine solche randomisierte Vorgabe durchführbar ist, ob also die Probanden, die Bilder, den vier Kategorien entsprechend hinsichtlich Craving, Valenz und Arousal bewerten und es somit zu einer klaren Unterscheidung hinsichtlich der vier Bildkategorien und den drei Bewertungsdimensionen in den Ergebnissen kommt.

### **5.1.3. Fragebögen**

Alle Fragebögen wurden im Vorraum des Untersuchungsraums ausgefüllt. Das Edinburgh-Händigkeit-Inventar (Oldfield, 1971), das soziodemographische Datenblatt und der Fagerströmtest für Nikotinabhängigkeit (Heatherton et al., 1991), der nur bei den Rauchern vorgegeben wurde, sind nur zum ersten Testzeitpunkt ausgefüllt worden. Alle Probanden mussten vor und nach dem Experiment das PANAS-Inventar (Watson et al., 1988) ausfüllen. Die Gruppe der Raucher musste noch zusätzlich vor und nach dem Experiment die Kurzform des Tabak-Craving Fragebogens (Heishman et al., 2008) ausfüllen. Nach Ende des Experimentes wurde

allen Probanden der Fragebogen „zur Erfassung von Beeinträchtigungen nach transkranieller Gleichstromstimulation“ vorgegeben.

### **Edinburgh- Händigkeit- Inventar**

Das „Edinburgh Handedness Inventory“ (Oldfield, 1971) dient zur Erfassung der Händigkeit der Probanden. Es werden 10 Fragen zu Alltagsaktivitäten, wie beispielsweise das Schreiben oder das Benutzen einer Schere, abgefragt und auf die Händigkeit der Probanden getestet. Die Probanden sollten mit einem „x“ bei dem jeweiligen Item ankreuzen mit welcher Hand sie die Tätigkeit bevorzugt ausüben. Falls sie die Tätigkeit nie mit der anderen Hand ausüben würden, außer sie wären absolut dazu gezwungen worden, sollten sie links oder rechts mit „xx“ markieren. Für Fälle, in denen Sie keine Hand bevorzugt verwenden, sollten die Probanden ein „x“ in beide Spalten (links/rechts) schreiben. Da in der vorgestellten Diplomarbeitsstudie ein Einschlusskriterium eine Rechts-Händigkeit der Probanden ist, konnten durch diesen Fragebogen bereits vor Experimentbeginn alle linkshändigen Probanden ausgeschlossen werden.

### **Soziodemographisches Datenblatt**

Das eigenhändig erstellte „soziodemographische Datenblatt“ erfasste primär übliche Kriterien, wie das Geschlecht der Probanden, das Alter, die höchste abgeschlossene Ausbildung, die Nationalität, die Muttersprache, die aktuelle Berufstätigkeit und das Rauchverhalten der Versuchspersonen.

In einem zweiten Teil dieses Fragebogens wurden die Fragen für Raucher und Nichtraucher unterschiedlich gestellt. Bei den Nichtrauchern wurde erfasst, ob sie jemals regelmäßig geraucht haben und falls ja, in welchem Ausmaß. Bei den Rauchern dagegen wurde erfragt: 1) wie viele Zigaretten sie durchschnittlich am Tag rauchen; 2) Mit welchem Alter sie zu Rauchen begonnen haben; 3) mehrere Fragen über ehemalige Versuche das Rauchen aufzuhören; 4) ob sie derzeit mit dem Rauchen aufhören wollen; und 5) wie sie gegenüber eine Teilnahme an einer Raucherentwöhnungsstudie eingestellt sind.

### **Fagerströmtest für Nikotinabhängigkeit (FTND)**

Der FTND ist ein reliabler und valider Fragebogen zur Erfassung der Nikotinabhängigkeit der Probanden (Heatherton et al. , 1991).

Anhand von sechs kurzen Fragen wurde hiermit das Nikotin-Abhängigkeitslevel der Probanden erfasst:

- 1) „Wann nach dem Aufwachen rauchen Sie die erste Zigarette?“;
- 2) „Fällt es Ihnen schwer, an Orten, an denen Rauchverbot besteht (Arztpraxen, Kino usw. ) nicht zu rauchen?“;
- 3) „Auf welche Zigarette würden Sie nicht verzichten wollen?“;
- 4) „Wie viele Zigaretten rauchen Sie im Allgemeinen pro Tag?“;
- 5) „Rauchen Sie am Morgen im Allgemeinen mehr als während des Tages?“;
- 6) „Kommt es vor, dass Sie rauchen, obwohl Sie so krank sind, dass Sie den Tag überwiegend im Bett verbringen müssen?“

Diese sechs Items zum Nikotinkonsum werden mit zwei (bei vier Fragen) oder vierstufigen (bei zwei Fragen) Antwortmöglichkeiten gelöst. Aus den Ergebnissen wird ein Gesamt-Punktwert zwischen 0 bis 10 gebildet, an welchem der Abhängigkeitsgrad der Probanden zu erkennen ist. Dem Punktwert ist folgende Nikotinabhängigkeit zuzuordnen: 0 bis 2 geringe, 3 bis 5 mittlere, 6 bis 7 starke und 8 bis 10 Punkte sehr starke Nikotinabhängigkeit (Fagerström & Schneider, 1989).

### **PANAS-Inventar**

Die „Positive and negative Affective Schedule“ kurz PANAS (Watson et al., 1988) diente zur Erfassung von möglichen emotionalen Einflüssen im Verlauf der Studie. Deswegen wurde er einmal vor der Durchführung der tDCS-Stimulation und ein zweites Mal nach der tDCS-Stimulation und der Durchführung der Aufgaben zu jeder der drei Stimulationsbedingungen von den Probanden ausgefüllt. Der PANAS besteht aus insgesamt 20 Items. Die Versuchspersonen beurteilen die eigene Stimmung anhand mehrerer Adjektive. Auf einer 5-stufigen Skala von „gar nicht“ bis „äußerst“ sollten die Probanden angeben, inwiefern das jeweilige Gefühl auf den jeweiligen Zeitpunkt zutrifft. Aus den 20 Items ergeben sich zwei verschiedene Skalen mit jeweils 10 Items. In die Bewertung der ersten Skala, die „positive affect“ (PA), gehen die ersten 10 Items ein (PA: aktiv, interessiert, freudig erregt, stark, angeregt, stolz, begeistert, wach, entschlossen, aufmerksam). In die Bewertung der zweiten Skala, die „negative affect“ (NA), gehen die letzten 10 Items ein (NA: bekümmert, verärgert, schuldig, erschrocken, feindselig, gereizt, beschämt, nervös, durcheinander, ängstlich). Das PANAS-Inventar hat in Vorstudien eine hohe interne Konsistenz und Test-Retest Reliabilität aufgewiesen (Watson et al., 1988).

### **Kurzform des Tabak-Craving-Fragebogens (TCQ-SF)**

Der „Tobacco Craving Questionnaire-Short Form“ kurz TCQ-SF (Heishman et al., 2008) ist eine Kurzfassung anhand von 12 Items der ursprünglichen 47 Items des „Tobacco Craving Questionnaire“ (Heishman, Singleton & Moolchan, 2003). Bei den 12 Items wird jeweils ein Satz wie beispielsweise „Ich würde jetzt gerne eine Zigarette genießen“ oder „Ich wäre weniger nervös, wenn ich jetzt rauchen könnte“ von den Probanden bewertet. Dazu sollten sie ihr jetziges Verlangen, eine Zigarette zu Rauchen. Auf einer 7-stufigen Skala von „1 = starke Ablehnung“ bis „7 = starke Zustimmung“ des jeweiligen Satzes durch das Ankreuzen eines von 7 Kästchens bewerten. Durch die 12 Items des TCQ-SF können vier verschiedene Dimensionen des Nikotin-Craving bestimmt werden: a) „Emotionalität“ (Faktor 1, Rauchen mit der Erwartung einer Entspannung von dem körperlichen Entzug oder schlechter Stimmung); b) „Erwartung“ (Faktor 2, Rauchen mit der Erwartung einer positiven Wirkung); c) „Zwanghaftigkeit“ (Faktor 3, Unfähigkeit den Tabakgebrauch zu kontrollieren); d) „Entschlossenheit“ (Faktor 4, Absicht und Planung zu Rauchen aufgrund einer positiven Wirkung). Jede Dimension setzt sich aus drei der 12 Items des TCQ-SF zusammen und wird durch das Summieren der drei Items errechnet. Der TCQ-SF wurde allen Rauchern vor der Durchführung der tDCS-Stimulation und ein zweites Mal nach der tDCS-Stimulation und der Durchführung der Aufgaben zu jeder der drei Stimulationsbedingungen vorgegeben. Dieser Fragebogen diente zur Erfassung von möglichen Veränderungen der verschiedenen Dimensionen des Craving/Verlangens eine Zigarette zu Rauchen im Verlauf des Experimentes.

### **Fragebogen zur Erfassung von Beeinträchtigungen nach transkranieller Gleichstromstimulation**

Dieser Fragebogen wurde eigenhändig aufbauend auf einem Artikel zur Erfassung von Nebenwirkungen der tDCS-Stimulation (Brunoni et al., 2011a) erstellt. Der Fragebogen „zur Erfassung von Beeinträchtigungen nach transkranieller Gleichstromstimulation“ erfasst 10 verschiedene relevante Nebenwirkungen der tDCS: 1) Kopfschmerzen; 2) Nackenschmerzen; 3) Schmerzen auf der Kopfhaut; 4) Kribbeln; 5) Jucken; 6) Brennen; 7) Hautrötung; 8) Schläfrigkeit; 9) Konzentration auf Sorgen/ Probleme und 10) Akute Stimmungsschwankungen (Brunoni et al., 2011a). Die Probanden wurden hinsichtlich dieser 10 Items befragt, ob eines der Symptome oder Nebenwirkungen, während oder nach der Testung/Stimulation von ihnen

wahrgenommen wurde. Dazu konnten sie eine von vier möglichen Antworten von „nicht vorhanden“ bis „stark vorhanden“ ankreuzen.

#### **5.1.4. Stimulusmaterial**

Die 60 Bilder für die Bewertung des Nikotin-Craving und die affektive Bildbewertung wurden aus verschiedenen Quellen genommen. Die 15 Suchtbilder wurden aufgrund einer vorher durchgeführten Validierungsstudie über das Internet ausgewählt. In dieser Studie wurden über einen Online-Fragebogen über die Internetseite SoSciSurvey (2011) die Validierung von 56 Bildern (28 Suchtbilder; 28 Nichtraucher Bilder) erhoben. Diese Bilder wurden teilweise aus der Studie „Neurobiological substrate of smoking-related attentional bias“ von Luijten et al. (2011) entnommen und teilweise selbst fotografiert. An der Internetvalidierung dieses Stimulusmaterials haben 134 Personen teilgenommen. Davon waren 44 Raucher und 90 Nichtraucher. Die Teilnehmer waren zwischen 16 und 62 Jahren alt. 98 Teilnehmer waren weiblich und 36 männlich. 91 der Befragten waren Studenten und die restlichen 43 im Berufsleben. Die Nationalität der Teilnehmer gliederte sich in 65 Teilnehmer aus Österreich, 59 aus Deutschland und 10 aus anderen Ländern Europas auf. In diesem Internetfragebogen wurde den Probanden jeweils eines der 56 Bilder präsentiert. Die Teilnehmer sollten das jeweilige Bild daraufhin hinsichtlich Craving-, Valenz- und Arousal-Bewertung auf einer 9-stufigen Skala einschätzen. Als erste Bewertungsdimension wurde das Verlangen beim Betrachten des Bildes eine Zigarette zu Rauchen erfragt („1 = gar kein Verlangen“ bis „9 = sehr starkes Verlangen“). Als Zweites wurde gefragt wie angenehm sie das Bild empfunden haben („1 = extrem unangenehm“ bis „9 = extrem angenehm“). Die dritte Bewertungsdimension erfasste die Aufregtheit, welche die Teilnehmer beim Betrachten des Bildes empfanden („1 = überhaupt nicht aufregend“ bis „9 = extrem aufregend“). Dieser Online-Fragebogen war für einen Zeitraum von 6 Wochen onlinegestellt. Nach einer statistischen Datenanalyse mit PASW Statistics 19 (SPSS, Inc.) wurden 15 aus den 28 Suchtbildern nach dem Kriterium der höchsten Craving-Bewertung für das Versuchsdesign ausgewählt. Die restlichen 45 Bilder für die neutrale, positive und negative Bildkategorie des Versuchsdesigns wurden aus dem „International Affective Picture System“ kurz IAPS (Lang, Öhman & Vaitl, 1988; Lang, Bradley & Cuthbert, 2008) ausgewählt. Das IAPS ist eine Datenbank mit Bildern, welche bezüglich der Kriterien Valenz und Arousal in einer großen Stichprobe bewertet wurden (Lang et al., 2008). Alle Bilder des IAPS sind anhand einer 9-

stufigen Skala mit Hilfe der „Self Assessment Manikin“ kurz SAM (Lang, 1980) erfasst worden. In diesem System wird wie zuvor erklärt eine graphische Figur auf einer 9-stufigen Skala bildlich dargestellt. Bei der Valenz von der höchsten Stufe „9“ (lachende/glückliche Figur) bis zur niedrigsten Stufe „1“ (weinende/traurige Figur). Bei der Arousal von der höchsten Stufe „9“ (aufgeregte/explodierende Figur) bis zur niedrigsten Stufe „1“ (relaxte/entspannte Figur). Anhand dieser Validierung der Bilder wurden für die Studie je 15 geeignete Fotos für die drei Bildkategorien (neutral, positiv und negativ) ausgewählt. Anhand der Tabelle 2 kann man die Auswahlkriterien der Bilder erkennen.

	Valenz	Arousal	IAPS- Bilder
Positive Bilder	7-9	ca. 5	Tierkinder + Natur: z.B. Pony, Kätzchen, Berge → „Freude“
Negative Bilder	2-3	ca. 6	Attackierende, bedrohende Tiere, Waffen: z.B. Schlange, Spinne, Pistole → „Angst“
Neutrale Bilder	ca. 5	ca.2,5	Haushaltsgeräte/ Alltagsgegenstände: z.B. Buch, Regenschirm

**Tabelle 2: Die Tabelle zeigt die Auswahl der IAPS Bilder für die drei Kategorien (positiv, negativ,neutral) hinsichtlich ihrer Valenz- und Arousal-Werte**

Bei der Auswahl der je 15 Bilder für die positive und negative Bildkategorie wurden Bilder gewählt, deren Arousal-Werte circa im mittleren Bereich zwischen 5 bis 6 lagen. Die Valenz sollte bei den positiven Bildern möglichst hoch (Mittelwert der 15 Bilder = 7.57) und bei den negativen Bildern möglichst niedrig liegen (Mittelwert der 15 Bilder = 3.40). In Folge wurden für die 15 positiven Bilder Fotos von Tierkindern wie beispielsweise ein Pony und Fotos von Naturlandschaften ausgewählt. Bei den positiven Bildern wurde darauf geachtet, dass sie aus dem Bereich der Emotion „Freude“ kommen und auf den Bildern keine Menschen ersichtlich sind, um mögliche andere Einflüsse bei der Bildbewertung zu verhindern. Für die 15 negativen Bilder wurden Fotos von bedrohenden Tieren oder Waffen ausgewählt. Bei den negativen Bildern wurde darauf geachtet, dass sie aus dem Bereich der Emotion „Angst“ kommen und keines der Bilder die Emotion „Ekel“ erfasst, um sicherzugehen, dass auch hier keine anderen Einflüsse auf die Bildbewertung wirken. Für die Auswahl der 15 neutralen Bilder aus dem IAPS wurden Bilder mit einem niedrigen Arousal (Mittelwert der 15 Bilder = 2.59) und einer mittleren Valenz (Mittelwert der 15 Bilder =

5.00) ausgewählt. Die neutralen Bilder zeigten Haushaltsgeräte bzw. Alltagsgegenstände, wie beispielsweise ein Buch. Alle 60 Bilder wurden hinsichtlich der Größe auf die gleiche Einheit gebracht bevor sie in das Programm E-prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh, PA) als Stimulusmaterial eingefügt wurden.

### 5.1.5. Technische Daten, Datenreduktion und Datenanalyse

#### tDCS-Applikation

Für die transkranielle Gleichstromstimulation wurden an das DC-Stimulator-Gerät (neuroConn Ges.m.b.H) zwei verschiedene Elektroden angeschlossen. In dieser Studie wurden anodal drei EEG-Elektroden (Durchmesser: 1 cm) mit Hilfe einer EEG-Haube (EASYCAP Ges.m.b.H) des 10/20 System und kathodal einer

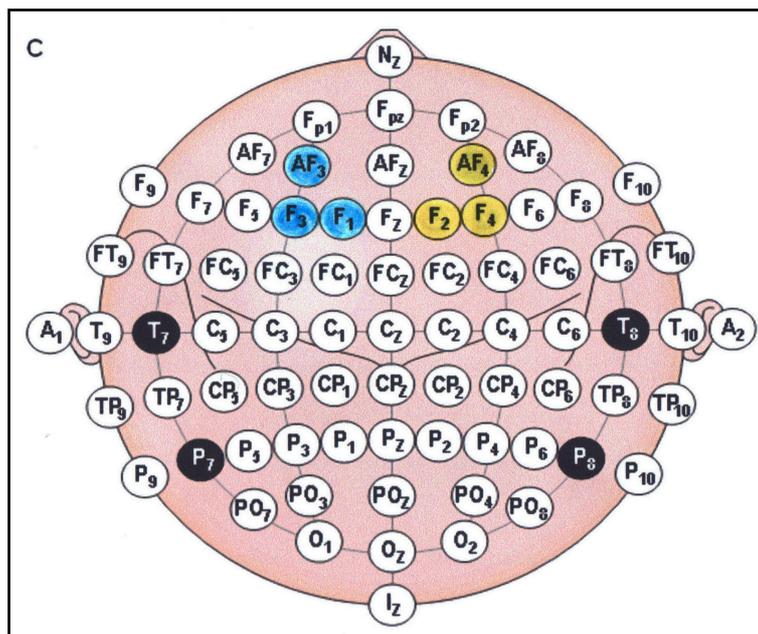


Abbildung 6: Applikationsorte der drei EEG-Elektroden nach 10/20 System: "F1,F3 & AF3" (tDCS am linken DLPFC) und "F4,F2 & AF4" (tDCS am rechten DLPFC) (modifiziert übernommen aus: Sharbrough et al., 1991)

Schwammelektrode von 35 cm<sup>2</sup> positioniert (Jasper, 1985). Die tDCS-Stimulierung wurde mit einer Stromstärke von 0,45 mA periodisch (30 Sek fade in, 30 Sek Stimulation, 30 Sek fade out) und einer Stromdichte von 0,191 mA/cm<sup>2</sup> auf der anodalen Seite durchgeführt. Bei der aktiven Stimulation (linker und rechter DLPFC) wurden die Probanden 20 Minuten stimuliert. Bei der vorgetäuschten Stimulation dagegen wurde die Stimulation direkt nach 30 Sekunden abgebrochen. Dadurch konnte erzielt werden, dass die Probanden den Juckreiz am Anfang der Stimulation spürten, aber keinen Strom für den Rest der Stimulationszeit erhielten. Dies ist eine

verlässliche Methode für die vorgetäuschte Stimulation (Gandiga et al., 2006). Es wurden zwei verschiedene Elektroden verwendet: drei kleine EEG-Elektroden (Durchmesser: 1 cm) für die anodale Stimulation und eine Schwammelektrode von 35 cm<sup>2</sup> (5cm x 7cm) für die kathodale Stimulation. Die kathodale Schwammelektrode war inaktiv, da laut einer Studie von Nitsche et al. (2007) bei der Stromdichte der Referenzelektrode (0,0129 mA/cm<sup>2</sup>) von keinen Effekten auszugehen ist. Wie bereits zuvor erwähnt erhielten die Probanden drei verschiedene Stimulationsbedingungen:

- *anodale Stimulation des linken DLPFC*: die drei anodischen EEG-Elektroden (Durchmesser: 1 cm) waren über F3, F1 und AF3 (EEG 10/20 System) und die kathodische Schwammelektrode (35 cm<sup>2</sup>) über F4 positioniert.
- *anodale Stimulation des rechten DLPFC*: die drei anodischen EEG-Elektroden (Durchmesser: 1 cm) waren über F4, F2, AF4 (EEG 10/20 System) und die kathodische Schwammelektrode (35 cm<sup>2</sup>) über F3 positioniert.
- *vorgetäuschte Stimulation des DLPFC*: für die vorgetäuschte Stimulation wurden die Elektroden an denselben Punkten wie für die aktive Stimulation platziert. Dabei wurden die EEG- Elektroden (Durchmesser: 1 cm) bei der Hälfte aller Probanden am linken DLPFC und bei der anderen Hälfte am rechten DLPFC angebracht.

Um die Elektroden-Impedanzen zu garantieren, wurde die Kopfhaut der Probanden an den drei Stellen, wo die anodalen EEG-Elektroden angesetzt wurden, vorsichtig mit einer sterilen Nadel angekratzt. Nachdem diese drei Stellen dann mit evakuierten Elektrodengel befüllt worden waren (Electrode-Cap international, Inc., Eaton, OH), wurden die drei EEG-Elektroden (Durchmesser: 1 cm) angesetzt. An der Seite der 35 cm<sup>2</sup> großen Schwammelektrode wurde die Kopfhaut mit Alkohol gereinigt und in Folge die Schwammelektrode mit Elektrodengel an der Unterseite angesetzt. Die Elektrodenimpedanzen wurden vor Beginn der eigentlichen tDCS-Stimulation über ein 32-Kanal-Elektrodenimpedanzmessgerät (Ing. Zickler Ges.m.b.H.) getestet. Wobei die Impedanz jeder einzelnen Elektrode kleiner 5kΩ sein musste.

### **Statistische Datenanalyse**

Die statistische Datenanalyse wurde mit PASW Statistics 19 (SPSS, Inc.) durchgeführt. Alle Probanden wurden hinsichtlich ihrer Craving-, Valenz- und

Arousal-Bewertung bezüglich der drei Stimulationsbedingungen (anodale tDCS am linken DLPFC, anodale tDCS am rechten DLPFC und vorgetäushtes tDCS) untersucht. Dazu wurden für die Craving-, Valenz- und Arousal-Werte jeweils eine 3 x 4 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung errechnet. Diese wurden mit den zwei Innersubjekt-Faktoren „Stimulationsbedingung“ (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäushtes tDCS) und „Bildkategorie“ (Suchtbild, neutral, positiv, negativ) und dem Zwischensubjekt-Faktor „Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher) errechnet.

Die Daten des PANAS-Inventars (Watson et al., 1988) wurden mit einer 3 x 2 x 2 Varianzanalyse mit Meßwiederholung je einmal mit der „positive affect“ (PA) und einmal mit der „negative affect“ (NA) errechnet. Diese Analyse wurde mit den zwei Innersubjekt-Faktoren „Stimulationsbedingung“ (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäushtes tDCS) und „Testzeitpunkt“ (vor dem Experiment, nach dem Experiment) und dem Zwischensubjekt-Faktor „Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher) errechnet.

Die Auswertung der Daten des „Tobacco Craving Questionnaire- Short Form“ (Heishman et al., 2008) wurden mit vier separaten 3 x 2 Varianzanalysen mit Messwiederholung errechnet. Für jede der vier Dimensionen des TCQ-SF (Emotionalität, Erwartung, Zwanghaftigkeit und Entschlossenheit) wurde diese Analyse mit den zwei Innersubjekt-Faktoren „Stimulationsbedingung“ (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäushtes tDCS) und „Testzeitpunkt“ (vor dem Experiment, nach dem Experiment) errechnet.

Die Daten des Fragebogen zur Erfassung von Beeinträchtigungen nach transkranieller Gleichstromstimulation wurden mit Hilfe einer Kreuztabelle und dem Zusammenhangsmaß McNemar beziehungsweise einem Binomialtest hinsichtlich der drei Stimulationsbedingungen verglichen.

Das Signifikanzniveau ist auf  $p < .05$  für alle statistischen Tests herangezogen worden. Die extremsten Ausreißer wurden mit Hilfe einer Errechnung von Boxplots entfernt. Die Sphärizität der Messwiederholungsvarianzanalysen wurde mit Hilfe des Mauchly-Test bestimmt. Bei Verletzung der Sphärizität wurde die Greenhouse-Geiser-Korrektur verwendet. Bei den Craving-, Valenz- und Arousal-Daten wurde zu Beginn anhand von zwei separaten parameterfreien Kruskal-Wallis-Tests, je für die Nichtraucher- und Rauchergruppe, ein möglicher Effekt des Testzeitpunktes der Bildbewertung ausgeschlossen. Dieser parameterfreie Test wurde aufgrund der geringen Zellbesetzung hinsichtlich des Testzeitpunktes der Bildbewertung gewählt.

Diese Errechnung ergaben keinen signifikanten Effekt hinsichtlich dem „Testzeitpunkt der Bildbewertung“ und er konnte somit in den weiteren Rechnungen als Zwischensubjektfaktor weggelassen werden.

## 5.2. Ergebnisse

### 5.2.1. Daten des Nikotin-Craving

Die erste Forschungsfrage betrifft den Zusammenhang zwischen der tDCS-Stimulation des DLPFC und dem Einfluss auf das Craving-Verhalten. Die 3 x 4 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung ist mit den zwei Innersubjekt-Faktoren „Stimulationsbedingung“ (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäushtes tDCS) und „Bildkategorie“ (Suchtbild, neutral, positiv, negativ) und dem Zwischensubjekt-Faktor „Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher) durchgeführt worden.

**Tabelle 3: Innersubjekt- Faktoren der Craving-Bewertung**

„Stimulationsbedingung“ (vorgetäuscht, links, rechts)	F(2,72) = .14, <i>p</i> = .87
„Bildkategorie“ (Suchtbild, neutral, positiv, negativ)	F(2.17,78.11) = 33.02, <b><i>p</i> &lt; .05</b>
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Bildkategorie“	F(3.05,109.78) = .58 <i>p</i> = .63

**Tabelle 4: Zwischensubjekt- Faktor der Craving-Bewertung**

„Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher)	F(1,36) = 46.26, <b><i>p</i> &lt; .05</b>
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Rauchverhalten“	F(2,72)= .14 , <i>p</i> = .87
Wechselwirkung „Bildkategorie x Rauchverhalten“	F(2.17,78.11) = 25.17 , <b><i>p</i> &lt; .05</b>
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Bildkategorie x Rauchverhalten“	F(3.05,109.78)= .52, <i>p</i> = .71

Der Haupteffekt „Stimulationsbedingung“ zeigte kein signifikantes Ergebnis. Der Haupteffekt der „Bildkategorie“ war dagegen signifikant (F(2.17,78.11) = 33.02, *p* < .05). Die Wechselwirkung (WW) „Stimulationsbedingung x Bildkategorie“ war nicht signifikant. Der Zwischensubjektfaktor „Rauchverhalten“ war signifikant (F(1,36) =

46.26,  $p < .05$ ). Die WW „Stimulationsbedingung x Rauchverhalten“ war nicht signifikant. dagegen war die WW „Bildkategorie x Rauchverhalten“ ( $F(2.17,78.11) = 25.17$ ,  $p < .05$ ) signifikant. Die dreifach WW „Stimulationsbedingung x Bildkategorie x Rauchverhalten“ war nicht signifikant.

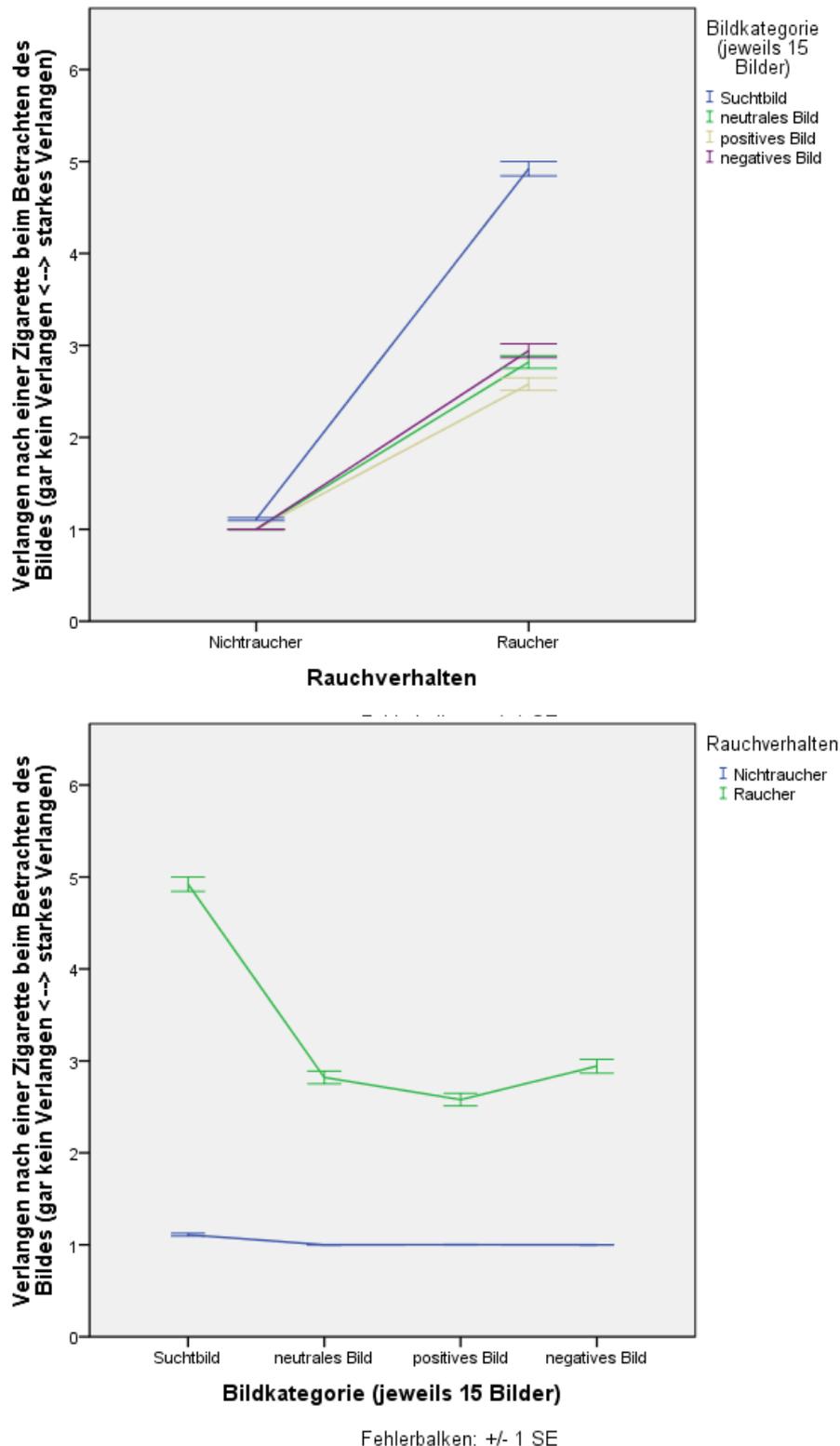


Abbildung 7: Die zwei Grafiken zeigen die Craving- Bewertung der Raucher/Nichtraucher hinsichtlich der vier Bildkategorien (Suchtbilder, neutral, positiv, negativ). Bei den Suchtbildern ist eine höhere Craving-Bewertung als bei den restlichen Bildern zu erkennen.

## 5.2.2. Daten der affektiven Bildbewertung

Die zweite Forschungsfrage bezieht sich auf die affektive Bildbewertung. Es sollte herausgefunden werden, ob die Stimulierung des linken und rechten DLPFC spezifisch auf Craving wirkt oder generell bei der Bewertung von emotionalen Reizen die affektiven Anteile des Bewertungsprozesses durch tDCS verändert wird. Für Valenz und Arousal wurde jeweils eine 3 x 4 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung errechnet. Diese wurden jeweils mit den zwei Innersubjekt-Faktoren „Stimulationsbedingung“ (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäushtes tDCS) und „Bildkategorie“ (Suchtbild, neutral, positiv, negativ) und dem Zwischensubjekt-Faktor „Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher) errechnet.

### Valenz- Daten

**Tabelle 5: Innersubjekt-Faktoren der Valenz-Bewertung**

„Stimulationsbedingung“ (vorgetäuscht, links, rechts)	$F(2,72) = .11$ ; $p = .90$
„Bildkategorie“ (Suchtbild, neutral, positiv, negativ)	$F(2.16,77.70) = 140.25$ ; $p < .05$
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Bildkategorie“	$F(4.30,154.95) = 3.08$ ; $p < .05$

**Tabelle 6: Zwischensubjekt Faktor der Valenz-Bewertung**

„Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher)	$F(1,36) = 11.61$ ; $p < .05$
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Rauchverhalten“	$F(2,72) = .26$ ; $p = .77$
Wechselwirkung „Bildkategorie x Rauchverhalten“	$F(2.16,77.70) = 1.81$ ; $p = .17$
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Bildkategorie x Rauchverhalten“	$F(4.30,154.95) = .41$ ; $p = .82$

Der Haupteffekt „Stimulationsbedingung“ zeigte kein signifikantes Ergebnis. Der Haupteffekt der „Bildkategorie“ war dagegen bei ( $F(2.16,77.70) = 140.25$ ;  $p < .05$ ) signifikant. Der Zwischensubjektfaktor „Rauchverhalten“ war signifikant ( $F(1,36) = 11.61$ ;  $p < .05$ ). Die WW „Stimulationsbedingung x Bildkategorie“ ( $F(4.30,154.95) = 3.08$ ;  $p < .05$ ) war ebenfalls signifikant. Keine der WW mit dem Zwischensubjektfaktor war signifikant. Für die signifikante WW „Stimulationsbedingung x Bildkategorie“ wurde ein signifikanter Kontrast zwischen

den positiven und negativen Bildern bei der tDCS-Stimulation des rechten DLPFC im Vergleich zum Mittelwert der drei Stimulationsbedingungen errechnet ( $F(1,36) = 8.42$ ,  $p = < .05$ ).

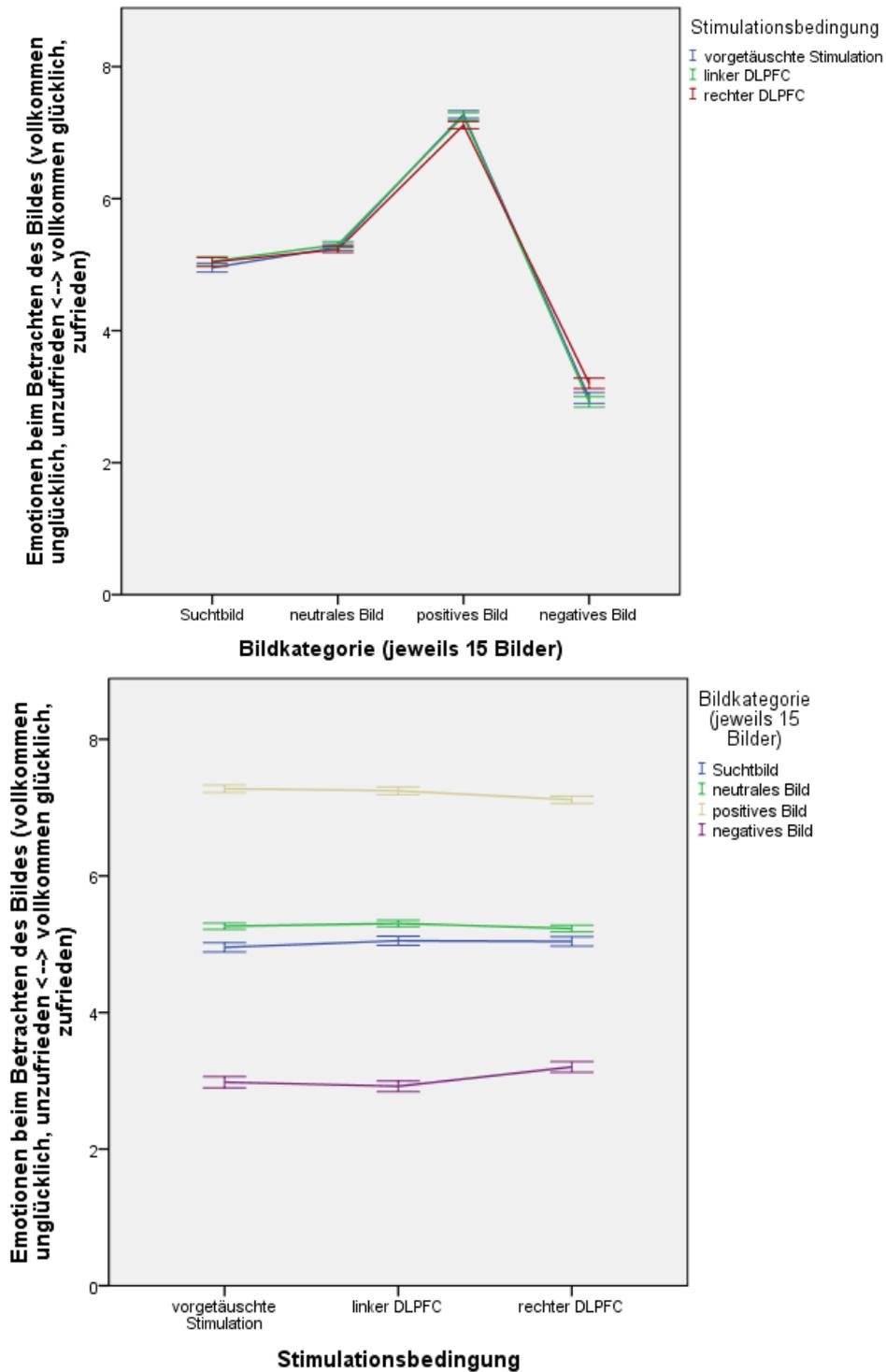


Abbildung 8: Die zwei Grafiken zeigen die Unterschiede in der Valenz-Bewertung hinsichtlich der Bildkategorie und Stimulationsbedingung. Es ist ein Interaktionseffekt am rechten DLPFC bei den negativen und positiven Bildern zu erkennen. Bei einer tDCS-Stimulation des rechten DLPFC steigt die Valenz-Bewertung der negativen Bilder und die Valenz-Bewertung der positiven Bilder sinkt.

## Arousal-Daten

**Tabelle 7: Innersubjekt-Faktoren der Arousal-Bewertung**

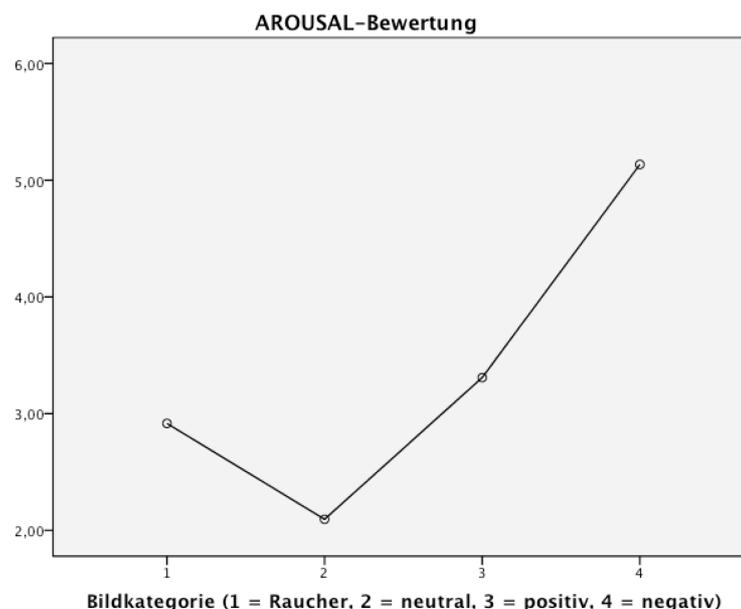
„Stimulationsbedingung“ (vorgetäuscht, links, rechts)	$F(1,65,59.35) = .66;$ $p = .49$
„Bildkategorie“ (Suchtbild, neutral, positiv, negativ)	$F(3,108) = 67.41;$ $p < .05$
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Bildkategorie“	$F(3.88,139.59) = 1.08;$ $p = .37$

**Tabelle 8: Zwischensubjekt-Faktor der Arousal-Bewertung**

„Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher)	$F(1,36) = 3.16;$ $p = .08$
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Rauchverhalten“	$F(1,65,59.35) = .16;$ $p = .81$
Wechselwirkung „Bildkategorie x Rauchverhalten“	$F(3,108) = .89;$ $p = .45$
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Bildkategorie x Rauchverhalten“	$F(3.88,139.59) = .78;$ $p = .54$

Der Haupteffekt „Stimulationsbedingung“ ( $F(1,65,59.35) = .66; p = .49$ ) zeigte kein signifikantes Ergebnis. Der Haupteffekt der „Bildkategorie“ war dagegen bei ( $F(3,108) = 67.41; p < .05$ ). Der Zwischensubjektfaktor „Rauchverhalten“ war nicht signifikant

( $F(1,36) = 3.16; p = .08$ ). Weder die WW „Stimulationsbedingung x Bildkategorie“ noch eine WW mit dem Zwischensubjektfaktor waren signifikant.



**Abbildung 9: Die Grafik zeigt den Haupteffekt der vier Bildkategorien (Suchtbild, neutral, positiv, negativ) bei der Arousal-Bewertung**

### **5.2.3. Fragebögen**

#### **Fragen zum Rauchverhalten im soziodemographischen Datenblatt**

Von den 18 Nichtrauchern gaben 17 Probanden an, nie regelmäßig geraucht zu haben. Nur eine Versuchsperson gab an, jemals regelmäßig geraucht zu haben, was länger als sechs Monate vor Testzeitpunkt her gewesen sein. Die 20 Raucher gaben an durchschnittlich 12.05 (Standardabweichung: 3.36) Zigaretten am Tag zu rauchen und im Alter von 15.80 Jahren (Standardabweichung: 2.04) das Rauchen begonnen zu haben. Von den 20 Rauchern haben zwei Probanden 5 bis 10 Versuche, 12 Probanden 1 bis 3 Versuche und 6 Probanden bisher keinen Versuch unternommen, mit dem Rauchen aufzuhören. Bei der Wahl der Strategien zum Aufhören gaben 14 Probanden, die bereits versucht hatten, mit dem Rauchen aufzuhören, als ihre Strategie an, „sofort aufhören ohne Hilfsmittel“. Die Hälfte dieser 14 Probanden gab an, dass einer oder mehrere dieser Versuche erfolgreich waren, sodass Sie für länger als ein halbes Jahr das Rauchen unterbrechen konnten. Durchschnittlich haben sie dabei für 9.63 Monate (Standardabweichung: 6.46) aufgehört und dieser Versuch war durchschnittlich 2.25 (Standardabweichung: 1.33) Jahre vor dem aktuellen Testzeitpunkt. Auf die Frage „Wie lange der letzte Versuch mit dem Rauchen aufzuhören her ist?“ gaben 4 Probanden an, der letzte Versuch ist zwischen 1 bis 6 Monaten her, 4 Probanden gaben an, der letzte Versuch ist zwischen 6 bis 12 Monaten her und 6 Probanden gaben an, der letzte Versuch ist über ein Jahr her. 8 der 20 Raucher gaben an, derzeit mit dem Rauchen aufhören zu wollen. Alle 20 Raucher gaben an, noch nie an einer Raucherentwöhnungsstudie teilgenommen zu haben, allerdings würden 14 der Probanden zukünftig, gerne an einer Studie zur Raucherentwöhnung teilnehmen.

#### **Fagerströmtest für Nikotinabhängigkeit**

Der durchschnittliche Gesamtpunktwert im Fagerströmtest lag bei 2.45 (Standardabweichung: 1.36). Von den 20 Rauchern haben 11 Probanden einen Gesamtpunktwert im Bereich von 0 bis 2 Punkten. Dieser Wert wird als geringe Nikotinabhängigkeit eingestuft. Die restlichen 9 Probanden hatten einen Gesamtpunktwert im Bereich von 3 bis 5 Punkten. Dieser Wert ist einer mittleren Nikotinabhängigkeit zuzuordnen. In der Abbildung 10 ist die Verteilung der Häufigkeiten der Gesamtpunkte der 20 Raucher im Fagerströmtest ersichtlich.

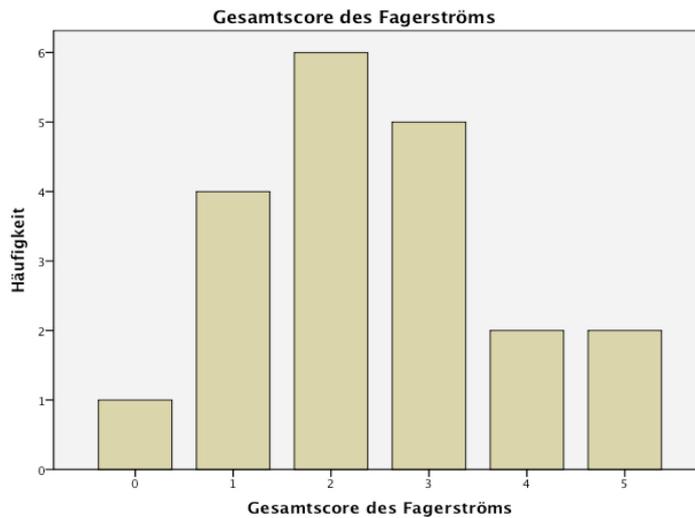


Abbildung 10: Das Balkendiagramm zeigt die Gesamtpunktwerte der 20 Raucher im Fagerströmtest für Nikotinabhängigkeit

### Daten des PANAS-Inventar

Die „Positive and negative Affective Schedule“ kurz PANAS (Watson et al., 1988) diente zur Erfassung von möglichen emotionalen Einflüssen im Verlauf der Studie. Die Daten des PANAS-Inventars wurden mit einer 3 x 2 x 2 Varianzanalyse mit Messwiederholung jeweils mit der „positive affect“ (PA) und „negative affect“ (NA) errechnet. Diese Analyse wurde jeweils mit den zwei Innersubjekt-Faktoren „Stimulationsbedingung“ (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäushtes tDCS) und „Testzeitpunkt“ (vor dem Experiment, nach dem Experiment) und dem Zwischensubjekt-Faktor „Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher) errechnet.

	„positive affect“ (PA)	„negative affect“ (NA)
„Stimulationsbedingung“ (vorgetäuscht, links, rechts)	F(2,70) = 1.49, p = 0.23	F(1.6, 56.7) = 0.37, p = 0.65
„Testzeitpunkt“ (vor dem Experiment, nach dem Experiment)	F(1,35) = 15.19, <b>p &lt; .05</b>	F(1,35) = 4.32, <b>p &lt; .05</b>
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Testzeitpunkt“	F(2,70) = .42, p = .66	F(2, 70) = .33, p = .72
„Rauchverhalten“ (Raucher, Nichtraucher)	F(1,35) = 1.08, p = .31	F(1,35) = 3.13, p = .09

Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Rauchverhalten“	F(2,70)= .39, p = .68	F(1.6, 56.7) = .73, p = .48
Wechselwirkung „Testzeitpunkt x Rauchverhalten“	F(1,35)= 2.27, p = .14	F(1,35)= 1.03, p = .32
Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Testzeitpunkt x Rauchverhalten“	F(2,70) = .99, p = .37	F(1.8,36.1) = 1.74, p = .18

Tabelle 9: Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der zwei 3 x 2 x 2 ANOVAs für die "positive affect" and "negative affect" des PANAS-Inventars

Der einzige signifikante Effekt ist der Zwischensubjekt-Faktor „Testzeitpunkt“ (F(1,35)= 15.19, p < .05).

### Kurzform des Tabak-Craving-Fragebogens

Der TCQ-SF Fragebogen diente zur Erfassung von möglichen Veränderungen der verschiedenen Dimensionen des Craving/Verlangens eine Zigarette zu Rauchen im Verlauf des Experimentes. Die Auswertung der Daten des „Tobacco Craving Questionnaire-Short Form“ (Heishman et al., 2008) wurden mit mehreren 3 x 2 Varianzanalysen mit Messwiederholung errechnet. Für jede der vier Dimensionen des TCQ-SF (Emotionalität, Erwartung, Zwanghaftigkeit und Entschlossenheit) wurden diese Analysen mit den zwei Innersubjekt-Faktoren „Stimulationsbedingung“ (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäushtes tDCS) und „Testzeitpunkt“ (vor dem Experiment, nach dem Experiment) errechnet. Es gab bei allen vier Faktoren keine signifikanten Ergebnisse, wie in der folgenden Abbildung dargestellt ist:

	„Stimulationsbedingung“ (vorgetäuscht, links, rechts)	„Testzeitpunkt“ (vor dem Experiment, nach dem Experiment)	Wechselwirkung „Stimulationsbedingung x Testzeitpunkt“
Faktor 1: Emotionalität	F(2,38) = 1.44; p = .25	F(1,19) = .61; p = .44	F(2, 38) = 1.17; p = .32
Faktor 2: Erwartung	F(2,38) = .23; p = .79	F(1,19) = .38; p = .55	F(2,38) = .01; p = .98
Faktor 3: Zwanghaftigkeit	F(2, 38) = .12; p = .88	F(1,19) = .97; p = .34	F(2, 38) = 1.81; p = .18
Faktor 4: Entschlossenheit	F(2, 38) = .39; p = .67	F(1,19) = .03; p = .88	F(2, 38) = .42; p = .66

Tabelle 10: Die Tabelle zeigt die Ergebnisse der vier 3 x 2 ANOVAs für die vier Faktoren des TCQ-SF

## Fragebogen „zur Erfassung von Beeinträchtigungen nach transkranieller Gleichstromstimulation“

Anhand dieses Fragebogen zur Erfassung von Nebenwirkungen der tDCS-Stimulation (Brunoni et al., 2011a) wurden 10 mögliche Beeinträchtigungen nach transkranieller Gleichstromstimulation hinsichtlich der drei Stimulationsbedingungen (tDCS am linken DLPFC, tDCS am rechten DLPFC, vorgetäuschte Stimulation) erfasst. Es wurde eine Kreuztabelle mit den aufgetretenen Nebenwirkungen aufgeteilt in die drei Stimulationsbedingungen erstellt. Anhand von McNemar-Tests (beziehungsweise Binomialtest bei Häufigkeitsänderungen kleiner als 25) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Stimulationsbedingungen festgestellt werden.

Nebenwirkungen	vorgetäuschte tDCS vs. tDCS am linken DLPFC	vorgetäuschte tDCS vs. tDCS am rechten DLPFC
Kopfschmerzen	p = 1.00	p = 1.00
Nackenschmerzen	p = 1.00	p = 1.00
Schmerzen an der Kopfhaut	p = .06	p = .45
Kribbeln	p = 1.00	p = .48
Jucken	p = .15	p = 1.00
Brennen	p = .77	p = 1.00
Hautrötung	p = n.s.* <sup>1</sup>	p = 1.00
Schläfrigkeit	p = .39	p = .51
Konzentration auf Sorgen/ Probleme	p = .45	p = 1.00
Akute Stimmungsschwankung	p = .38	p = .38

Tabelle 11: Die Tabelle zeigt die 10 Beeinträchtigungen durch tDCS-Stimulation hinsichtlich eines Vergleichs der vorgetäuschten Stimulation mit der tDCS-Stimulation am linken/rechten DLPFC. Alle p-Werte stehen für die Berechnung der Vergleiche zwischen den Stimulationsbedingungen anhand eines McNemar-Test (beziehungsweise bei einem Vergleich einem Binomialtest). Es sind keine signifikanten Unterschiede ersichtlich.

\*<sup>1</sup> In diesem Fall waren die Daten auch für einen Binomialtest nicht geeignet. Da bei N = 2 der Binomialtest nicht signifikant wird (p = 0.5) ist davon auszugehen, dass der Unterschied ebenfalls als nicht signifikant zu werten ist (Bortz, Lienert & Boehnke, 2008).



**Teil III.**

**Diskussion**



## 6. Diskussion

### 6.1. Einleitung

Ziel dieser Diplomarbeit war es, den Effekt transkranieller Gleichstromstimulation (tDCS) auf den dorsolateralen präfrontalen Cortex (DLPFC) bei Rauchern und Nichtrauchern hinsichtlich des Craving-Verhaltens und der affektiven Bildbewertung zu untersuchen. Dazu wurden drei verschiedene Stimulationsbedingungen (anodale Stimulation des linken DLPFC, anodale Stimulation des rechten DLPFC und vorgetäuschte Stimulation) in zwei verschiedenen Versuchsgruppen (Raucher vs. Nichtraucher) angewendet. Das Craving-Verhalten und die affektive Bildbewertung wurden anhand von vier Bildkategorien (Suchtbilder, neutrale Bilder, positive Bilder und negative Bilder) bezüglich der drei Stimulationsbedingungen verglichen. Die erste Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit war folglich, ob es durch die tDCS-Stimulation des DLPFC zu einer Veränderung des Craving kommt. Wie bereits am theoretischen Hintergrund ersichtlich, wurde vermutet, dass es einen Zusammenhang in der Aktivierung des DLPFC und dem Craving-Verhalten bei Rauchern gibt (Brody et al., 2002; Due et al., 2002; McBride et al., 2006; Wilson et al., 2004). Es sollte im Sinne einer Replikation der Studie von Fregni et al. (2008a) eine ähnliche Aktivierung des DLPFC durch tDCS, wie sie bei Rauchern beim Verlangen nach Nikotin auftritt, erzeugt werden. Die Ergebnisse von Fregni et al. (2008a) zeigen, dass durch diese Erregung der Areale des DLPFC eine Hemmung des Craving-Verhaltens bei Rauchern zu erwarten war. Als Erweiterung erhielt eine Nicht-Raucher-Gruppe dieselbe tDCS-Stimulierung, um als Vergleichs-/Kontrollgruppe zu dienen. Die zweite Forschungsfrage bezog sich auf die affektive Bildbewertung. Es sollte herausgefunden werden, ob es durch tDCS-Stimulation des DLPFC zu einer Veränderung der Bewertung von emotionalen Reizen kommt. Aufbauend auf den Ergebnissen von Studien mit affektiven Bildmaterial (Boggio et al., 2009b; Peña-Gómez et al., 2011) wurde davon ausgegangen, dass durch die Aktivierung der Areale des DLPFC eine veränderte Bildbewertung auftritt. Der theoretische Hintergrund dieser Theorie weist auf eine verstärkte Top-Down-

Kontrolle von subkortikalen Belohnungs- und Emotionszentren aufgrund einer up-Regulierung der kognitiven Kontrollfunktionen und dadurch einer down-Regulierung subkortikaler Emotionsverarbeitungscentren hin. Das heißt, es sollte zu verminderten „Arousal“- und „Valenz“-Beurteilungen kommen. Zusätzlich geprüft werden sollten eventuelle Lateralisierungseffekte, da es Hinweise gibt, dass emotionale Reize je nach Valenz hemisphärenspezifisch verarbeitet werden. Im Gegensatz zu den Studien auf denen diese Thesen des „Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung“ aufbauen (Boggio et al., 2009a, 2009b; Fregni et al., 2008a, Peña-Gómez et al., 2011), sollte die Stimulierung des DLPFC mit Hilfe von kleinen EEG-Elektroden anstelle der zuvor verwendeten großen Schwammelektroden (35cm<sup>2</sup>) durchgeführt werden. Es sollte damit die Brodmann-Areale 9 und 46, das heißt der DLPFC im engeren Sinne (Nitsche et al., 2007) untersucht werden. Außerdem sollte anhand der randomisierten Präsentation des Bildmaterials von Bildern aus dem Bereich des „Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung“ untersucht werden, ob ein solches Design funktioniert und es zu einer klaren Unterscheidung der vier Stimuluskategorien (Suchtbilder, positive Bilder, negative Bilder und neutrale Bilder) und der zwei Gruppen des Rauchverhalten kommt, um zu erfahren, ob dieses Design auch für weitere Studien anwendbar ist (Datta et al. 2009; Faria et al., 2009). Hinsichtlich der drei Stimulationsbedingungen (anodale Stimulation des linken DLPFC, anodale Stimulation des rechten DLPFC und vorgetäuschte Stimulation) konnten bei beiden Forschungsfragen keine signifikanten Haupteffekte gefunden werden. Allerdings konnte ein Interaktionseffekt bei der Valenz-Bewertung hinsichtlich der negativen und positiven Bilder bei einer tDCS-Stimulation des rechten DLPFC nachgewiesen werden. Zusätzlich konnte bezüglich aller drei Bewertungsdimensionen (Craving, Valenz und Arousal) ein signifikanter Haupteffekt der Bildkategorien errechnet werden und bei der Craving-Bewertung eine signifikante Wechselwirkung zwischen dem Rauchverhalten und den Bildkategorien. Im Weiteren soll nun genauer erörtert werden, was es für Gründe für die Ergebnisse der zwei zu untersuchenden Forschungsfragen geben könnte und wie diese interpretierbar sind.

## **6. 2. Diskussion zur Wahl der ElektrodenEinstellungen**

Alle relevanten Vorstudien (Boggio et al., 2009a, 2009b; Fregni et al., 2008a, Peña-Gómez et al., 2011) zur Thematik der Effekte der tDCS-Stimulation auf den DLPFC hinsichtlich „Nikotin-Craving und affektiver Bildbewertung“ haben eine andere

Konstellation der Parameter der Elektrodeneinstellung, wie in dieser Studie, gewählt. Als relevante Parameter gelten hier vor allem die Elektrodengröße der Stimulations- und Referenzelektrode, das Areal der Applikation der Stimulationselektrode, die Stromdichte der Stimulations- und Referenzelektrode und die Dauer der Stimulation. Die für diese Studie relevanten Vorstudien aus dem Bereich des Nikotin-Craving von Fregni et al. (2008a) und Boggio et al. (2009a) wurden mit jeweils einer anodischen 35 cm<sup>2</sup> Elektrode am DLPFC (F3 und F4) und einer kontralateralen kathodischen Elektrode (F4 und F3) mit einer Stromstärke von 2 mA und somit einer Stromdichte von 0,057 mA/cm<sup>2</sup> an der anodischen Elektrode über 20 Minuten Stimulationszeit durchgeführt. Aufgrund der hohen Stromstärke gab es nicht nur eine Aktivierung durch die anodale Schwammelektrode, sondern auch eine Hemmung der kontralateralen Areale durch die aktive Referenz-Schwammelektrode. Eine für die affektive Bildbewertung relevante Vorstudie ist eine Schmerzstudie von Boggio et al. (2009b) in welcher mit 35 cm<sup>2</sup> Elektroden am DLPFC (F3) mit einer Stromstärke von 2 mA und somit einer Stromdichte von ebenfalls 0,057 mA/cm<sup>2</sup> über 5 Minuten Stimulationszeit appliziert wurde. Die zweite relevante Studie von Peña-Gómez et al. (2011) aus dem Bereich der Emotionen wurde mit einer 35 cm<sup>2</sup> Elektrode am DLPFC (F3) mit einer Stromstärke von 1 mA und somit einer Stromdichte von 0,029 mA/cm<sup>2</sup> über 20 Minuten durchgeführt. Auch diese zwei Studien aus dem Bereich der affektiven Bildbewertung (Boggio et al., 2009b; Peña-Gómez et al., 2011) hatten „aktive“ kathodische Schwammelektroden. Das heißt es sind auch Effekte auf der kontralateralen Seite zu erwarten. Zusammenfassend ist aus diesen Studien ersichtlich, dass alle Studien die Effekte auf den DLPFC durch anodale tDCS-Stimulation nachweisen konnten große 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden verwendeten. Im Gegensatz dazu wurden in dieser Studie drei anodale EEG-Elektroden (Durchmesser: 1 cm) und kathodal eine Schwammelektrode von 35 cm<sup>2</sup>, welche inaktiv war, positioniert. Die aktive tDCS-Stimulierung wurde mit einer Stromstärke von 0,45 mA periodisch (30 Sek fade in, 30 Sek Stimulation, 30 Sek fade out) und einer Stromdichte von 0,191 mA/cm<sup>2</sup> an der anodalen Stimulationselektrode über 20 Minuten durchgeführt. Aufgrund von einer Studie von Nitsche et al. (2007) ist davon auszugehen, dass die Referenzelektrode bei der Stimulation bei einer Stromstärke von 0,45 mA und einer Größe von 35 cm<sup>2</sup> inaktiv gewesen ist. Bei der Stimulation des linken DLPFC wurden die Positionen „F3, F1 und AF3“ und bei der Stimulation des rechten DLPFC die Positionen „F4, F2 und AF4“ (EEG 10/20 System) gewählt. Die kleinen EEG-Elektroden wurden im Vergleich zu den relevanten Vorstudien

(Boggio et al., 2009a, 2009b; Fregni et al., 2008a, Peña-Gómez et al., 2011) aufgrund ihrer höheren Fokalität/Exaktheit hinsichtlich der Erregung des applizierten Areale (Brodmann Areale 9 und 46) am DLPFC gewählt (Datta et al., 2009; Faria et al., 2009; Nitsche et al., 2007) und auch weil bereits in anderen Studien ihre Effektivität hinsichtlich der Erregung von Arealen durch tDCS gezeigt werden konnte (Marshall et al., 2004, 2005). So konnte in der Studie von Nitsche et al. (2007) gezeigt werden, dass durch die Wahl einer kleineren Elektrodengröße von 3,5 cm<sup>2</sup> im Vergleich zu den meistens verwendeten großen Schwammelektroden von 35 cm<sup>2</sup> es zu einer fokussierten tDCS- Applikation gekommen ist. In dieser Studie wurde anhand rTMS aufgezeigt, dass es Unterschiede zwischen den großen Schwammelektroden und den kleinen 3,5 cm<sup>2</sup> Elektroden bezüglich einer tDCS-Applikation gab. Mit beiden Elektrodengrößen wurde der „abductor digiti minimi“-Muskel (ADM) in seine Aktivität gesteigert. Allerdings wurde mit den großen 35 cm<sup>2</sup> Elektroden noch zusätzlich der „first dorsal interosseus“-Muskel (FDI) durch die tDCS-Stimulation in seiner Erregbarkeit verändert. Dieser Effekt war allerdings nicht bei den kleinen 3,5 cm<sup>2</sup> Elektroden ersichtlich. Damit wurde durch die Ergebnisse der Studie von Nitsche et al. (2007) aufgezeigt, dass kleinere Elektroden zu einer Fokussierung auf spezifische Areale besser geeignet sind und damit nicht eine diffuse weitverbreitete Aktivierung des Cortex zu erwarten ist. In der Stimulationsstudie von Datta et al. (2009) wurden die tDCS-Stimulation von vier kleinen EEG-Elektroden mit einer großen 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektrode hinsichtlich der Exaktheit/Fokalität der applizierten Areale verglichen. Die Ergebnisse weisen daraufhin, dass die Schwammelektroden eine weitausgebreitete, diffuse und somit nicht fokale exakte Regulierung im Cortex erzielen. Somit wird eine große Fläche über den gesamten Cortex von den Schwammelektroden beeinflusst. Im Gegensatz dazu zeigen die Ergebnisse der vier EEG-Elektroden eine hohe Fokalität und damit fokussierte Erregung der Areale, die mit der tDCS-Applikation erreicht werden sollten (Datta et al., 2009). Das heißt, mit den kleinen EEG-Elektroden lag die höchste Erregung nur exakt unter dem Applikationsort, bei den großen Schwammelektroden dagegen gab es mehrere Maxima der Erregung, welche diffus über den Cortex verteilt waren. Zu einem ähnlichen Ergebnis führen die Daten der Stimulationsstudie von Faria et al. (2009), welche ebenfalls eine Verbesserung der Exaktheit/Fokalität der tDCS-Stimulation durch kleine EEG-Elektroden nachweisen konnten. Diese Studien zur Exaktheit/Fokalität verschiedener Elektrodengrößen waren der Grund dafür, dass im Gegenzug zu den relevanten Vorstudien (Boggio et al., 2009a, 2009b; Fregni et al.,

2008a, Peña-Gómez et al., 2011) in diesem Versuchsdesign kleine EEG-Elektroden (Durchmesser: 1 cm) verwendet wurden. Ein weiterer Grund der hier gewählten Elektrodeneinstellungen ist die inaktive Referenzelektrode, die durch die niedrigen Stromstärken möglich ist und im Gegensatz zu den aktiven Referenzelektroden der relevanten Vorstudien steht. In dem hier untersuchten Elektrodeneinstellung sind folglich keine Effekte der Referenzelektrode zu erwarten. Ein weiterer Vorteil der EEG-Elektroden stellen die relativ hohen Stromdichten im Vergleich zu den Studien mit den 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektrode dar. Die Applikation des DLPFC anhand von drei kleinen EEG-Elektroden stellt eine neue interessante Methode dar, um die Effekte spezifischer mit dem DLPFC im engeren Sinne (nur Brodmann-Areale 9 und 46) in Verbindung zu bringen und mögliche andere erregte Areale auszuschließen. Damit sind die Ergebnisse dieser Studie über die tDCS-Stimulation auf den DLPFC bei Nikotin-Craving und affektiver Bildbewertung besser hinsichtlich der Fokussierung auf die Brodmann-Areale 9 und 46, also dem DLPFC im engeren Sinne, interpretierbar als bei den Vorstudien mit großen Schwammelektroden. Da es allerdings Abweichungen zu den Ergebnissen der Vorstudien gab, sind die Ergebnisse dieser Studie im Vergleich zu den relevanten Vorstudien zu betrachten (Boggio et al., 2009a, 2009b; Fregni et al., 2008a, Peña-Gómez et al., 2011). Hinsichtlich der tDCS-Stimulation wurde im Gegensatz zu den Vorstudien keinen signifikanten Haupteffekt bei Nikotin-Craving gefunden (Fregni et al., 2008a). Bezüglich der affektiven Bildbewertung wurde im Vergleich zu den Vorstudien ein Interaktionseffekt zwischen tDCS-Stimulation nicht beim linken sondern beim rechten DLPFC und den positiven und negativen Bildern aufgezeigt (Boggio et al., 2009b; Peña-Gómez et al., 2011). Eine mögliche Theorie der teilweise abweichenden Ergebnisse der hier durchgeführten Studie könnte also sein, dass durch die EEG-Elektroden nur der DLPFC im engeren Sinne, bei den Vorstudien aber andere weitere Areale des DLPFC, wie die Brodmann-Areale 6, 8, 44 und 45 miterregt wurden. Folglich könnten durch die großen 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden im Bezug auf die Studien von Datta et al. (2009) und Nitsche et. al, (2007) andere Areale des DLPFC wie in dem hier gewählten Elektrodeneinstellungen erregt worden sein, die zu den teilweise abweichenden Ergebnissen dieser Vorstudien führten. Der Vergleich unserer Studie mit der relevanten Vorstudien (Boggio et al., 2009a, 2009b; Fregni et al., 2008a, Peña-Gómez et al., 2011) sollte genauer hinsichtlich der applizierten Brodmann-Areale betrachtet werden. In der Abbildung 11 sind die verschiedenen Brodmann-Areale und der Applikationsort der „F3“ Elektrode im Bezug auf das EEG

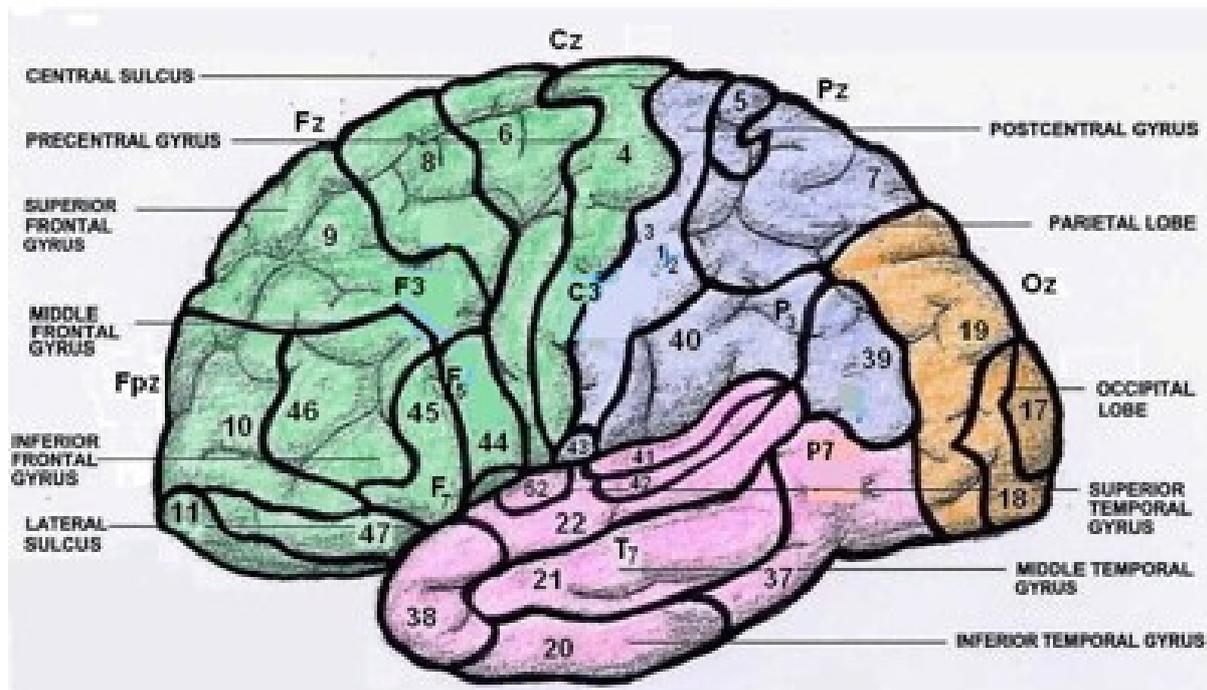


Abbildung 11: Die Abbildung stellt die tDCS-Applikationsorte der alten Studien (ungefähre Lage der 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden über F3, F5 und Randbereich F7,C3) im Vergleich zu den 3 EEG-Elektroden (F1,F3 & AF3) hinsichtlich ihrer Lage auf den Brodmann-Arealen dar. Es ist ersichtlich das die EEG-Elektroden auf dem DLPFC im engeren Sinne (Brodmann-Areale 9 und 46) und die Schwammelektrode auf weitere Areale (Brodmann-Areale 9,46, 6,8,44,45) platziert waren (Thompson, Thompson & Wenqing)

10/20-Elektrodensystem (Jasper, 1985) ersichtlich. Die zwei weiteren Applikationsorte der drei EEG-Elektroden „F1 und AF3“ liegen etwas höher im Brodmann-Areal 9 (kontralateral: „F4, F2 und AF4“). Es wurden also bei dieser Studie primär der DLPFC im engeren Sinne und damit die Brodmann-Areale 9 und 10 (Nitsche et al., 2007) aktiviert. Im Vergleich dazu ist anhand der Abbildung 11 ersichtlich, dass bei den großen 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden vermutlich durch die Applikationsorte über „ F3, F5“ und „ F7, C3“ im Randbereich zur Erregung weiterer Areale, wie die Brodmann-Areale 6, 8 und 44, 45 gekommen ist. Es kam also zu einer tDCS-Stimulation eines größeren Areals der Brodmann-Areale 6, 8, 44, 45 zusätzlich zu den hier applizierten Brodmann-Arealen 9 und 46. In der weiteren Diskussion sollen die Ergebnisse hinsichtlich dieser Unterschiede bezüglich der Applikationsareale genauer interpretiert werden. Allerdings sollten auch andere Gründe der teilweise abweichenden Ergebnisse zu den Vorstudien bedacht werden. Relevant ist diesbezüglich auch die inaktive Referenzelektrode im Vergleich zu den aktiven Referenzelektroden bei den Vorstudien. Dadurch ist von unterschiedlichen Veränderungen durch die tDCS-Stimulation auszugehen. Zusätzlich könnte die Wahl der periodischen Stimulation (30 Sek fade in, 30 Sekunden Stimulation, 30 Sek fade

out) für die teilweise abweichenden Ergebnisse im Vergleich zu den relevanten Vorstudien verantwortlich sein.

### **6.3. Diskussion zum Nikotin-Craving**

Aufbauend auf den Überlegungen zur unterschiedlichen Elektrodenapplikation bei dieser Studie im Vergleich zur Studie von Fregni et al. (2008a), in welcher ein Zusammenhang von tDCS-Stimulation und einem verminderten Craving nachgewiesen werden konnte, sollten die Areale des DLPFC hinsichtlich ihrer Erregung bei Nikotin-Craving näher betrachtet werden. Die Überlegung liegt nahe, dass in dieser Vorstudie mit 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden zusätzliche Areale (Brodmann-Areale 6, 8, 44, 45) wie die hier applizierten Areale des DLPFC im engeren Sinne (Brodmann-Areale 9 und 46) für die Verringerung des Craving durch tDCS verantwortlich waren. Das Netzwerk im Gehirn, welches auf Craving-Schlüsselreize reagiert, besteht laut einer Studie von Wilson et al. (2004) aus folgenden Gehirnbereichen: Der Amygdala, dem anterioren cingulären Cortex (ACC), dem orbitofrontalen Cortex (OFC) und dem dorsolateralen präfrontalen Cortex (DLPFC). Eventuell ist also durch die weitausgebreitete diffuse Erregung der 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden bei Fregni et al. (2008a) eines der anderen Cortexareale (Brodmann-Areale: 6, 8, 44, 45) oder die wechselseitige Aktivierung und Hemmung durch die aktive kontralateral angebrachte Kathode für die Veränderung des Nikotin-Craving durch tDCS verantwortlich. Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie weisen daraufhin, dass der DLPFC im engeren Sinne (Brodmann-Areale: 9 und 46) eventuell nicht hauptsächlich verantwortlich für das Nikotin-Craving bei Rauchern ist, sondern die Effekte der Hemmung des Nikotin-Cravings bei tDCS-Stimulation der Vorstudien auf die Brodmann-Areale 6, 8, 44, 45 und nur teilweise auf die Brodmann-Areale 9 und 10 übertragbar sind. Allerdings würde die Interpretation das andere Areale betroffen sind teilweise im Widerspruch zu den Ergebnissen einer rTMS-Studie von Rose et al. (2011) stehen, die explizit eine Reduzierung des Craving durch rTMS am DLPFC im engeren Sinne (Brodmann-Areale 9 und 46) nachgewiesen haben. Wobei bei diesen Ergebnissen zu bedenken ist, dass die rTMS-Stimulation eine andere Methodik ist wie die tDCS-Stimulation und diese Unterschiede von daher eventuell nur auf die unterschiedlich induzierten neuronalen Mechanismen zurückzuführen sind.

Ein anderer möglicher Grund, warum es in dieser Studie eventuell zu keinen

signifikanten Ergebnissen gekommen ist, sind die Theorien zur notwendigen Erwartung auf den Drogenkonsum (Carter & Tiffany, 2001; Droungas et al., 1995; Juliano & Brandon, 1998). So ist nachgewiesen, dass es zu höheren Craving-Werten kommt, wenn im Zuge eines Experiments angekündigt wurde, Nikotin während des Experiments wirklich konsumieren zu dürfen. In dem hier durchgeführten Projekt wurde den Probanden allerdings nicht gesagt oder angekündigt, dass sie rauchen dürfen, sondern ganz im Gegenteil konnten sie während der gesamten Dauer des Experiments kein Nikotin konsumieren. Möglicherweise deuten die nicht signifikanten Ergebnisse also daraufhin, dass mehr Wert auf den Faktor „Erwartung des Nikotinkonsums“ gelegt werden hätte sollen. Wobei zu bedenken ist, dass bei der Studie von Fregni et al. (2008a) ebenfalls kein Wert auf die „Erwartung des Nikotinkonsums“ gelegt wurde und es trotzdem zu signifikanten Ergebnissen gekommen ist. Es wäre von daher für folgende Studien interessant, einem Teil der Probanden die Erwartung auf einen Tabakkonsum zu gewährleisten und zu schauen, ob sich dadurch die Aktivität im DLPFC verändert.

Im Vergleich zur Studie von Fregni et al. (2008a) könnten weitere Gründe für die hier ausbleibenden signifikanten Ergebnisse die Unterschiede im Rauchverhalten der Rauchergruppe sein. So rauchten die Raucher von Fregni et al. 18.5 Zigaretten am Tag und hatten einen mittleren Gesamtpunktwert im Fagerströmtest von 4.96, was auf ein mittleres Nikotinabhängigkeitslevel der Studienteilnehmer der Studie von Fregni et al. (2008a) hinweist. Im Vergleich dazu hatten die 20 Raucher dieser hier vorgestellten Studie einen Gesamtpunktwert im Fagerströmtest von 2.45 und rauchten 12.0 Zigaretten am Tag. Von daher liegt die Nikotinabhängigkeit der Probanden und der tägliche Zigarettenkonsum in dieser Stichprobe deutlich niedriger als bei Fregni et al. (2008a). Folglich könnte ein Grund der unterschiedlichen Ergebnisse das geringere Abhängigkeitslevel der Raucher-Gruppe dieser Studie sein.

Ein weiterer Unterschied im Vergleich zur Studie von Fregni et al. (2008a) stellt der Zeitraum der Abstinenz vor dem Experiment dar. So wurden bei Fregni et al. (2008a) die Raucher nur bis 1.5 Stunden vor Studienbeginn gebeten, den Zigarettenkonsum einzustellen. In dem hier durchgeführten Projekt wurden die Probanden allerdings für einen Zeitraum von 6 Stunden angewiesen, keine Zigaretten zu konsumieren, und es wurde angekündigt, diese Abstinenz stichprobenartig durch einen potentiellen Urintest anhand zu kontrollieren. Somit könnten die unterschiedlichen Ergebnisse

auch auf verschiedene Level der Abstinenz der Probanden dieser, im Vergleich zu Fregni et al. (2008a) Studie, zurückführbar sein. Allerdings ist fragwürdig, wie weit sich die Probanden an die 6 Stunden ohne Nikotinkonsum wirklich gehalten haben, da bei keinem der Probanden der Urin-test wirklich durchgeführt wurde, ist durchwegs denkbar, dass die Probanden sich ab dem zweiten Testzeitraum nicht mehr an die 6 Stunden Abstinenz korrekt gehalten haben.

### **6.3. Diskussion zur affektiven Bildbewertung**

Hinsichtlich der affektiven Bildbewertung konnte ein Interaktionseffekt zwischen dem rechten DLPFC und der Valenz-Bewertung der positiven und negativen Bilder gefunden werden. Es konnte kein ähnlicher Zusammenhang hinsichtlich des linken DLPFC bei Valenz und überhaupt kein signifikanter Effekt hinsichtlich der Arousal-Bewertung bezüglich der Stimulationsbedingungen gezeigt werden. Aufbauend auf den Überlegungen zur unterschiedlichen Elektrodenapplikation (Datta et al., 2009; Faria et al., 2008) bei den Studien von Boggio et al. (2009b) und Peña-Gómez et al. (2011), in welcher ebenfalls ein Zusammenhang von tDCS-Stimulation und der affektiven Bildbewertung nachgewiesen werden konnte, sollten die Areale des DLPFC hinsichtlich ihrer Erregung bei Emotionen näher betrachtet werden. Die Überlegung liegt nahe, dass in diesen Vorstudien mit 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden größere Areale durch tDCS stimuliert worden sind. Verschiedene Review-Artikel (Davidson & Irwin, 1999; Davidson et al., 2000b; Bush et al., 2000) weisen daraufhin, dass das Netzwerk der Emotionen aus vielen verschiedenen Regionen besteht: mehrere Regionen des präfrontalen Cortex (PFC), der Amygdala, dem Hippocampus, dem Hypothalamus, dem anterioren Cingulären Cortex (ACC), der Insula Cortex, dem ventralen Striatum und andere verbundene Strukturen. Aufgrund der weitausgebreiteten diffusen Erregung der 35 cm<sup>2</sup> Schwammelektroden bei den Studien von Boggio et al. (2009b) und Peña-Gómez et al. (2011) könnte es also sein, dass zusätzlich zu den hier fokussiert applizierten Areal des DLPFC im engeren Sinne (Brodmann-Areale: 9 und 46) eines der vielen anderen Areale, welches bei den Emotionen eine Rolle spielt, in seiner Erregbarkeit verändert worden ist und dieses mit für die teilweise abweichenden Ergebnisse verantwortlich ist. Der signifikante Interaktionseffekte dieser Studie weist auf eine Beteiligung des DLPFC im engeren Sinne (Brodmann-Areale 9 und 10) in der Emotionsregulation hin. Allerdings sollte beachtet werden, dass diese Ergebnisse nur bei der Valenz-Bewertung auf dem rechten DLPFC nachzuweisen waren und nicht wie in den

Vorstudien auf der Seite des linken DLPFC (Boggio et al., 2009b; Peña-Gómez et al., 2011).

Die Ergebnisse der Studien von Boggio et al. (2009b) und Peña-Gómez et al. (2011) zeigen teilweise ähnliche Ergebnisse wie die hier durchgeführte Studie auf. So kam es in der hier durchgeführten Studie durch eine tDCS-Stimulation des rechten DLPFC zu einer weniger unangenehmen Bewertung der negativen Bilder und einer Herabsetzung der Bewertung der positiven Bilder hinsichtlich ihrer Valenz. Diese Ergebnisse weisen auf eine Top-Down-Regulierung der Emotionen hin. Das heißt, dass es durch die Aktivierung des rechten DLPFC durch die tDCS-Stimulation zu einer Up-Regulierung der kognitiven Kontrollfunktionen und dadurch zu einer Down-Regulierung subkortikaler Emotionsverarbeitungscentren gekommen sein könnte (Heatheron & Wagner, 2010). Das heißt die tDCS-Stimulation des rechten DLPFC bewirkte, dass die Probanden weniger emotional bewerteten und somit die negativen Bilder als nicht mehr so negativ und die positiven Bilder als nicht mehr so positiv einschätzten. Allerdings ist es in dieser hier durchgeführten Studie im Vergleich zu den relevanten Vorstudien von Boggio et al. (2009b) und Peña-Gómez et al. (2011) zu diesen Effekten am rechten DLPFC und nicht wie zuvor am linken DLPFC gekommen. Im Gegensatz zu den Vorstudien wurden bei dem hier vorgestellten Projekt keine signifikanten Effekte in der Veränderung der Valenz durch tDCS am linken DLPFC nachgewiesen. Bezüglich dem rechten DLPFC ist zu erwähnen, dass bei den genannten Vorstudien der rechte DLPFC nicht stimuliert wurde und von daher auf diese Seite des Cortex bezogen kein Vergleich zwischen diesen und den Vorstudien möglich ist.

Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass der DLPFC für die Emotionsregulation mitverantwortlich ist. Dafür sprechen auch Ergebnisse aus verschiedenen fMRI-Studien (Blair et al., 2007; Mak, Hu, Zhang, Xiao & Lee, 2009). Bezogen auf die Vorstudien ist aber gleichzeitig zu sagen, dass vermutlich weitere Brodmann-Areale (6, 8, 44, 45) ebenfalls eine relevante Rolle bei der Emotionsregulation spielen.

Als weitere mögliche Erklärung für die teilweise unterschiedlichen Ergebnisse in der Studie von Boggio et al. (2009b) und dem hier durchgeführten Projekt sollte die Wahl des Stimulusmaterials näher aufgeführt werden. So wurden in der Studie von Boggio et al. (2009b) spezifisch Bilder aus dem Bereich der Schmerzwahrnehmung gewählt,

wohingegen bei dem hier erläuterten Projekt für das negative Stimulusmaterial Bilder aus dem Bereich der Emotion „Angst“ und bei den positiven Stimulusmaterial Bilder aus dem Bereich der „Freude“ verwendet wurden. Es könnte also sein, dass der linke DLPFC nur auf aversive Schutzmechanismen im Bereich der Schmerz Wahrnehmung reagiert und die Emotionen „Angst“ und „Freude“ mehr im rechten DLPFC des Netzwerks der Emotionen repräsentiert werden.

Hinsichtlich der Studie von Peña-Gómez et al. (2011) ist zu erwähnen, dass hier nur weibliche Probanden teilgenommen haben, da es Nachweise gibt, dass Frauen stärkere physiologische Reaktionen auf emotionales Bildmaterial, wie Männer, haben (Lang, Greenwald, Bradely & Hamm, 1993). In der hier durchgeführten Studie bestand die Stichprobe allerdings aus 27 Frauen und 11 Männern. Eventuell hatte diese gemischte Stichprobe auch einen Einfluss auf die hier teilweise abweichenden Ergebnisse.

Hinsichtlich der „Valenz“-Hypothese, das heißt, einer Lateralisierung der Emotionen im Sinne einer Spezialisierung der rechten Hemisphäre auf die negativen Emotionen und eine Spezialisierung der linken Hemisphäre auf die positiven Emotionen sind die Ergebnisse teilweise widersprüchlich. Da es laut der Valenz-Hypothese im rechten DLPFC nur zu einer Veränderung der negativen Emotionen kommen sollte, aber die Ergebnisse auch eine Beeinflussung der positiven Bilder hinweisen. Zusätzlich stehen die nicht signifikanten Ergebnisse der Stimulation des linken DLPFC im Gegensatz zu der Valenz-Hypothese, da hier im Vergleich eine Veränderung der positiven Emotionen auftreten sollte. Allerdings ist zu erwähnen, dass der theoretische Hintergrund dieser Theorie sehr viel anhand von Gesichtswahrnehmung durchgeführt wurde (Burton & Levy, 1989; Reuter-Lorenz & Davidson, 1981). Da in dieser Studie gezielt keine Bilder mit Menschen gewählt wurden, könnte es also sein, dass die Effekte auch deswegen nicht zu erkennen waren, weil die „Valenz“-Hypothese eher mit der Wahrnehmung von Gesichtern anstelle dem hier verwendeten Stimulusmaterial in Bezug zu setzen ist. Außerdem ist zu erwähnen, dass eventuell eines der anderen erwähnten Modelle von Demaree et al. (2011), wie das „approach-withdrawal“- Modell oder das Modell der Verhaltensaktivierung und Verhaltenshemmung einen Einfluss haben könnten.

## 6.5. Diskussion Anwendung des Designs

Die signifikanten Ergebnisse bei Craving, Valenz und Arousal hinsichtlich des Haupteffekts der Bildkategorie zeigen, dass die randomisierte Präsentation des Bildmaterials aus den zwei verschiedenen Bereichen des „Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung“ durchwegs funktioniert hat und es zu einer klaren Unterscheidung der 60 Bilder in die vier Stimuluskategorien (Suchtbilder, positive Bilder, negative Bilder und neutrale Bilder) gekommen ist. Zusätzlich zeigt die signifikante Wechselwirkung zwischen Bildkategorie und Rauchverhalten bei den Suchtbildern, dass die Suchtbilder als Stimulusmaterial zum Nikotin-Craving bei Rauchern geeignet waren und es somit zu einer deutlichen Unterscheidung der zwei Gruppen des Rauchverhaltens gekommen ist. Das ist vor allem deswegen interessant, weil es durch die gemischte Reihenfolge zu kumulativen Effekten kommen könnte, wie beispielsweise, dass die Suchtbilder auch auf ein danach folgendes Bild aus dem Bereich der Emotionen Craving auslösen. Durch den signifikanten Haupteffekt der Bildkategorie konnte aber gezeigt werden, dass eine solche gemischte Reihenfolge für weitere Forschungsdesigns gut verwendbar ist.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass mit demselben Forschungsdesign eventuell noch eine tDCS-Stimulation unterschiedlicher Areale des DLPFC (Brodmann-Areale: 6, 8, 44, 45, 46) mit unterschiedlichen Elektrodenrößen und Stromdichten zu testen wären, um herauszufinden, ob die teilweise abweichenden Ergebnisse mit der Wahl der Elektrodenröße oder der Applikationsorte zusammenhängen. Es ist also wichtig, weiter an der Thematik der tDCS-Stimulation am DLPFC zur Veränderung des Nikotin-Craving und der affektiven Bildbewertung zu forschen.

## Literaturverzeichnis

Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D. & Damasio, A. R. (1996). Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions. *The Journal of Neuroscience*, 16, 7678-7687.

American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.). Washington, DC: Author.

Amstadter, A. (2008). Emotion regulation and anxiety disorders. *Journal of Anxiety Disorders*, 22, 211-221.

Amting, J. M., Greening, S. G. & Mitchell, D. G. (2010). Multiple mechanism of consciousness: the neural correlates of emotional awareness. *Journal of Neuroscience*, 30, 10039-47.

Andreasen, N. C. (1997). Linking mind and brain in the study of mental illnesses: a project for a scientific psychopathology. *Science*, 275, 1586-1593.

Antal, A., Lang, N., Boros, K., Nitsche, M., Siebner, H. R., Paulus, W. (2008) Homeostatic metaplasticity of the motor cortex is altered during headache-free intervals in migraine with aura. *Cerebral Cortex*, 18, 2701-2705.

Anton, R. F. (1999). What is Craving? Models and implications for treatment. *Alcohol Research & Health*, 23, 165-173.

Baker, T. B., Brandon, T. H. & Chassin, L. (2004). Motivational influences on cigarette smoking. *Annual Review Psychology*, 55, 463-191.

Baumeister, R. F. & Heatherton, T. F. (1996). Self-regulation failure: an overview. *Psychological Inquiry*, 7, 1-15.

Bench, C. J., Friston, K. J., Brown, R. G., Scott, L. C., Frackowiak, R. S. & Dolan, R. J. (1992). The anatomy of melancholia-focal abnormalities of cerebral blood flow in major depression. *Psychological Medicine*, 22, 607-615.

Blair, K. S., Smith, B. W., Mitchell, D. G., Morton, J., Vythilingam, M., Pessoa, L., Fridberg, D., Zametkin, A., Nelson, E. E., Drevets, W. C., Pine, D. S., Martin, A. & Blair, R. J. (2007). Modulation of emotion by cognition and cognition by emotion. *Neuroimage*, 35, 430-440.

Boggio, P. S., Ferrucci, R., Rigonatti, S. P., Covre, P., Nitsche, M., Pascual-Leone, A. & Fregni, F. (2006). Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Sciences*, 249, 31-38.

Boggio, P. S., Bermanpohl, F., Vergara, A. O., Muniz, A. L., Nahas, F. H., Leme, P. B., Rigonatti, S. P. & Fregni, F. (2007). Go-no-go task performance improvement after anodal transcranial DC stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex in major depression. *Journal affect disorder*, 101, 91-98.

- Boggio, P. S., Rigonatti, S. P., Ribeiro, R. B., Myckowski, M. L., Nitsche, M. A., Pascual-Leone, A. & Fregni, F. (2008a). A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 11, 249-254.
- Boggio, P. S., Sultani, N., Fecteau, S., Merabet, L., Mecca, T., Pascual-Leone, A., Basaglia, A. & Fregni, F. (2008b). Prefrontal cortex modulation using transcranial DC stimulation reduces alcohol craving: A double-blind, sham-controlled study. *Drug and Alcohol Dependence*, 92, 55-60.
- Boggio, P. S., Liguori, P., Sultani, N., Rezende, L., Fecteau, S. & Fregni, F. (2009a). Cumulative priming effects of cortical stimulation on smoking cue-induced craving. *Neuroscience Letters*, 463, 82-86.
- Boggio, P. S., Zaghi, S. & Fregni, F. (2009b). Modulation of emotions associated with images of human pain using anodal transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuropsychologia*, 47, 212-217.
- Boggio, P. S., Zaghi, S., Villani, A. B., Fecteau, S., Pascual-Leone, A. & Fregni, F. (2010). Modulation of risk-taking in marijuana users by transcranial direct current stimulation (tDCS) of the dorsolateral prefrontal Cortex (DLPFC). *Drug Alcohol Dependence*, 112, 220-225.
- Bonson, K. R., Grant, S. J., Contoreggi, C. S., Links, J. M., Metcalfe, J., Weyl, H. L., Kurian, V., Ernst, M. & London, E. D. (2002). Neural systems and cue-induced cocaine craving. *Neuropsychopharmacology*, 26, 376-386.
- Borod, J. C., Cicero, B. A., Obler, L. K., Welkowitz, J., Erhan, H. M., Santschi, C., Grunwald, I. S., Agosti, R. M. & Whalen, J. R. (1998). Right hemisphere emotional perception: Evidence across multiple channels. *Neuropsychology*, 12, 446-458.
- Bortz, J., Lienert, G. A., Boenke, K. (2008). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. (3rd ed.). Heidelberg: Springer.
- Breslau, N., Johnson, E. O., Hiripi, E. & Kessler, R. (2001). Nicotine dependence in the United States. *Archives of General Psychiatry*, 58, 810-816.
- Brody, A. L., Mandelkern, M. A., London, E. D., Childress, A., Lee, G. S., Bota, R. G., Ho, M. L., Saxena, S., Baxter, L. R., Madsen, D. & Jarvik, M. E. (2002). Brain metabolic changes during cigarette craving. *Archives of General Psychiatry*, 59, 1162-1172.
- Brunoni, A. R., Amadera, J., Berbel, B., Volz, M. S., Rizzerio, B. G. & Fregni, F. (2011a). A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14, 1133-1145.
- Brunoni, A. R., Ferrucci, R., Bortolomasi, M., Vergari, M., Tadini, L., Boggio, P. S., Giacomuzzi, M., Barbieri, S. & Priori, A. (2011b). Transcranial direct current stimulation (tDCS) in unipolar vs. bipolar depressive disorder. *Progress in Neuro-Psychopharmacology*, 35, 96-101.

- Burton, L. A. & Levy, J. (1989). Sex differences in the lateralized processing. *Brain and Cognition*, 11, 210-228.
- Bush, G., Luu, P. & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influence in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 4, 215-222.
- Camprodon, J. A., Martinez-Raga, J., Alonso-Alonso, M., Shih, M. C., & Pascual-Leone, A., (2007). One session of high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) to the right prefrontal cortex transiently reduces cocaine craving. *Drug and Alcohol Dependence*, 86, 91-94.
- Canli, T., Desmond, J. E., Zhao, Z., Glover, G. & Gabrieli, J. D. (1998). Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. *NeuroReport*, 9, 3233-3239.
- Carter, B. L. & Tiffany, S. T. (2001). The cue-availability paradigm: the effects of cigarette availability on cue reactivity in smokers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 9, 183-190.
- Catley, D., Connell, K. A. & Shiffman, S. (2000). Absentminded lapses during smoking cessation. *Psychology of Addictive Behaviors*, 14, 73-76.
- Childress, A. R., Mozley, P. D., McElgin, W., Fitzgerald, J. M., Reivich, M. & O'Brien, C. P. (1999). Limbic activation during cue-induced cocaine craving. *American Journal of Psychiatry*, 156, 11-
- Daglish, M. R., Weinstein, A., Malizia, A. L., Wilson, S., Melichar, J. K., Britten, S., Brewer, C., Lingford-Hughes, A., Myles, J. S., Grasby, P. & Nutt, D. J. (2001). Changes in regional cerebral blood flow elicited by craving memories in abstinent opiate-dependent subjects. *Am J Psychiatry*, 158, 1680-1686.
- Datta, A., Bansal, V., Diaz, J., Patel, J., Reato, D. & Bikson, M. (2009). Gyri-precise head model of transcranial direct current stimulation: Improved spatial focality using a ring electrode versus conventional rectangular pad. *Brain Stimulation*, 2, 201-207.
- Davidson, R. J. & Irwin W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 11-21.
- Davidson, R. J. & Henriques, J. B. (2000a). Regional brain function in sadness and depression. In J. C. Borod (Ed.), *The neuropsychology of emotion* (pp. 269-297). New York: Oxford Press.
- Davidson, R. J., Jackson, D. C. & Kalin, N. H. (2000b). Emotion, plasticity, context, and regulation: Perspectives from affective neuroscience. *Psychological Bulletin*, 126, 890-909.
- Davidson, R. J., Putnam, K. M. & Larson, C. L. (2000c). Dysfunction in the Neural Circuitry of Emotion Regulation – a possible prelude to violence. *Science*, 289, 591-594.
- Demaree, H. A., Everhart, D. E., Youngstrom, E. A. & Harrison, D. W. (2011). Brain Lateralization of Emotional Processing: Historical Roots and a Future Incorporating „Dominance“. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 4, 3-20.

Dilling, H., Mombour, W. & Schmidt, M. H. (2010). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen. ICD-Kapitel (F.). Klinisch diagnostische Leitlinien.* ( 7. Überarbeitete Auflage). Bern: Hans Huber.

Dmochowski, J. P., Datta, A., Bikson, M., Su, Y. & Parra, L. C. (2011). Optimized multi-electrode stimulation increases focality and intensity at target. *Journal Neural Engl*, 8, 046011-046026.

Droungas, A., Ehrman, R. N., Childress, A. R. & O'Brien, C. P. (1995). Effect of smoking cues and cigarette availability on craving and smoking behavior. *Addictive Behaviors*, 20, 657- 673.

Dolcos, F., LaBar, K. S. & Cabeza, R. (2004). Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: an event- related fMRI study. *NeuroImage*, 23, 64-74.

Due, D. L., Huettel, S. A., Hall, W. G. & Rubin, D. C. (2002). Activation in mesolimbic and visuospatial neural circuits elicited by smoking cues: evidence from functional magnetic resonance imaging. *American Journal of Psychiatry*, 159, 954-960.

Eichhammer, P., Johann, M., Kharraz, A., Binder, H., Pittrow, D., Wodraz, N. & Hajak, G. (2003). High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation decreases cigarette smoking. *Journal of Clinical Psychiatry*, 64, 951-953.

Ekman, P. & Davidson, R. J. (1993). Voluntary smiling changes in regional brain activity. *Psychological Science*, 4, 342-345.

Fagerström, K. O. & Schneider, N. G. (1989). Measuring nicotine dependence: A review of the Fagerström Tolerance Questionnaire. *Journal Behavioral Medicine*, 12, 159-181.

Faria, P., Leal, A. & Miranda, P. C. (2009). Comparing different electrode configurations using the 10-10 international system in tDCS: a finite element model analysis. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 1596-1599.

Fregni, F., Boggio, P. S., Lima, M. C., Ferreira, M. J., Wagner, T., Rigonatti, S. P., Castro, A. W., Souza, D. R., Riberto, M., Freedman, S. D., Nitsche, M. A. & Pascual-Leone, A. (2006a). A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury. *Pain*, 122, 197-209.

Fregni, F., Boggio, P. S., Rigonatti, S. P. & Pascual-Leone, A. (2006b). Cognitive effects of repeated sessions of transcranial direct current stimulation in patients with depression. *Depression Anxiety*, 23, 482-484.

Fregni, F., Gimenes, R., Valle, A. C., Ferreira, M. J., Rocha, R. R., Natalle, L., Bravo, R., Rigonatti, S. P., Freedman, S. D., Nitsche, M. A., Pascual-Leone, A. & Boggio, P. S. (2006c). A randomized, sham- controlled, proof of principle study of transcranial direct current stimulation for the treatment of pain in fibromyalgia. *Arthritis Rheumatism*, 54, 3988-3998.

Fregni, F., Thome-Souza, S., Nitsche, M. A., Freedman, S. D., Valente, K. D. & Pascual-Leone, A. (2006d). A controlled clinical trial of cathodal DC polarization in patients with refractory epilepsy. *Epilepsia*, 47, 335-342.

Fregni, F., Freedman, S. & Pascual-Leone, A. (2007). Recent advances in the treatment of chronic pain with non-invasive brain stimulation techniques. *The Lancet Neurology*, 6, 188-191.

Fregni, F., Liguori, P., Fecteau, S., Nitsche, M. A., Pascual-Leone, A. & Boggio, P. S. (2008a). Cortical Stimulation of the prefrontal cortex with transcranial direct current stimulation reduces cue-provoked smoking craving: a randomized, sham- controlled study. *Journal of Clinical Psychiatry*, 69, 32-40.

Fregni, F., Orsati, F., Pedrosa, W., Fecteau, S., Tome, F. A., Nitsche, M. A., Mecca, T., Macedo, E. C., Pascual- Leone, A. & Boggio, P. S. (2008b). Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates the desire for specific foods. *Appetite*, 51, 34-41.

Gainotti, G. (1997). Emotional disorders in relation to unilateral brain damage. In T. E. Feinberg & M. J. Farah (Eds.), *Behavioral neurology and neuropsychology* (pp. 691-698). New York: McGraw-Hill.

Gandiga, P. C., Hummel, F. C. & Cohen L. G. (2006). Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. *Clinical Neurophysiology 2006*; 117, 845-850.

Garavan, H., Pankiewicz, J., Bloom, A., Cho, J. K., Sperry, L., Ross, T. J., Salmeron, B. J., Risinger, R., Kelley, D. & Stein, E. A. (2000). Cue-induced cocaine craving: neuroanatomical specificity for drug users and drug stimuli. *American Journal of Psychiatry*, 157, 1789- 1798.

George, M. S., Anton, R. F., Bloomer, C., Teneback, C., Drobles, D. J., Lorberbaum, J. P., Nahas, Z. & Vincent, D. J. (2001). Activation of prefrontal cortex and anterior thalamus in alcoholic subjects on exposure to alcohol- specific cues. *Archives of General Psychiatry*, 58, 345-352.

Grant, S., London, E. D., Newlin, D. B., Villemagne, V. L., Liu, X., Contoreggi, C., Phillips, R. L., Kimes, A. S. & Margolin, A. (1996). Activation of memory circuits during cue-elicited cocaine craving. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 12040- 12045.

Gray, J. R., Braver, T. S. & Raichle M. E. (2002). Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 4115-4120.

Gross ,T. M., Jarvik, M. E. & Rosenblatt, M. R. (1993). Nicotine abstinence produces content- specific Stroop interference. *Psychopharmacology*, 110, 333-336.

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

Goldman, R. L., Borckardt, J. J., Frohman, H. A., O'Neil, P. M., Madan, A., Campbell, L. A., Budak, A. & George, M. S. (2011). Prefrontal cortex transcranial direct current

stimulation (tDCS) temporarily reduces food cravings and increases the self-reported ability to resist food in adults with frequent food craving. *Appetite*, 56, 741-746.

Goss, J. J. (2002). Emotion regulation: affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, 39, 281-291.

Goss, J. J. & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implication for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 348-362.

Hartje, W. (2001). Emotion und Hemisphärendominanz. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 4, 276-290.

Heatherton, T. F., Kozlowski, L. T., Frecker, R. C. & Fagerström, K. O. (1991). The Fagerström Test for Nicotine Dependence of the Fagerström Tolerance Questionnaire. *British Journal of Addiction*, 86, 1119- 1127.

Heatherton, T. F. & Vohs, K. (1998). Why is it so difficult to inhibit behavior? *Psychology Inquiry*, 9, 212-216.

Heatherton, T. F. & Wagner, D. D. (2010). Cognitive neuroscience of self-regulation failure. *Trends in Cognitive Sciences*, 1-8.

Heatherton, T. F. (2011). Neuroscience of Self and Self- Regulation. *Annual Review of Psychology*, 62, 363-390.

Heatherton, T. F., Kozlowski, L. T., Frecker, R. C. & Fagerström, K. O. (1991). The Fagerström Test for Nicotine Dependence of the Fagerström Tolerance Questionnaire. *British Journal of Addiction*, 86, 1119- 1127.

Heilman, K. M., Scholes, R. & Watson, R. T. (1975). Auditory affective agnosia: Disturbed comprehension of affective speech. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 38, 69-72.

Heishman, S. J., Singleton, E. G. & Moolchan, E. T. (2003). Tobacco Craving Questionnaire: Reliability and validity of a new multifactorial instrument. *Nicotine & Tobacco Research*, 5, 645-654.

Heishman, S. J., Singleton, E.G. & Pickworth, W. B. (2008). Reliability and validity of a Short Form of the Tobacco Craving Questionnaire. *Nicotine & Tobacco Research*, 10, 643-651.

Jasper, H. H. (1985). The ten-twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

Johann ,M., Wiegand, R., Kharraz, A., Bobbe, G., Sommer, G., Hajak, G., Wodarz, N. & Eichhammer, P. (2003). Transcranial magnetic stimulation for nicotine dependence. *Psychiatry Prax*, 30, 129-131.

John, O. P. & Gross, J. J. (2004). Healthy and unhealthy emotion regulation: personality processes, individual differences, and life span development, *Journal of Personality*, 72, 1301-1333.

- Jorenby, D. E. (1998). New developments in approaches to smoking cessation. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 4, 103-106.
- Juliano, L. M. & Brandon, T. H. (1998). Reactivity to instructed smoking availability and environmental cues: evidence with urge and reaction time. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 6, 45-53.
- Kaffenberger, T., Baumgartner, T., Koeneke, S., Jäncke L. & Herwig U. (2008). Chronometric features of processing unpleasant stimuli: a functional MRI- based transcranial magnetic stimulation study. *NeuroReport*, 19, 777- 781.
- Killen, J. D., Fortmann, S. P., Kraemer, H. C., Varady, A. & Newman, B. (1992). Who will relapse? Symptoms of nicotine dependence predict long- term relapse after smoking cessation. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 60, 797-801.
- Killen, J. D. & Fortmann, S. P. (1997). Craving is associated with smoking relapse: Findings from three prospective Studies. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 5, 137-142.
- LaBar, K. S., Cabeza, R. (2006). Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 54-64.
- LaBar, K. S. (2010). *Emotion- Cognition Interactions*. Koob's Enzyklopädie.
- Lang, P. J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications. In J. B. Sidowski, J. H. Johnson, & T. A. Williams (Eds.), *Technology in mental health care delivery systems* (pp. 119-137). Norwood, NJ: Ablex.
- Lang, P. J., Öhman, A., Vaitl, D. (1988). *The international affective picture system (photographic slides)*. Gainesville, FL: Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M. & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30, 261-273.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (2008). International Affective Picture System (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. *Technical Report A-8*. University of Florida, Gainesville, FL.
- Lee, G. P., Loring, D. W., Meader, K. J. & Brooks, B. B. (1990). Hemispheric specialization for emotional expression: A reexamination of results from intracarotid administration of sodium amobarbital. *Brain and Cognition*, 12, 267-280.
- Liebetanz, D., Nitsche, M. A., Tergau, F. & Paulus, W. (2002). Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability. *Brain*, 125, 2238-2247.
- Luijten, M., Veltman, D. J., van den Brink, W., Hester, R., Field, M., Smits, M. & Franken, J. H. (2011). Neurobiological substrate of smoking- related attentional bias. *NeuroImage*, 54, 2374- 2381.

Maas, L. C., Lukas, S. E., Kaufman, M. J., Weiss, R. D., Daniels, S. L., Rogers, V. W., Kukes, T. J. & Renshaw, P. F. (1998). Functional magnetic resonance imaging of human brain activation during cue-induced cocaine craving. *American Journal of Psychiatry*, 155, 124-126.

MacLean, P. D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on the frontotemporal portion of limbic system. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 4, 407-418.

Mak, A. K., Hu, Z.-g., Zhang, J. X., Xiao, Z.-w. & Lee, T. M. (2009). Neural correlates of regulation of positive and negative emotions: An fMRI study. *Neuroscience Letters*, 457, 101-106.

Mandal, M. K., Borod, J., Asthana, H. S., Mohanty, A., Mohanty, S. & Koff, E. (1999). Effects of lesion variables and emotion type on the perception of facial emotion. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 187, 603-609.

Marshall, L., Mölle, M., Hallschmid, M. & Born, J. (2004). Transcranial direct current stimulation during sleep improves declarative memory. *The Journal of Neuroscience*, 24, 9985-9992.

Marshall, L., Mölle, M., Siebner, H. R. & Born, J. (2005). Bifrontal transcranial direct current stimulation slows reaction time in a working memory task. *BMC Neuroscience*, 6, 1-7.

Mcbride, D., Barrett, S. P., Kelly, J. T., Aw, A. & Dagher, A. (2006). Effects of expectancy and abstinence on the neural response to smoking cues in cigarette smokers: an fMRI study. *Neuropsychopharmacology*, 31, 2728-2738.

Miranda, P. C., Faria, P. & Hallett, M. (2009). What does the ratio of injected current to electrode area tell us about current density in the brain during tDCS? *Clinical Neurophysiology*, 120, 1183-1187.

Mogg, K., Garner, M. & Bradley, B. P. (2007). Anxiety and orientating of gaze to angry and fearful faces. *Biological Psychology*, 76., 163-169.

Morris, P. L., Robinson, R. G., Raphael, B., Hopwood, M. J., (1996). Lesion location and poststroke depression. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 8, 399- 403.

Muraven, M., Baumeister, R. F. & Tice, D. M. (1999). Longitudinal improvement of self-regulation through practice: Building self-control strength through repeated exercise. *Journal of Social Psychology*, 139, 446- 457.

Myrick, H., Anton, R. F., Li, X., Henderson, S., Drobles, D., Voronin, K. & George, M. S. (2004). Differential brain activity in alcoholics and social drinkers to alcohol cues: relationship to craving. *Neuropsychopharmacology*, 29, 393-402.

Nitsche, M. A. & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57, 1899-1901.

- Nitsche, M. A., Liebetanz, D., Antal, A., Lang, N., Tergau, F. & Paulus, W. (2003a). Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation- technical, safety and functional aspects. *Supplements to Clinical Neurophysiology*, 56, 255-276.
- Nitsche, M. A., Nitsche, M. S., Klein, C. C., Tergeau, F., Rothwell, J. C. & Paulus, W. (2003b) Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex. *Clinical Neurophysiology*, 114, 600-604.
- Nitsche, M. A., Doemkes, S., Karaköse, T., Antal, A., Liebetanz, D., Lang, N., Tergau, F & Paulus, W. (2007). Shaping the effect of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. *Journal of Neurophysiology*, 97, 3109-3117.
- Nitsche, M., Cohen, L., Wassermann, E. M. , Priori, A., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., Hummel, F., Boggio, P. S., Fregni, F. & Pascual-Leone, A. (2008). Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. *Brain Stimulation*, 206-223.
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J. & Gabrieli, J. D. (2002). Rethinking feelings: an fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 1215-1229.
- Ochsner, K. N., Kniermin, K., Ludlow, D. H., Haneline, J., Ramachandran, T & Mackey, S. (2004). Reflecting upon feelings: An fMRI study of neural systems supporting the attribution of emotion to self and others. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 1748-1772.
- Ochsner, K. N. & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 242-249.
- Olbrich, H. M., Valerius, G., Paris, C., Hagenbuch, F., Ebert, D. & Juengling, F.D. (2006). Brain activation during craving for alcohol measured by positron emission tomography. *Australian and NewZealand Journal of Psychiatry*, 40, 171-178.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Paradiso, S., Chmerinski, E., Yazici, K. M., Tartaro, A. & Robinson, R. G. (1999a). Frontal lobe syndrome reassessed: comparison of patients with lateral or medial frontal brain damage. *Journals of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 67, 664-667.
- Paradiso, S., Johnson, D., Andreasen, N. C., O'Leary, D. S., Watkins, G. L., Boles Ponto, L. L. & Hichwa, R. D. (1999b). Cerebral Blood Flow Changes associated with attribution of emotional valence to pleasant, unpleasant, and neutral visual stimuli in a PET study of normal subjects. *American Journal of Psychiatry*, 156, 1618-1629.
- Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives Neurology and Psychiatry*, 38, 725-743.
- Passero, S., Nardini, M. & Battistini, N. (1995). Regional cerebral blood flow changes following chronic administration of antidepressant drugs. *Progress in Neuropsychopharmacology and Biological Psychiatry*, 19, 627-636.

- Pascual-Marqui, R. D. (2002). Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): Technical details. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 24, 5-12.
- Peña-Gómez, C., Vidal-Piñeiro, D., Clemente, I. C., Pascual-Leone, A. und Bartrés-Faz, D. (2011). Down-regulation of negative emotional processing by transcranial direct current stimulation: effects of personality characteristic. *PLoS ONE*, 6, e22812.
- Perlstein, W. M., Elbert, T. & Stenger, A. V. (2002). Dissociation in human prefrontal cortex of affective influences on working memory- related activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 1736- 1741.
- Petrides, M. & Pandya, D. N. (1999). Dorsolateral prefrontal cortex: comparative cytoarchitectonic analysis in the human and the macaque brain and corticocortical connection patterns. *European Journal of Neuroscience*, 11, 1011-1036.
- Peto, R., Lopez, A. D., Boreham, J., Thun, M., Heath, C. & Doll, R. (1996). Mortality from smoking worldwide. *British Medical Bulletin*, 52, 12-21.
- Phan, K. L., Wager, T. D., Taylor, S. F. & Liberzon, I. (2002). Functional Neuroanatomy of Emotion: A meta- analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *NeuroImage*, 16, 331- 248.
- Phan, K. L., Wager, T. D., Taylor, S. F. & Liberzon, I. (2004). Functional Neuroimaging studies of human emotions. *CNS Spectrums*, 9, 258- 266.
- Purves, D., Brannon, E. M., Cabeza, R., Huettel, S. A., LaBar, K. S., Platt & M. L., Woldorff, M. (2008). *Principles of Cognitive Neuroscience*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Reuter-Lorenz, P. & Davidson, R. J. (1981). Differential contributions of the two cerebral hemispheres to the perception of happy and sad-faces. *Neuropsychologia*, 19, 609-613.
- Rose, J. E., McClernon, J., Froeliger, B., Behm, F. M., Preud'homme, X. & Krystal, A. D. (2011). Repetitive transcranial magnetic stimulation of the superior frontal gyrus modulates craving for cigarettes. *Biol Psychiatry*, 70, 794-799.
- Rossi, G. F. & Rosadini, G. R. (1967). Experimental analyses of cerebral dominance in man. In D. H. Milikan & F. L. Darley (Eds.), *Brain mechanisms underlying speech and language*. New York: Grune & Stratton.
- Sell, L. A., Morris, J. S., Bearn, J., Frackowiak, R. S., Friston, K. J. & Dolan, R. J. (2000). Neural responses associated with cue evoked emotional states and heroin in opiate addicts. *Drug and alcohol Dependence* , 60, 207- 216.
- Sharbrough, F., Chatrian, G. E., Lesser, R. P., Lüders, H., Nuwer, M. & Picton, T. W. (1991) American electroencephalographic society guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal Clinical Neurophysiology*, 8, 200-202.
- Shiffman , S., Gnys, M., Richards, T. J., Paty, J. A., Hichcox, M. & Kassel, J. D. (1996). Temptations to smoke after quitting: a comparison of lapsed and maintainers. *Health Psychology*, 15, 455-461.

Silberman, E. K. & Weingartner, H. (1986). Hemispheric lateralization of functions related to emotion. *Brain and Cognition*, 5, 322-353.

Silvia, G., Miksad, R., Freedman, S. D., Pascual-Leone, A., Jain, S., Gomes, D. L., Amancio, E. J., Boggio, P. S., Correa, C. F. & Fregni, F. (2007). Treatment of cancer pain with noninvasive brain stimulation. *J. Pain Symptom Manage.*, 34, 342-345.

SoSciSurvey (2011). oFb - der onlineFragebogen. URL: <https://www.socisurvey.de> [21.07.2011].

Starkstein, S. E., Robinson, R. G., Honig, M. A., Parikh, R. M., Joselyn, J., Price, T. R. (1989). Mood changes after right- hemisphere lesions. *British Journal of Psychiatry*, 155, 79-85..

Sutton, S. K. & Davidson, R. J. (2000). Prefrontal brain electrical asymmetry predicts the evaluation of affective stimuli. *Neuropsychologia*, 38, 1723-1733.

Swan, G. E., Ward, M. M. & Jack, L. M. (1996). Abstinence effects as predictors of 28-day relapse in smokers. *Addictive Behaviors*, 21, 481-490.

Tapert, S. F., Cheung, E.H., Brown, G. G., Frank, L. R., Pauluas, M. P. , Schweinsburg, A. D., Meloy, M. J., & Brown, S. A. (2003). Neural response to alcohol stimuli in adolescents with alcohol use disorder. *Archives of General Psychiatry*, 60, 727-735.

Tapert, S. F., Brown, G. G., Baratta, M. V. & Brown, S. A. (2004). fMRI BOLD response to alcohol stimuli in alcohol dependent young women. *Addictive Behavior*, 29, 33-50.

Thompson, M., Thompson, J. & Wenqing, W. (). Brodmann Areas (BA), 10-20 Sites, Primary Functions. ADD Centre, Biofeedback Institute of Toronto, American Applied Neuroscience Institute. URL: <http://www.addcentre.com/Pages/professionaltraining.html> [15.03.2012].

Vines, B. W., Nair, D. G. & Schlaug, G. (2006). Contralateral and ipsilateral motor effects after transcranial direct current stimulation. *NeuroReport*, 17, 671-674.

Wager, T. D., Phan, K. L., Liberzon, I. & Taylor, S. F. (2003). Valence, gender, and lateralizations of functional brain anatomy in emotion: A meta-analysis of findings from neuroimaging, *NeuroImage*, 19, 513-531.

Wald, N. J. & Hackshaw, A. K. (1996). Cigarette smoking: an epidemiological overview. *British Medical Bulletin*, 52, 3-11.

Waldstein, S. R., Kop, W. J., Schmidt, L A., Haufler, A. J., Krantz, D. S. & Fox N. A. (2000). Frontal electrocardiogram and cardiovascular reactivity during happiness and anger. *Biological Psychology*, 55, 3-23.

Watson, D., Clark, L. A., Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of Positive and Negative Affect: The PANAS Scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 1063-1070.

Webb, A. G., Miller G. A. & Heller W. (2005). Emotion-modulated performance and activity in left dorsolateral prefrontal cortex. *Emotion*, 5, 200-207.

Welte, R., König, H. H. & Leidl, R. (2000). The costs of health damage and productivity losses attributable to cigarette smoking in Germany. *European Journal of Public Health*, 10, 31-38.

Wertz, J. M. & Sayette, M. A. (2001). A review of the effects of perceived drug use opportunity on self-reported urge. *Experimental Clinical Psychopharmacology*, 9, 3-13.

Wilson, S. J., Sayette, M. A. & Fiez, J. A. (2004). Prefrontal responses to drug cues: a neurocognitive analysis. *Nature Neuroscience*, 7, 211-214.

World Health Organization (1996). *Tobacco alert*. Geneva: WHO, pp. 16-19.

Wrase, J., Grüsser, S. M., Klein, S., Diener, C., Hermann, D., Flor, H., Mann, K., Braus, D. F. & Heinz, A. (2002). Development of alcohol-associated cues and cue-induced brain activation in alcoholics. *European Psychiatry*, 17, 287-291.

Zelman, D. C., Brandon, T. H., Jorenby, D. E. & Baker, T. B. (1992). Measures of affect and Nicotine dependence predict differential response to smoking cessation treatments. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 60, 943-952.

# Anhang

## INSTRUKTION ÜBUNGSAUFGABEN

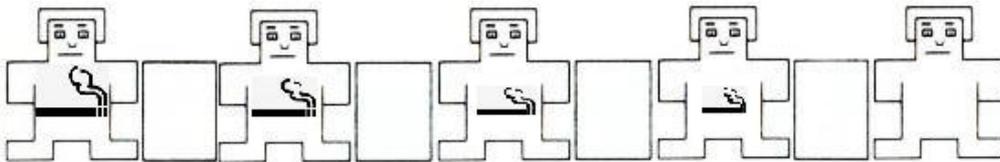
Nun beginnen die Übungsaufgaben des Bildbewertungs-Experiments!  
Jetzt wird Ihnen eine Reihe von Bildern auf dem Bildschirm gezeigt. Wir bitten Sie, jedes Bild über die gesamte Präsentationsdauer anzusehen und anschließend zu bewerten, wie Sie sich während der Betrachtung des Bildes gefühlt haben. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Wir bitten Sie, so ehrlich wie möglich zu antworten.

(Weiter mit beliebigem Tastendruck!)

Nach jedem Bild erscheinen auf dem Bildschirm drei Mal jeweils eine Reihe von Figuren, anhand derer Sie bitte Ihre durch das Bild ausgelösten Gefühle einordnen, indem Sie die entsprechende Figur auf der Tastatur vor Ihnen mit dem rechten Zeigefinger drücken.

(Weiter mit Tastendruck!)

Bei der 1. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die Ihr derzeitiges **VERLANGEN NACH EINER ZIGARETTE**, das beim Betrachten des Bildes ausgelöst wird, darstellen sollen.



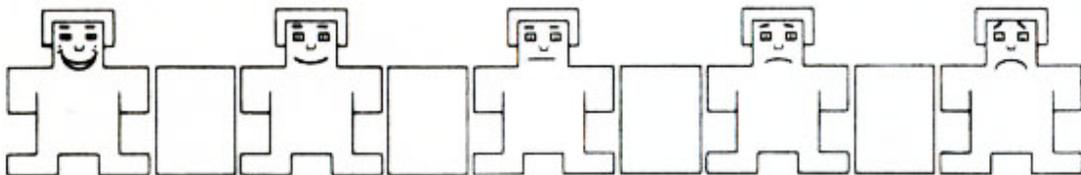
Hatten Sie sehr starkes Verlangen eine Zigarette zu rauchen, während der Bilddarbietung, drücken sie die Taste mit der Figur, auf der die größte Zigarette abgebildet ist. --> ganz links!

Hatten Sie gar kein Verlangen eine Zigarette zu rauchen, während der Bilddarbietung, drücken sie die Figur ohne Zigarette.--> ganz rechts!

Liegt ihr Verlangen nach einer Zigarette dazwischen, drücken sie je nach ihrem Gefühl auf eine der dazwischenliegenden Tasten (Figur oder Kästchen), welche ihr Verlangen nach einer Zigarette am besten beschreibt.

(Weiter mit Tastendruck!)

Bei der 2. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die Ihre **EMOTIONEN**, die beim Betrachten des Bildes ausgelöst wurden, darstellt.



Fühlten Sie sich vollkommen glücklich und zufrieden während der Bilddarbietung, drücken sie die Taste mit der lachenden Figur. --> ganz links!

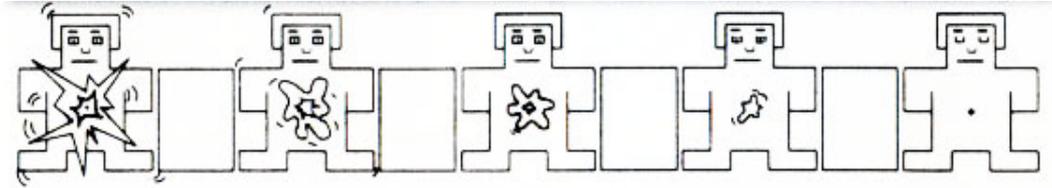
Fühlten Sie sich vollkommen unglücklich, unzufrieden, traurig, verzweifelt, ärgerlich oder gelangweilt während der Bilddarbietung, drücken sie die Taste mit der traurigen Figur. --> ganz rechts!

Liegt Ihr durch das Bild ausgelöste Gefühl zwischen diesen beiden Ausprägungen, so tippen Sie eine der dazwischenliegenden Tasten (Figur oder Kästchen), die Ihr Gefühl am besten beschreibt.

Die mittlere Figur steht für völlig neutrales, weder glückliches, noch unglückliches Befinden während der Bildpräsentation.

(Weiter mit Tastendruck!)

Bei der 3. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die ihre AUFREGUNG, die sie beim Betrachten des Bildes empfinden, darstellt.



Fühlten Sie sich völlig aufgeregt, stimuliert, nervös, rasend oder aufgeweckt während der Bildpräsentation, dann drücken sie die explodierende Figur. --> ganz links!

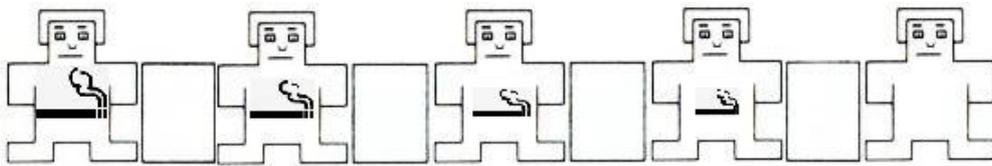
Fühlten sie sich völlig entspannt, beruhigt, träge oder müde während der Bildarbeit, drücken Sie die Taste mit der entspannten Figur. --> ganz rechts!

Liegt ihr durch das Bild ausgelöste Gefühl zwischen den beiden Ausprägungen, tippen Sie eine der dazwischenliegenden Tasten (Figur oder Kästchen), die Ihr Gefühl am besten beschreibt.

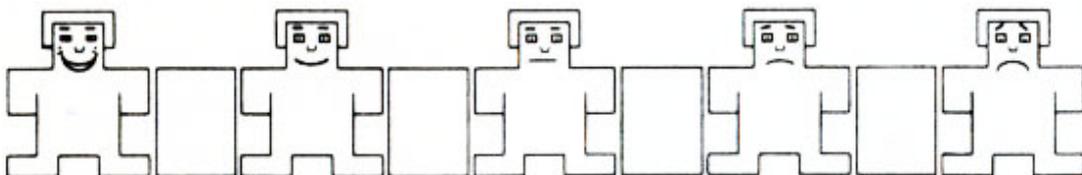
(Weiter mit Tastendruck!)

Nochmal zur Erinnerung:

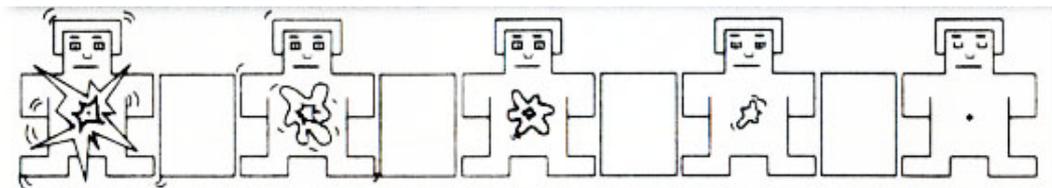
Bei der 1. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die Ihr derzeitiges VERLANGEN NACH EINER ZIGARETTE darstellt.



Bei der 2. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die Ihre EMOTIONEN beim Betrachten des Bildes, darstellt.



Bei der 3. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die ihre AUFREGUNG darstellt.



(Weiter mit Tastendruck!)

## INSTRUKTION EXPERIMENT

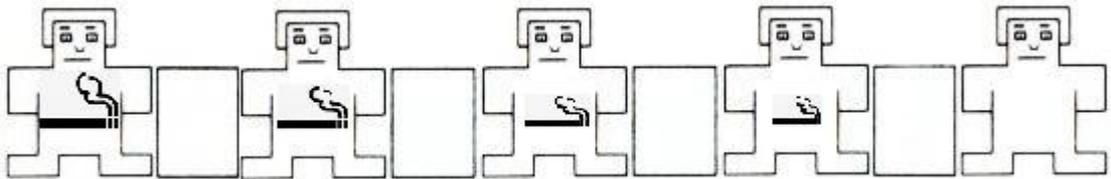
In den nächsten 10 Minuten wird Ihnen eine Reihe von Bildern auf dem Bildschirm gezeigt. Wir bitten Sie, jedes Bild über die gesamte Präsentationsdauer anzusehen und anschließend wie bei der Übungsaufgabe anhand der drei Kriterien zu bewerten.

Bei der Bewertung hilft ihnen jeweils eine Reihe von Figuren, die Sie auch auf der Tastatur sehen.

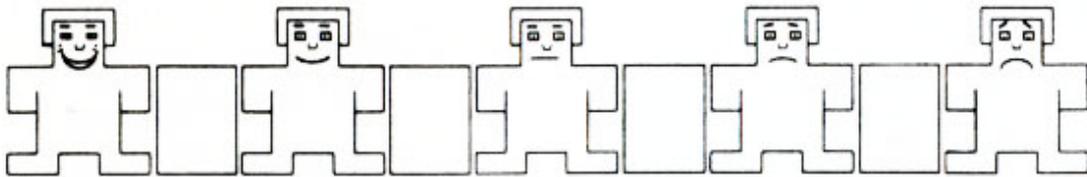
Bei dieser Bewertung benutzen Sie bitte immer ihren rechten Zeigefinger, mit dem Sie die jeweilige Figur antippen.  
(Weiter mit Tastendruck!)

Nochmal zur Erinnerung:

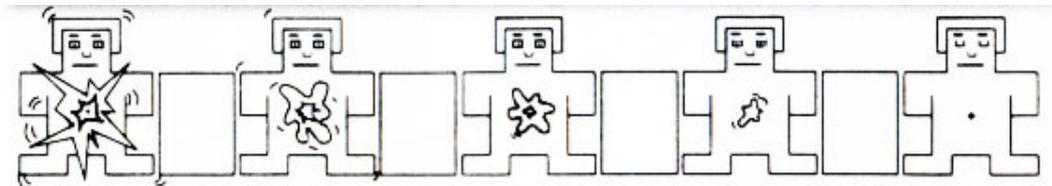
Bei der 1. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die Ihr derzeitiges **VERLANGEN NACH EINER ZIGARETTE** darstellt.



Bei der 2. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die Ihre **EMOTIONEN** beim Betrachten des Bildes, darstellt.



Bei der 3. Bewertung der Bilder hilft Ihnen eine Reihe von Figuren, die ihre **AUFREGUNG** darstellt.



(Weiter mit Tastendruck!)

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Wir bitten Sie, so ehrlich wie möglich zu antworten.

Bei Fragen und etwaigen Unklarheiten können Sie sich jederzeit an die Testleiterin wenden.

(Wenn Sie bereit sind mit der Aufgabe zu beginnen, drücken Sie eine beliebige Taste

## STIMULUSMATERIAL



BEISPIELBILD aus der Kategorie der RAUCHER-Bilder



BEISPIELBILD aus der Kategorie der NEUTRALEN Bilder



**BEISPIELBILD** aus der Kategorie der **POSITIVEN** Bilder



**BEISPIELBILD** aus der Kategorie der **NEGATIVEN** Bilder

## TASTATUR ZUR STIMULUSBEWERTUNG



Tastatur mit aufgeklebten Bildern zur Craving-, Valenz- und Arousal-Bewertung

## FRAGEBÖGEN & EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG

### Einwilligungserklärung

Name des/der ProbandenIn in Druckbuchstaben: .....

Geb.Datum: ..... Code: .....

Ich erkläre mich bereit, an der psychologischen Studie „Gehirnaktivität bei Transkranieller Gleichstromstimulation bei Rauchern und Nichtraucher“ teilzunehmen

Ich bin von Frau ..... ausführlich und verständlich über die Transkranielle Gleichstromstimulation Risiken, sowie über Wesen, Bedeutung und Tragweite der psychologischen Studie, sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Probandenaufklärung und Einwilligungserklärung, die insgesamt 7 Seiten umfasst, sorgfältig gelesen. Aufgetretene Fragen wurden mir vom Studienleiter und/oder seinen Mitarbeiter/-innen verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zur Zeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den Anordnungen, die für die Durchführung der psychologischen Studie erforderlich sind, Folge leisten, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie ermittelten Daten aufgezeichnet werden. Um die Richtigkeit der Datenaufzeichnung zu überprüfen, dürfen Beauftragte des Auftraggebers und der zuständigen Behörden beim Studienleiter Einblick in meine personenbezogenen Daten nehmen. Weiters bezeuge ich, dass ich im Zeitraum bis zu 8 Wochen vor der Teilnahme an dieser Studie an keinen Studien teilgenommen habe.

Beim Umgang mit den Daten werden die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes beachtet.

Eine Kopie dieser Probandeninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt beim Studienleiter.

.....  
(Datum und Unterschrift des Probanden)

.....  
(Datum, Name und Unterschrift des verantwortlichen Studienleiters)

***(Der/die ProbandIn erhält eine unterschriebene Kopie der Probandeninformation und Einwilligungserklärung, das Original verbleibt im Studienordner des Studienleiters.***

**Social, Cognitive and Affective Neuroscience Unit**  
**tDCS TeilnehmerInnen-Checkliste**

Name: \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_\_  
Datum der Untersuchung: \_\_\_\_\_

Transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS) ist eine sichere und nützliche Methode zur Untersuchung der Funktionsweise des menschlichen Gehirns. tDCS kann ohne Risiko für Ihre Gesundheit und Sicherheit eingesetzt werden, sofern Sie bestimmte Kriterien erfüllen. Bitte beantworten Sie wahrheitsgetreu die folgenden Fragen (durch Ankreuzen der entsprechenden Antwort):

(1). Hatten Sie jemals eine negative Reaktion auf eine tDCS-Untersuchung?

**[Ja] [Nein]**

(2). Hatten Sie jemals einen epileptischen Anfall?

**[Ja] [Nein]**

(3). Hatten Sie jemals einen Gehirnschlag?

**[Ja] [Nein]**

(4). Hatten Sie jemals eine Kopf- oder Gehirnoperation?

**[Ja] [Nein]**

(5). Haben Sie Metallteile in Ihrem Körper (ausgenommen Zahnimplantate oder Plomben), wie etwa Schrapnell, chirurgische Implantate/Clips, oder (auch kleine) Metallteile vom Schweißen oder der Metallbearbeitung?

**[Ja] [Nein]**

(6). Haben Sie irgendwelche implantierten Geräte, wie etwa Herzschrittmacher, medizinische Pumpen, oder Herzkatheter bzw. -drähte?

**[Ja] [Nein]**

(7). Leiden Sie an schweren Kopfschmerzen, oder haben Sie häufig Kopfschmerzen?

**[Ja] [Nein]**

(8). Hatten Sie jemals andere, mit dem Zentralnervensystem (Gehirn) in Zusammenhang stehende Probleme oder Störungen?

**[Ja] [Nein]**

(9). Hatten Sie jemals eine Krankheit, die zu einer Gehirnschädigung führte?

**[Ja] [Nein]**

(10). Nehmen Sie psychiatrisch verordnete oder sonstige psycho- oder neuroaktive Medikamente (z.B. Antidepressiva, Neuroleptika, Lithium)?

**[Ja] [Nein]**

(11). Falls Sie eine Frau sind: Sind Sie schwanger?

**[Ja] [Nein]**

Datum der letzten Periode: \_\_\_\_\_

Falls länger als 30 Tage: Kann es sein dass Sie schwanger sind?

**[Ja] [Nein]**

(12). Hatte jemand in Ihrer Familie jemals einen epileptischen Anfall?

**[Ja] [Nein]**

(13). Sind Sie beruflich regelmäßig mit dem Lenken von Kraftfahrzeugen (Auto, LKW, Bus, Tram, Zug) oder dem Bedienen von sonstigen selbstfahrenden Fahrzeugen beschäftigt?

**[Ja] [Nein]**

(14). Hatten Sie letzte Nacht unzureichend Schlaf?

**[Ja] [Nein]**

(15). Haben Sie letzte Nacht große Mengen an Alkohol oder sonstigen psychotropen Substanzen konsumiert?

**[Ja] [Nein]**

(16). Sind Sie drogenabhängig, alkoholabhängig, oder medikamentenabhängig?

**[Ja] [Nein]**

(17). Haben Sie eine chronische Hauterkrankung?

**[Ja] [Nein]**

Falls ja: betrifft diese Ihre Kopfhaut?

**[Ja] [Nein]**

(18). Haben Sie metallische Gegenstände in ihrer Kleidung oder am Körper – inkl. Piercings, Ohringe? Falls ja: bitte legen Sie diese ab.

**[Ja] [Nein]**

Anmerkungen Testleiter/-in:

**Ich wurde darüber aufgeklärt, dass ich für mindestens 3 Stunden nach der Untersuchung kein Kraftfahrzeug lenken darf.**

Unterschrift Versuchsperson: \_\_\_\_\_, am \_\_\_\_\_

Unterschrift TestleiterIn: \_\_\_\_\_, am \_\_\_\_\_

## Soziodemographisches Datenblatt

Geschlecht:

- weiblich     männlich

Alter: \_\_\_\_\_

Höchste abgeschlossene Ausbildung :

- noch Schüler  
 Pflichtschule  
 Lehre/ Berufsschule  
 Berufsbildende mittlere Schule  
 Berufsbildende höhere Schule/ Kolleg (Matura/ Abitur)  
 Bachelor-Studium  
 Master/ Diplomstudium  
 Doktorat

Muttersprache: \_\_\_\_\_

Nationalität: \_\_\_\_\_

Aktuelle Berufstätigkeit:

- SchülerIn  
 StudentIn  
 selbstständig  
 Angestellter  
 Arbeiter  
 arbeitslos/Arbeit suchend  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

Rauchverhalten:

- Raucher     Nichtraucher

**Die folgenden Fragen betreffen nur NICHTRAUCHER:**

Haben sie jemals regelmäßig geraucht?  Ja     Nein

Falls ja, wie lange haben Sie geraucht?

\_\_\_\_\_

Falls ja, wie lange ist es her, dass sie das Rauchen beendet haben?

\_\_\_\_\_

Falls ja, wieviele Zigaretten haben Sie durchschnittlich pro Tag geraucht?

\_\_\_\_\_

**Die folgenden Fragen betreffen nur RAUCHER:**

Wieviele Zigaretten rauchen sie durchschnittlich am Tag?

\_\_\_\_\_

Mit welchem Alter haben Sie zu Rauchen begonnen?

\_\_\_\_\_

Haben Sie schon mal versucht mit dem Rauchen aufzuhören?

- Ja, ein Versuch                       Ja, \_\_\_\_ Versuche (Anzahl der Versuche einsetzen!)  
 Nein

Falls ja, welche Strategien/Medikamente haben Sie angewandt?

Mit Hilfsmitteln

Falls ja, mit welchen  Nikotinpflaster

Nikotinkaugummi

Sonstiges : \_\_\_\_\_

sofort aufhören (ohne Hilfsmittel)

Hypnose

Akupunktur

Sonstiges : \_\_\_\_\_

War einer oder mehrere dieser Versuch(e) erfolgreich, so dass Sie für länger als ein halbes Jahr das Rauchen unterbrochen haben?

- Nein                       Ja

Falls ja, wie lange hatten Sie dabei aufgehört?

\_\_\_\_\_

Falls ja, wie viele Jahre ist das her?

\_\_\_\_\_

Wie lange ist der letzte Versuch mit dem Rauchen aufzuhören her?

- Es gab nie einen Versuch mit dem Rauchen aufzuhören  
 Der letzte Versuch ist weniger als 1 Monat her  
 Der letzte Versuch ist zwischen 1 und 6 Monaten her  
 Der letzte Versuch ist zwischen 6 und 12 Monaten her  
 Der letzte Versuch ist über 1 Jahr her

Wollen sie derzeit mit dem Rauchen aufhören?

- Ja                       Nein

Haben sie schon mal an einer Studie zur Raucherentwöhnung teilgenommen?

- Ja                       Nein

Würden sie zukünftig an einer Studie zur Raucherentwöhnung teilnehmen?

- Ja                       Nein

## Edinburgh Händigkeit- Inventar

### Instruktion:

Bitte geben Sie an, welche Hand Sie für die folgenden Aktivitäten bevorzugt verwenden, indem sie ein „x“ in die entsprechende Spalte schreiben. Markieren Sie bitte die Fälle, in denen Sie nie die andere Hand verwenden würden, außer Sie wären absolut dazu gezwungen, mit „xx“. Für Fälle, in denen Sie keine Hand bevorzugt verwenden, schreiben Sie „x“ in beide Spalten.

Einige der Aktivitäten erfordern beide Hände. In diesen Fällen wird auf den Teil der Aufgabe des Objekts, für den Sie die bevorzugte Hand angeben sollen, in Klammern hingewiesen.

Bitte bemühen Sie sich **alle Fragen** zu beantworten. Lassen Sie eine Frage nur dann aus, wenn Sie gar keine Erfahrung mit der Aufgabe oder dem Objekt haben.

		<b>LINKS</b>	<b>RECHTS</b>
1	Schreiben		
2	Zeichnen		
3	Werfen		
4	Schere		
5	Zahnbürste		
6	Messer (ohne Gabel)		
7	Löffel		
8	Besen (obere Hand)		
9	Streichholz anzünden (Streichholz)		
10	Schachtel öffnen (Deckel)		

## PANAS- Inventar

Zeitpunkt der Vorgabe:    vor dem Experiment    nach dem Experiment

**Dieser Fragebogen enthält eine Reihe von Wörtern die unterschiedliche Gefühle und Emotionen beschreiben. Lesen Sie bitte jedes Wort und markieren Sie daneben, wie sehr Sie dieses Gefühl derzeit fühlen.**

	gar nicht	ein bisschen	einigermaßen	erheblich	äußerst
1. Aktiv					
2. Interessiert					
3. Freudig erregt					
4. Stark					
5. Angeregt					
6. Stolz					
7. Begeistert					
8. Wach					
9. Entschlossen					
10. Aufmerksam					
11. Bekümmert					
12. Verärgert					
13. Schuldig					
14. Erschrocken					
15. Feindselig					
16. Gereizt					
17. Beschämt					
18. Nervös					
19. Durcheinander					
20. Ängstlich					

## Fagerströmtest für Nikotinabhängigkeit (FTND)

Gehen Sie die Fragen einfach der Reihe nach durch, und kreuzen Sie das Kästchen, das mit Ihrer Antwort übereinstimmt mit einem „x“ an.

---

Wann nach dem **Aufwachen** rauchen Sie die erste Zigarette?

- innerhalb von 5 Min.
- 6-30 Min.
- 31-60 Min.
- nach 60 Min.

---

Fällt es Ihnen schwer, an Orten, an denen **Rauchverbot** besteht (Arztpraxen, Kino usw.) nicht zu rauchen?

- Ja
- Nein

---

Auf welche Zigarette würden Sie **nicht** verzichten wollen?

- die erste am Morgen
- andere

---

Wie viele Zigaretten rauchen Sie im Allgemeinen **pro Tag**?

- bis 10
- 11-20
- 21-30
- 31 und mehr

---

Rauchen Sie am **Morgen** im Allgemeinen mehr als während des Tages?

- Ja
- Nein

---

Kommt es vor, dass Sie rauchen, **obwohl** Sie so krank sind, dass Sie den Tag überwiegend im Bett verbringen müssen?

- Ja
- Nein

---

Versuchen Sie, bei der Beantwortung der Fragen so **ehrlich** wie möglich zu sein.

Zeitpunkt der Vorgabe:  vor dem Experiment  nach dem Experiment

### Kurzform des Tabak Craving Fragebogens (TCQ-SF)

#### Instruktion:

Im Folgenden sehen Sie eine Reihe von Aussagen, die das Verlangen nach einer Zigarette widerspiegeln. Zeigen Sie, in wieweit Sie der Aussage zustimmen oder diese ablehnen, indem sie ein Kästchen auf der untenstehenden Skala ankreuzen. Durch das Ankreuzen des Kästchens ganz links lehnen Sie die Aussage sehr stark ab; durch das Ankreuzen des Kästchens ganz rechts stimmen Sie der Aussage sehr stark zu. Falls Ihre Meinung zwischen den zwei Extremen liegt, benutzen Sie die dazwischen liegenden Kästchen. Durch das Ankreuzen des mittleren Kästchens stimmen Sie der Aussage weder zu, noch lehnen Sie diese ab.

Bitte füllen Sie den Fragebogen vollständig aus und beurteilen Sie nur Ihr **jetziges, momentanes** Verlangen nach einer Zigarette.

1. Ich würde jetzt gerne eine Zigarette genießen.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

2. Wenn ich jetzt gerade eine Zigarette rauchen würde, wäre ich nicht fähig aufzuhören.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

3. Wenn ich eine angezündete Zigarette gerade in der Hand halten würde, würde ich Sie wahrscheinlich rauchen.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

4. Eine Zigarette würde gerade gut schmecken.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

5. Ich wäre weniger nervös, wenn ich jetzt rauchen könnte.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

6. Es wäre sehr schwer auf eine Möglichkeit zu rauchen zu verzichten.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

7. Ich könnte mich selbst nicht vom Rauchen abhalten, wenn ich Zigaretten hier hätte.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

8. Eine Zigarette jetzt zu rauchen, wäre sehr angenehm.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

9. Wenn ich gerade eine Zigarette rauchen würde, könnte ich klarer denken.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

10. Ich könnte nicht kontrollieren, wie viel ich rauche, wenn ich Zigaretten hier hätte.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

11. Ich könnte nicht leicht einschränken, wie viel ich im Augenblick rauchen würde.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

12. Ich könnte kontrollierter agieren, wenn ich gerade rauchen könnte.

Starke Ablehnung        Starke Zustimmung

VpnCode: \_\_\_\_\_  
 Testleiter: \_\_\_\_\_

Testdatum: \_\_\_\_\_  
 Session: \_\_\_\_\_

**Fragebogen zur Erfassung von Beeinträchtigungen nach Transkranieller Gleichstromstimulation**

Haben Sie eines der folgenden Symptome oder Nebenwirkungen – während oder nach der Testung/Stimulation wahrgenommen?

	Kreuzen sie das entsprechende Kästchen an				Wenn vorhanden, ist Ihrer Meinung nach die Stimulation dafür verantwortlich?			Wenn vorhanden, wann ist es aufgetreten? (Mehrfachantworten möglich!)						
	nicht vorhanden	leicht vorhanden	Mittel mäßig vorhanden	stark vorhanden	nein, sicher nicht	ja, möglicherweise	ja, ganz sicher	nur zu Beginn der Stimulation für ca. eine halbe Minute	nur kurz vor Ende der Stimulation	während der gesamten Stimulationsdauer	während der ersten Aufgabe der Testung	während der zweiten Aufgabe der Testung	während der dritten Aufgabe der Testung	Derzeit (nach der Testung)
Kopfschmerzen														
Nackenschmerzen														
Schmerzen auf der Kopfhaut														
Kribbeln														
Jucken														
Brennen														
Hautrötung														
Schläfrigkeit														
Konzentration auf Sorgen/Probleme														
Akute Stimmungsschwankung														

VpnCode: \_\_\_\_\_ Testdatum: \_\_\_\_\_  
 Testleiter: \_\_\_\_\_ Session: \_\_\_\_\_

Waren die Aufgaben für Sie verständlich?

Ja  Nein

Wenn nicht, welche Aufgabe war nicht verständlich, und warum nicht?

Ist Ihnen bei der Präsentation der Aufgaben irgendetwas aufgefallen, dass Ihnen sonderbar vorgekommen ist?

Ja  Nein

Wenn ja, bei welcher Aufgabe und was?

# **PROTOKOLLBOGEN**

Projektname: Studie „tDCS bei Rauchern und Nichtrauchern“

Versuchsleiter: \_\_\_\_\_ Labor: \_\_\_\_\_

tDCS-Applikation:  anodal-links/ kathodal-rechts → linker DLPFC  
 kathodal-links/anodal-rechts → rechter DLPFC  
 vorgetäushtes tDCS

Datum: \_\_\_\_\_ Testzeitpunkt:  1te Testung  2te Testung  3te Testung

Beginn tDCS-Applikation: \_\_\_\_\_ Ende tDCS-Applikation: \_\_\_\_\_

VpnCode: \_\_\_\_\_ Nummer der Testperson: \_\_\_\_\_

Händigkeit der Vpn:  Linkshänder  Rechtshänder

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_ Geschlecht:  weiblich  männlich

## **REIHENFOLGE DER TASKS**

### **Risk-task**

Zeitpunkt im Experiment:  1te Stelle  2te Stelle  3te Stelle

Reihenfolge der 2 Bedingungen:

Hot-condition:  1te Stelle  2te Stelle

Cold-condition:  1te Stelle  2te Stelle

Beginn des Tests: \_\_\_\_\_ Ende des Tests: \_\_\_\_\_

Anmerkungen (Probleme, Reaktionen der Vpn,...) :

### **Craving/Affective-picture rating**

Zeitpunkt im Experiment:  1te Stelle  2te Stelle  3te Stelle

Beginn des Tests: \_\_\_\_\_ Ende des Tests: \_\_\_\_\_

Anmerkungen (Probleme, Reaktionen der Vpn,...) :

### **Attentional Bias**

Zeitpunkt im Experiment:  1te Stelle  2te Stelle  3te Stelle

Beginn des Tests: \_\_\_\_\_ Ende des Tests: \_\_\_\_\_

Anmerkungen (Probleme, Reaktionen der Vpn,...) :

## Abstract

**Objective:** Different prior research neuroimaging studies evidence an association of nicotine-craving and emotional processing with the excitability of the left and right dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). The aim of this study was to reveal if transcranial direct current stimulation (tDCS), a non-invasive brain stimulation technique has an effect on nicotine-craving & affective picture rating.

**Method:** We performed a study with 38 subjects (20 smokers; 18 non-smokers) which received anodal sham and active tDCS of the left and right DLPFC in a randomized order on three different test dates in an interval of one week between two test dates. As Stimulusmaterial 60 pictures (15 smoking-pictures, 15 neutral pictures, 15 positive pictures, 15 negative pictures) have been used in a randomized order. Subjects had to rate the stimulusmaterial on the criterias of Craving, Valence and Arousal to get the effects of tDCS on nicotine-craving and affective picture rating.

**Results:** The results of the study showed an significant interaction-effect between the tDCS-stimulation of the right DLPFC and positive/negative pictures. The tDCS-stimulation of the right DLPFC decreased the Valence-rating of positive pictures and increased the Valence-rating of negative pictures. This effect of the alteration in the Valence-rating couldn't be find in the left DLPFC. Concerning the nicotine-craving there were no significant effects relating to the tDCS- stimulation of both left and right DLPFC.

**Conclusions:** The results of the Valence-rating are presumably in association with an Top-Down-regulation of emotions. The Up-regulation of the DLPFC causes an Down-regulation of subcortical emotional regions. The results of the nicotine-craving are in contrast to previous studies of effects of tDCS-stimulation on nicotine-craving. The reason for this differences in the results are probably based on the use of smaller EEG-electrodes compared to the sponge-electrodes in previous studies.



# Lebenslauf

---

## Persönliche Informationen

<i>Name</i>	Ulla Köhler
<i>Geburtsdatum</i>	28.12.1987
<i>Geburtsort</i>	Roth
<i>Staatsbürgerschaft</i>	Deutschland

---

## Ausbildung

<i>1993-1997</i>	Grundschule Wendelstein
<i>1997-2004</i>	Wolfram von Eschenbach Gymnasium; Schwabach
<i>2004-2006</i>	Wilhelm Löhe Gymnasium; Nürnberg
<i>Seit WS 2007</i>	Studium der Psychologie; Universität Wien
<i>Juli 2010- Sept. 2010</i>	Praktikum in der Betreuung von Waisenkindern; Mosoq Ayullu, Huancayo, Peru
<i>Nov. 2010-Feb. 2011</i>	Praktikum in der psychotherapeutischen Flüchtlingsbetreuung; Caritas Integrationshaus, Wien
<i>Aug. 2011-Sept. 2011</i>	Praktikum in der Kinder- und Jugendpsychiatrie Rottmannshöhe; Heckscher Klinikum München