

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie

Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor der Klinik: Prof. Dr. Peter Falkai

Einfluss einer Stimulation des präfrontalen Kortex auf Wahrnehmung und Verhalten in einer virtuellen Ausschlusssituation



Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie

an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Vorgelegt von

Mag.rer.nat. Linda Wulf

aus Berlin

2020

Mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Frank Padberg

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Jochen Gerstenmaier
Prof. Dr. Ernst Pöppel

Mitbetreuung durch Frau Prof. Dr. Julia Dewald-Kaufmann

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 02.03.2020

Inhaltsverzeichnis

ABSTRACT	5
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	6
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6
TABELLENVERZEICHNIS	7
1 EINLEITUNG	9
1.1 OSTRAZISMUS ALS SOZIALPSYCHOLOGISCHES PHÄNOMEN	10
1.1.1 SOZIALE AUSGRENZUNG UND ANPASSUNG ALS ADAPTIVE ÜBERLEBENSSTRATEGIEN	10
1.1.2 SOZIALE ZUGEHÖRIGKEIT ALS MENSCHLICHES GRUNDBEDÜRFNIS	12
1.1.3 NEED-THREAT-MODELL NACH WILLIAMS	15
1.1.4 DAS OSTRAZISMUS-MODELL	20
1.2 DAS CYBERBALL-PARADIGMA	26
1.2.1 VOM FACE-TO-FACE ZUM VIRTUELLEN PARADIGMA	26
1.3 TRANSKRANIELLE GLEICHSTROMSTIMULATION (TDCS)	28
1.3.1 ELEKTROPHYSIOLOGISCHE WIRKWEISE DER TDCS	31
1.3.2 RISIKEN UND NEBENWIRKUNGEN DER TDCS	34
1.4 DIE ROLLE DES RECHTEN VENTRALEN PRÄFRONTAL KORTEXES	34
2 STAND DER FORSCHUNG UND THEORETISCHER HINTERGRUND	39
2.1 TDCS IN DER SOZIALPSYCHOLOGISCHEN FORSCHUNG	39
2.2 TDCS UND CYBERBALL	40
2.3 EINFÜHRUNG IN DAS ADAPTIERTE CYBERBALLPARADIGMA	45
2.4 FORSCHUNGSFRAGE UND HYPOTHESEN	49
3 METHODIK	51
3.1 STUDIENABLAUF UND DESIGN	51
3.2 PROBANDEN	53
3.2.1 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN	53
3.2.2 VORUNTERSUCHUNGEN	54
3.3 DURCHFÜHRUNG	56
3.3.1 CYBERBALL	56
3.3.2 TRANSKRANIELLE GLEICHSTROMSTIMULATION	57

3.4	MESSINSTRUMENTE	59
3.4.1	DURCHFÜHRBARKEIT DER TDCS	59
3.4.2	PRIMÄRES ERGEBNISMAß	60
3.4.3	SEKUNDÄRES ERGEBNISMAß	63
3.4.4	PRÄDIKTORVARIABLEN	64
3.5	STATISTISCHE AUSWERTUNG UND POWERANALYSE	66
4	ERGEBNISSE	69
4.1	SICHERHEIT DER STIMULATION	69
4.2	ÜBERPRÜFUNG DES CYBERBALL-PARADIGMAS	70
4.2.1	PRÜFUNG DES WAHRGENOMMENEN PARTIELLEN SOZIALEN AUSSCHLUSSES	71
4.2.2	PRÜFUNG DER ANNAHME NEGATIVER EMOTIONEN NACH SOZIALEM AUSSCHLUSS	80
4.2.3	VERÄNDERUNG DES INNEREN ANSPANNUNGSLEVEL (<i>ASSESMENT OF INNER TENSION</i>)	83
4.3	PRÜFUNG DER FORSCHUNGSHYPOTHESEN	84
4.3.1	HYPOTHESE 1) ZUM EFFEKT DER STIMULATION AUF DAS SPIELVERHALTEN WÄHREND DES CYBERBALLSPIELS	85
4.3.2	HYPOTHESE 2A) ZUM EFFEKT DER STIMULATION AUF DIE BEDÜRFNISBEDROHUNG (NEED-THREAT-MODEL)	97
4.3.3	HYPOTHESE 2B) ZUM EFFEKT DER STIMULATION AUF STRESSREAKTIONEN	101
4.3.4	ERHEBUNG DER VERHALTENSINTENTION (<i>ASSESMENT OF BEHAVIORAL INTENTION</i>)	102
4.3.5	EXPLORATIVE PRÜFUNG DES ZUSAMMENHANGS ZWISCHEN PERSONENVARIABLEN UND SPIELVERHALTEN	103
5	DISKUSSION	107
5.1	ZUSAMMENFASSUNG DER HAUPTERGEBNISSE	107
5.2	DISKUSSION DER METHODEN	108
5.2.1	TRANSKRANIELLE GLEICHSTROM STIMULATION	108
5.2.2	PRÜFUNG DES CYBERBALL-PARADIGMAS	119
5.3	DISKUSSION DER HAUPTERGEBNISSE	122
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	130
7	APPENDIX	132
8	LITERATURVERZEICHNIS	139
9	DANKSAGUNG	148
10	EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	149

Abstract

Ostrazismus wird allgemein mit dem Phänomen der sozialen Ausgrenzung bzw. Exklusion in Zusammenhang gebracht. Mit der Veröffentlichung des sogenannten *Cyberball-Paradigmas* (z.B. Williams & Jarvis, 2006) ist es möglich die Auswirkungen von Ostrazismus in einem virtuellen Setting unter Laborbedingungen zu untersuchen. In jüngster Zeit haben sich einige Wissenschaftler der Methode der sogenannten transkraniellen elektrischen Stimulation (tES) bedient, um die Modulation neuronaler Prozesse auf die Bewältigung von Ostrazismus zu erforschen. Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Arbeit, den Einfluss einer Hirnstimulation auf das Verhalten in einer virtuellen Ausschlussituation zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden 40 Probanden (14 männliche und 26 weibliche Teilnehmer zwischen 18 und 43 Jahren, $M_w=28,6$ Jahre) unter Anwendung einer adaptierten Version des Cyberball-Paradigmas mit einem partiellen sozialen Ausschluss durch einen Mitspieler konfrontiert. Zeitgleich erfolgte eine Hirnstimulation des rechten ventrolateralen präfrontalen Kortexes (rVLPFK) mittels transkranieller Gleichstrom Stimulation (tDCS). Die Teilnehmer wurden vorher entweder der verum-tDCS ($n=19$) oder der Placebogruppe (sham-tDCS, $n=21$) randomisiert zugeteilt. Basierend auf der Annahme, dass eine Stimulation des rVLPFK die Regulation von durch Ostrazismus evozierten emotionalen Schmerzzuständen unterstützt, entstand die Hypothese, dass die Probanden der verum-Gruppe ein anderes Spielverhalten während der 10-minütigen Ausschlussphase demonstrieren als Personen mit einer sham-Stimulation. Des Weiteren wurde der Frage nachgegangen, ob die tDCS einen Einfluss auf die Bedrohung der vier fundamentalen Bedürfnisse (Williams, 2009) aufgrund der sozialen Ausgrenzungserfahrung hat. Die Ergebnisse zeigten, dass die tDCS das Spielverhalten unter der sozialen Ausschlussbedingung nicht beeinflusste. In der verum-Gruppe konnte ein marginaler Unterschied im Spielverhalten zwischen der Ausschluss- und Kontrollbedingung dargelegt werden. Die Analyse des Spielverhaltens aller Teilnehmer, ungeachtet der Hirnstimulation, ergab signifikante Unterschiede zwischen der Ausschluss- und der Kontrollbedingung. Auf deskriptiver Ebene wurde ersichtlich, dass Teilnehmer mit einer verum-tDCS während der Ausschlussvariante mehr prosoziale Spielstrategien zur Wiederherstellung der sozialen Zugehörigkeit anwendeten als die Probanden mit einer sham-tDCS. Den Ergebnissen zur Bedürfnisbedrohung ist zu entnehmen, dass die tDCS das Ausmaß subjektiv bedrohter Bedürfnisse durch den sozialen Ausschluss nicht beeinflusste. Eine anschließende explorative Analyse zum Zusammenhang zwischen Personenvariablen und Spielverhalten brachte keine signifikanten Ergebnisse hervor.

Abkürzungsverzeichnis

AE	Adverse Events
AV	Abhängige Variable
bpm	beats per minute
dAZK	dorsal anterior zingulären Kortex
mA	Milliampere
ms	Millisekunden
mV	Millivolt
NTQ	Need-Threat-Questionnaire
rDLPFK	rechter dorsolaterale präfrontale Kortex
rPPK	rechter posteriore partietaler Kortex
rVLPFK	rechter ventrolaterale präfrontale Kortex
Sd	Standardabweichung
SEM	Standardfehler der Mittelwerte
tACS	transcranial alternating current stimulation (dt.: transkranielle Wechselstrom Stimulation)
tDCS	transcranial direct current stimulation (dt.: transkranielle Gleichstrom Stimulation)
tES	transkranielle elektrische Stimulation
TMS	transkranielle Magnetstimulation
tRNS	transkranielle random-noise Stimulation
UV	Unabhängige Variable
vPFK	ventraler präfrontaler Kortex

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Ostrazismus-Modell nach Williams	25
Abbildung 2: Instrumente des deutschen Arztes Christian Heinrich Ernst Bischoff	30
Abbildung 3: Schematische Darstellung der Polarisierungseffekte durch tDCS Stimulation	32
Abbildung 4: Neuromodulatorische Effekte der tDCS auf das Ruhepotential der Zellmembran	33
Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung relevanter Areale des präfrontalen Kortex.....	35
Abbildung 6: Zeitplan der Cyberballstudie.....	52
Abbildung 7: Forschungslogischer Zusammenhang der zu untersuchenden Variablen	53
Abbildung 8: Darstellung des experimentellen Settings	57
Abbildung 9: Position der Schwammelektrode auf der Position F6 am Kopf.....	58
Abbildung 10: Montage EKG Elektroden	63
Abbildung 11: Mittelwerte und SEM zu aversiven Sensationen	70
Abbildung 12: Mittelwerte und SEM zur erlebten Ostrazismusintensität	72
Abbildung 13: Median und Standardabweichung der Ballwurfschätzungen für beide Bedingungen.	73
Abbildung 14: Mittelwerte und SEM zum Integrationsgefühl.....	75
Abbildung 15: Mittelwerte und SEM zum Integrationsgefühl.....	75
Abbildung 16: Mittelwerte und SEMs des empfundenen Ausmaßes an aversiven Auswirkungen	76
Abbildung 17: Mittelwerte und SEM zum Kohäsionsgefühl.....	77

Abbildung 18: Mittelwerte (SEM) der Skala zu positiven Emotionen.....	81
Abbildung 19: Mittelwerte (SEM) der Skala zu selbstbezogenen negativen Emotionen	82
Abbildung 20: Mittelwerte (SEM) der Skala zu fremdbezogenen negativen Emotionen	83
Abbildung 21: Ausmaß an erlebter innerer Anspannung (in%).....	84
Abbildung 22: Spielverhalten beider Gruppen (verum vs. sham) über 12 Minuten Spielzeit	86
Abbildung 23: Spielverhalten gesamt für beide Stimulationsgruppen	87
Abbildung 24: Spielverhalten beider Gruppen (verum vs. sham) über 12 Minuten Spielzeit.....	88
Abbildung 25: Spielverhalten gesamt für beide Stimulationsgruppen	89
Abbildung 26: Spielverhalten in der verum-Gruppe in beiden Integrationsvarianten	91
Abbildung 27: Vergleich zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante in der verum-Gruppe	92
Abbildung 28: Spielverhalten in der sham-Gruppe für beide Integrationsvarianten	93
Abbildung 29: Vergleich zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante in der sham-Gruppe.....	94
Abbildung 30: Spielverhalten gesamt in Kontroll- und Experimentalbedingung.	95
Abbildung 31: Vergleich des Spielverhaltens zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante.....	96
Abbildung 32: Mittelwerte und SEM beider Stimulationsgruppen	98
Abbildung 33: Mittelwerte und SEM der Zugehörigkeitsskala.....	98
Abbildung 34: Mittelwerte und SEM der Selbstwertskala	99
Abbildung 35: Mittelwerte und SEM der Skala für soziale Bedeutung.....	100
Abbildung 36: Mittelwerte und SEM der Skala für soziale Kontrolle.....	100
Abbildung 37: Deltas der Ballwurfhäufigkeiten pro Minute	127

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeigt Mittelwerte, SEM, Signifikanzniveau und Effektstärken (ES) der Einschlussvariante.....	78
Tabelle 2: Zeigt Mittelwerte, SEM, Signifikanzniveau und Effektstärken (ES) der Ausschlussvariante.....	79
Tabelle 3: Mittelwerte (Sd) der Herzraten beider Gruppen unter beiden Stimulationsarten.....	102
Tabelle 4: Häufigkeiten der Verhaltensintentionen aufgeteilt nach Stimulationsart	103
Tabelle 5: Ergebnisse Test auf Normalverteilung	104
Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen der Zusatzfragebögen.....	105
Tabelle 7: Ergebnisse der Mixed Modell Analyse	106
Tabelle 8: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Personenvariablen und Spielverhalten	106
Tabelle 9: Übersicht zu Studien mit der parallelen Anwendung des Cyberball-Paradigmas und der tDCS.....	111
Tabelle 10: Mittelwerte und Standardfehler des Spielverhaltens in der Einschlussvariante	124
Tabelle 11: Mittelwerte und Standardfehler des Spielverhaltens in der Ausschlussvariante	124
Tabelle 12: Mitspielerpräferenzen aufgeteilt in Stimulationsgruppen in der Ausschlussbedingung	126

I'm not afraid of death but I am afraid of dying.

Pain can be alleviated by morphine but the pain of social ostracism cannot be taken away.

-

Derek Jarman, British Film Director (b. 1942)

1 Einleitung

Das Empfinden ignoriert, ausgegrenzt oder als weniger wert betrachtet zu werden sowie als nicht zugehörig zu gelten, löst bei jedem Menschen das unangenehme Gefühl der Angst, des Unbehagens und der Unruhe aus (Baumeister & Leary, 1995). Das Phänomen der sozialen Ausgrenzung wird meist unter dem Begriff des *Ostrazismus* subsumiert (Gruter & Masters, 1986; Zippelius, 1986; Williams, 2007). In erster Instanz könnte man denken, dass es sich dabei um ein abstraktes psychologisches Konstrukt handelt, das für einen selber kaum persönliche Relevanz besitzt und wenig Alltagsbezug bietet. Dennoch ist es umso erstaunlicher wie oft der Einzelne mit Ostrazismus in seinem Leben konfrontiert wird und diesen immer wieder bewältigen muss. Die Bedrohung der Ausgrenzung aus der Gemeinschaft schwebt gleichsam wie ein Damoklesschwert des sozialen Todes von Beginn der Existenz über dem Individuum (Williams, 2002, 2007; Case & Williams, 2004). Bereits im frühen Kindesalter lassen sich als Teil der Sozialentwicklung Dynamiken der Gruppenbildung und der Ausgrenzung als Strategie zur sozialen Kontrolle erkennen (Barner-Barry, 1986). Auch im späteren Verlauf des Lebens kann soziale Ausgrenzung immer wieder auftauchen. Heutzutage der breiten Masse besonders unter dem Begriff des *Mobbings* bekannt, was zu viel Leid und Hilflosigkeit bis hin zu einschneidenden Konsequenzen wie Schulwechsel oder Arbeitsunfähigkeit bei der betreffenden Person führen kann. Darüber hinaus ließen sich zahlreiche aktuelle andere, nicht weniger tragische Beispiele wie die soziale Ausgrenzung älterer Personen, geflüchteten Menschen, Personen mit einer anderen religiösen Ausrichtung, Hautfarbe oder auch Menschen mit Behinderung aufführen.

Dem entgegengesetzt versucht das jedem Menschen immanente *Bedürfnis nach Zugehörigkeit* wie ein richtungsweisender Finger immer wieder durch den Einsatz unbewusster Strategien das Individuum zurück in den heilsamen Zustand der sozialen Zugehörigkeit zu lenken (Baumeister & Leary, 1995). Beide Akteure, die Gefahr der sozialen Exklusion von außen und das Bedürfnis nach sozialer Inklusion von innen, sind so alt wie die Evolution sozialer Wesen selbst. Bis zu einem gewissen Grad findet die Auseinandersetzung mit drohendem Ostrazismus unbewusst bzw. instinkthaft unter Anwendung verschiedenster psychologischer Strategien statt, was wiederum Einfluss auf das Denken, Fühlen und Verhalten nimmt, ohne dass es explizit gesteuert oder wahrgenommen wird (Baumeister & Leary, 1995; Blackhart, Nelson, Knowles et al., 2009). Vor diesem Hintergrund gewinnt das Thema *Ostrazismus* nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch auf gesellschaftspolitischer Ebene zunehmend an Relevanz. Insbesondere die negativen Auswirkungen chronischer sozialer Ausgrenzung wie Resignation, Depression, Arbeitsunfähigkeit, Krankheit, Aggressivität und Gewalt erhöhen die Brisanz und Aktualität des Forschungsthemas (Baumeister & Leary, 1995; Williams, 2002, 2008; Leary, Kowalski, Smith et al., 2003).

1.1 Ostrazismus als sozialpsychologisches Phänomen

Der Begriff *Ostrazismus* geht auf das Verfahren des Scherbengerichts (*Ostrakismos*; *óstraka* = Scherbe) im antiken Griechenland (ca. 500 v.Chr.) zurück, das zur mehrjährigen Ausweisung aus dem städtischen Leben einer gegen den Staat opponierenden Person (Siewert, 2002; Thomsen, 1972) angewendet wurde. Dabei ritzen die Stimmberechtigten den Namen der in Ungnade gefallenen Person in eine Scherbe, um diese dann aus der Stadt zu verbannen. In der sozialpsychologischen Literatur wird daher Ostrazismus mit dem Vorgang sozialer Ausgrenzung oder Ausweisung konzeptualisiert (Gruter & Masters, 1986; Zippelius, 1986). Neben dem Ostrazismusbegriff tauchen in der wissenschaftlichen Literatur Bezeichnungen wie „rejection“ (Zurückweisung) oder „social exclusion“ (sozialer Ausschluss durch andere) auf, die das Phänomen der sozialen Ausgrenzung beschreiben (Williams, 2007; Leary et al., 2003). Da es keine klare definitorische Abgrenzung dieser drei Begriffe gibt, werden sie oftmals synonym verwendet. Alle drei Formen beinhalten den Ausschluss aus einer sozialen Bindung begleitet von interpersonell aversivem Verhalten gegenüber dem Individuum durch eine andere Person oder eine Gruppe (Williams, 1997, 2007).

1.1.1 Soziale Ausgrenzung und Anpassung als adaptive Überlebensstrategien

Die Strategie des Ostrazismus kann als allgegenwärtiges soziales Phänomen erachtet werden (Williams, 1997), das mehr als nur ein Randphänomen der Sozialpsychologie ist. Sozialer Ausschluss kann nicht nur in unserer modernen, hochentwickelten Gesellschaft, sondern auch bei Naturvölkern, Religionsgemeinschaften, Vereinen und Institutionen wie auch bei allen anderen, in sozialen Strukturen lebenden Menschen und Tieren, wie Löwen, Büffeln, Primaten, Bienen, usw., beobachtet werden (Williams, 2009; Lancaster, 1986). Aufgrund der Ubiquität des Phänomens in vielen vorkommenden sozialen Strukturen, lässt sich vermuten, dass eine tiefergehende, evolutionäre Zweckmäßigkeit hinter der vermeintlich *bösartigen* Strategie liegt. Die beiden Sozialpsychologen Magarete Gruter und Rogers Masters kamen daher in ihren Untersuchungen zu dem Schluss, dass sich Ostrazismus als ein adaptives Gruppenverhaltensmuster zum Erhalt der Gruppenstärke und zum Schutz der Gruppe vor gefährlichen, unberechenbaren oder belastenden Mitgliedern evolviert hat (Gruter & Masters, 1986). Vor allem für Tiere bedeutet ein Ausschluss aus der Gruppe mit dem Entzug von Sicherheit, Nahrung, Schutz und Unterschlupf den sicheren Tod als leichte Beute für Fressfeinde. Aber auch für den Homo Sapiens war und ist der Entzug von Fürsorge, Verpflegung, Schutz und Unterkunft nicht weniger bedrohlich. Daher ist es nur allzu nachvollziehbar, dass die meisten sozialen Wesen den sozialen Ausschluss fürchten (Williams, 2009). Infolgedessen ist der Betroffene bei einem aufkommenden Konflikt mit der Gruppe eher dazu geneigt, Konformität und Anpassung anzustreben, als aus der Gruppe ausgeschlossen zu werden. Demgemäß wird vermutet, dass die immanente Furcht

1 Einleitung

vor Ostrazismus implizit den sozialen Zusammenhalt sichert, insofern dass es das Individuum oder Tier dazu motiviert, sich eher an soziale Normen anzupassen und diese im erwarteten Maße zu befolgen (Lancaster, 1986; Zippelius, 1986; Williams, 2009).

Ostrazismus vollzieht sich jedoch oftmals nicht offensichtlich oder explizit, sondern eher schleichend und verschlossen. Dieser Prozess lässt sich am Beispiel einer Gruppenstudie vom bekannten Sozialpsychologen Stanley Schachter (1951) exemplifizieren. Er untersuchte in einem Experiment inwieweit eine abweichende Meinung einer Person innerhalb einer Gruppendiskussion zum Ausschluss bzw. zur Zurückweisung dieser Person führt. Dafür sollte eine in das Experiment eingeweihte Person eine offensichtlich abweichende Meinung, von der der anderen Gruppenmitglieder vertreten. Die Reaktionen, die darauffolgt, wie zum Beispiel die Erhöhung des Drucks auf die abweichende Person, dass sie ihre Meinung in Richtung der allgemeinen Gruppenmeinung ändert, wurden als Versuch der Wiederherstellung der Gruppenuniformität verstanden. Das Ergebnis zeigte, dass wenn die abweichende Person in ihrer konträren Meinung, trotz der Änderungsversuche durch die Gruppe, standhaft blieb, die Gruppenmitglieder in einem nachfolgenden Einzelrating angaben, am ehesten auf die Mitgliedschaft der abweichenden Person verzichten zu wollen. Zudem wurde der mögliche Ausschluss der abweichenden Person umso stärker forciert, je höher die Gruppenkohäsion zwischen den anderen Gruppenmitgliedern war.

Vor dem Hintergrund dieser und anderer Sozialstudien bezeichnet Williams Ostrazismus daher auch als *silent treatment* (Williams, Shore & Grahe, 1998, Williams, 2009) das wörtlich übersetzt „die stille Behandlung“ heißt. Jedoch ist damit *das Strafen* der anderen Person durch schweigen bzw. durch das absichtliche Ignorieren des Interaktionspartners gemeint, was nach und nach zu einer Isolation der betroffenen Person führt. Bezugnehmend auf diese Annahme konnte in mehreren Experimenten zu verschiedenen Ostrazismusformen demonstriert werden, dass auf interaktioneller Ebene eine klar erkennbare genuine Sensibilität (Zadro, Williams & Richardson, 2004) gegenüber Ostrazismushinweisen wie Schweigen und Ignoranz besteht, insbesondere wenn Blick- oder Verbalkontakt sowie eine auf die Person ausgerichtete körperliche Haltung bzw. Zuwendung ausbleiben (Williams & Sommer, 1997; Williams, Shore & Grahe, 1998; Zadro, Williams & Richardson, 2004). Die computergestützten Blickrichtungsstudie (Eye-gaze-Paradigma) von Wirth und Kollegen (2010) konnte zeigen, dass bereits 20 Sekunden ausbleibender Blickkontakt durch Wegschauen ausreichen, um negative Emotionen und das Gefühl ignoriert zu werden auszulösen.

Dementsprechend wird angenommen, dass sich neben der adaptierten *Gruppenüberlebensstrategie* des Ostrazismus, gleichzeitig eine Art Überlebensstrategie *des Einzelnen* evolviert hat. Folglich sei die interaktionelle Sensibilität einer Art primitivem, adaptiertem *Alarmsystem* geschuldet, welches schon bei den kleinsten Hinweisen von Ostrazismus, wie zum Beispiel fehlender Blickkontakt und

1 Einleitung

Abwendung, aktiviert wird (Zadro, Williams & Richardson, 2004; Williams, 2009). Die Funktion dieses inneren, hochsensiblen Alarmsystems sei es, das eigene soziale Überleben innerhalb der Gruppe auf Basis einer präventiven Funktionsweise zu sichern. Aufgrund der niedrigen Erregungsschwelle wird das Individuum vor möglichen Ostrazismustendenzen gewarnt, noch bevor sich die isolierenden und schädlichen Auswirkungen des sozialen Ausschlusses entfalten können (Williams, 2009); mögliche Fehlalarme sind aufgrund der hohen Sensibilität sehr wahrscheinlich. Das Individuum ist somit aus der Warnung heraus befähigt, entweder sein Verhalten in Richtung der Gruppenkonformität zu korrigieren oder sich frühzeitig einer alternativen Gruppe anzuschließen (Williams, 2009).

Die Frage, warum das innere Alarmsystem mit einer so hohen Empfindsamkeit gegenüber Ostrazismus ausgestattet ist, erklärt sich Williams mit dem Prinzip einer evolutionären *Kosten-Nutzen-Abwägung* (Williams, 2009). Er geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit eines Fehlalarms zugunsten der Vermeidung eines viel größeren Schadens, wie sozialer Ausgrenzung, physischer und psychischer Beeinträchtigung und Tod, in Kauf genommen wurde. Das System würde nach dem Prinzip „detect first – ask questions later“, im übertragenen Sinne „erst warnen – dann fragen“, arbeiten (Williams, 2009). Folglich kann das Phänomen Ostrazismus vom evolutionären Standpunkt aus in zweierlei Hinsicht interpretiert werden: zum einen als schützende Gruppenstrategie und zum anderen als tödliche Gefahr für das Individuum. Vor diesem Hintergrund widmet sich der folgende Abschnitt der Erörterung innerpsychischer Bedingungen für die Wirkung von Ostrazismus. Im Fokus steht dabei das *Bedürfnis nach Zugehörigkeit* als Grundvoraussetzung für die Entwicklung sozialer Strukturen wie Gruppen und Gemeinschaften (Baumeister & Leary, 1995).

1.1.2 Soziale Zugehörigkeit als menschliches Grundbedürfnis

Ogleich es in der wissenschaftlichen Praxis schon zahlreiche psychologische Ansätze gab, das menschliche Bedürfnis nach langandauernden sozialen Bindungen zu erklären (z.B. Freud, 2005; Donne, 1959; Maslow, 2013; Bowlby, 1972), setzten es sich die beiden Sozialpsychologen Roy Baumeister und Mark Leary (1995) Mitte der 90er Jahre zum Ziel, das Bedürfnis nach Zugehörigkeit unter dem Aspekt einer grundlegenden, inneren, menschlichen Motivation zu analysieren und wissenschaftlich einzuordnen.

In ihrer Schlussfolgerung definierten sie das Bedürfnis nach Zugehörigkeit als ein fundamentales, kulturübergreifendes, universell geltendes, angeborenes menschliches Bedürfnis bzw. als einen Trieb, der vorrangig dem Aufbau und Erhalt einer ausreichenden Mindestanzahl an interpersoneller Beziehung dient. Laut den Autoren führt das Fehlen solcher sozialen Verbindungen zu physischen und psychischen Leidenszuständen, die das Individuum nachhaltig gesundheitlich gefährden (Baumeister

1 Einleitung

& Leary, 1995). Sie gehen davon aus, dass zwei wesentliche Kriterien zur Befriedigung des Zugehörigkeitsbedürfnisses erfüllt sein müssen:

- a) Ein regelmäßiger, persönlicher Kontakt zu mindestens einigen wenigen Personen, der im Idealfall affektiv angenehm und positiv getönt sowie möglichst frei von Konflikten und negativen Emotionen ist.
- b) Es besteht eine subjektiv wahrnehmbare reziproke Fürsorge und Wertschätzung.

Im Umkehrschluss lässt sich mit dieser Annahme auch erklären, *wann* das Bedürfnis nach Zugehörigkeit nicht erfüllt sein kann. Dies trifft beispielsweise auf Beziehungen zu, bei denen trotz ausreichender affektiver Verbundenheit ein persönlicher Kontakt ausbleibt oder nur sehr selten stattfindet und bei Beziehungen, die zwar regelmäßig und persönlich stattfinden, die Qualität des Kontakts jedoch keine angenehme affektive Begleitung oder gegenseitige Wertschätzung und Fürsorge erfährt. Bei diesen Konstellationen würde das Zugehörigkeitsbedürfnis unzureichend befriedigt werden und die Motivation sich anderen, neuen, potentiell befriedigenden Kontakten zuzuwenden, würde sich erhöhen. Laut Baumeister und Leary (1995) kann also eine Art Bedürfnis*substitution* stattfinden. Zugleich räumen sie jedoch ein, dass vor allem bei sehr bedeutenden, engen Beziehung, die aufgrund von Konflikten, Verlust oder Trennung gelöst werden, die ursprüngliche Qualität durch neue Beziehung nicht unbedingt gänzlich wiederhergestellt oder ersetzt werden kann; das Individuum könne allerdings bis zu einem gewissen Grad einen subjektiven Nutzen daraus ziehen.

Den entgegengesetzten Fall, wenn beispielsweise eine ausreichende Anzahl an befriedigenden und anhaltenden sozialen Beziehungen hergestellt wurde und die Motivation, neue zusätzliche Beziehung einzugehen, schwindet, erachten die Autoren als Ausdruck eines *Sättigungseffekt*. Dieser würde solange anhalten bis sich die Anzahl der etablierten Beziehungen aus verschiedenen Gründen (z.B. Umzug, Trennung, Mobbing) wieder reduziert. So könne man beobachten, dass eine Person, die neu in eine Stadt zieht, zunächst eine höhere Motivation zeigt, neue Bekanntschaften zu knüpfen, als jemand, der schon seit 20 Jahren im selben Ort wohnt (Baumeister & Leary, 1995). Der Sättigungseffekt erklärt auch, warum wir den Verlust einer sozusagen lockeren Bekanntschaft besser verkraften, als den Verlust einer sehr engen Freundschaft. Je mehr stabile, andauernde und positive Beziehung man besitzt, desto besser kann man das Wegbrechen weniger wichtiger Beziehungen bewältigen (Baumeister & Leary, 1995).

Vor dem Hintergrund subtil ablaufender Prozesse, nehmen Baumeister und Leary (1995) an, dass der Zugehörigkeitstrieb, vergleichbar mit anderen Trieben, über eine innere Ausstattung an steuernden Mechanismen verfügt, die dem Individuum unterschwellig zur Bedürfnisbefriedigung verhelfen. Bei Aktivierung des Zugehörigkeitsbedürfnisses steuern die Mechanismen Bereiche wie das Verhalten, die Emotionen und Kognitionen, um diskret dafür zu sorgen, dass der Mensch sich immer wieder in

1 Einleitung

sozialen Gruppen und langandauernden Beziehungen wiederfindet. Dementsprechend sind sie dafür verantwortlich, dass Menschen die Neigung verspüren sich anderen Vertretern der menschlichen Gattung zuzuwenden. Des Weiteren bewirken die Mechanismen emotionalen Stress und (sozialen) Schmerz sobald interpersonelle Beziehungen nicht mehr zur Verfügung stehen sowie die Entwicklung angenehmer Affekte bei sozialem Kontakt oder sozialer Verbundenheit (Baumeister & Leary, 1995). Folglich befeuern diese Mechanismen das *soziale Lernen* auf Basis operanter Lernmechanismen: Angenehme soziale Kontakte werden mit positiven Affekten wie Freude, Zuneigung, Verbundenheit *belohnt*; in der Konsequenz wird eine Solidierung und Aufrechterhaltung dieser Beziehung unterstützt und das Zugehörigkeitsbedürfnis erfüllt. Dagegen werden soziale Entbehrung, Zurückweisung, Ablehnung, Ignoranz oder der Verlust dieser Beziehung mit negativen, schmerzenden und *strafenden* Affekten wie Angst, Kummer, Einsamkeit, Depression begleitet; das Zugehörigkeitsbedürfnis wird in der Konsequenz bedroht (Baumeister & Leary, 1995).

Baumeister und Leary (1995) weisen den Emotionen in diesem Kontext eine sehr relevante und vermittelnde Rolle bei der Befriedigung des Zugehörigkeitsbedürfnisses zu und gehen von einem generellen und inhärenten Widerstand aus, Bindungen und Beziehung zu lösen, der unabhängig von rationalen, praktischen oder materiellen Abwägungen ist. Nichtsdestotrotz kommt es natürlicherweise vor, dass Beziehungen willentlich aufgrund anhaltender Konflikte oder destruktiver Eigenschaften gelöst werden (müssen). Dennoch betonen die Autoren das Fehlen wissenschaftlicher Hinweise oder Belege dafür, dass bedeutende Beziehungen gelöst werden können, ohne dass anfangs subjektives Leid und emotionaler Stress entstünden. Aufgrund dessen sei die basale Funktion der Emotionen, das Verhalten und Denken so zu regulieren, dass Bindungen geformt, hergestellt und erhalten werden (Baumeister & Leary, 1995).

Warum das Zugehörigkeitsbedürfnis so fundamental ist, begründen die beiden Sozialpsychologen mit der Annahme eines evolutionären Vorteils von sozialer Zugehörigkeit, die zumindest zu gewissen Anteilen in der heutigen Zeit noch Gültigkeit besitzt. Sie nehmen an, dass die Überlebenschance eines Individuums, das kaum oder gar nicht über stabile, andauernde soziale Beziehung oder einer Gruppenzugehörigkeit verfügt, nur sehr gering ist. Darüber hinaus würden sich auch Überlebensvorteile für die Gruppe als Ganzes ergeben. Ein durch starke, stabile Beziehungen geprägter Gruppenzusammenhalt erhöhe die Fähigkeit der Gruppe limitierte Ressourcen gegenüber externen Bedrohungen effizienter zu verteidigen (Baumeister & Leary, 1995). Zudem könne sich auch ein Individuum effizienter gegenüber externer Bedrohung verteidigen, je stärker der soziale Rückhalt durch die eigene Gruppe ist. Vor diesem Hintergrund nehmen die beiden Autoren an, dass das universelle Auftreten des Zugehörigkeitsbedürfnisses durch die evolutionäre Zweckmäßigkeit erklärt

werden kann und es daher als Bedürfnismuster über die verschiedenen kulturellen Gruppen hinweg beobachtbar ist (Baumeister & Leary, 1995).

Zusammengefasst liefern die Ausführungen von Baumeister und Leary (1995) einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Wirkweise und Angriffspunkte von Ostrazismus. Die Tatsache psychischer und körperlicher Leidenszustände bei Frustration des Zugehörigkeitsbedürfnisses erklärt, warum ein möglicher sozialer Ausschluss als so bedrohlich empfunden wird. Zudem wird die essentielle Bedeutsamkeit stabiler, sozialer Verbindungen und das Streben nach Erhalt dieser Beziehungen zur Sicherung des eigenen Wohlbefindens und Überlebens deutlich. Ausgehend davon entwickelte Williams die Hypothese, dass Ostrazismus neben dem Bedürfnis nach Zugehörigkeit noch drei weitere fundamentale Bedürfnisse bedrohe (Williams, 2009). Dieser Behauptung widmet sich das anschließende Unterkapitel.

1.1.3 Need-Threat-Modell nach Williams

Aus der Ansicht heraus, dass die Erfahrung von Ausschluss und Ignoranz bei fast allen Menschen zu subjektivem Leiden führt (Williams & Nida, 2011) schlussfolgerte Williams, dass der Leidenszustand mit der Frustration wesentlicher Bedürfnisse, wie zum Beispiel das nach Zugehörigkeit oder Wertschätzung, zusammenhängt (Baumeister & Leary, 1995).

Basierend auf vorherigen Ansätzen zu Bedürfnistheorien (vgl. Baumeister & Leary, 1995; Adler, 1929; Seligman & Maier, 1967) postulierte er die These, dass vier fundamentale, menschliche Grundbedürfnisse durch Ostrazismus bedroht werden:

1. **Das Bedürfnis nach Zugehörigkeit:** Williams nimmt an, dass das Zugehörigkeitsbedürfnis in direkter und unmittelbarer Art und Weise von Ostrazismus bedroht wird (Williams, 2009; Twenge, Baumeister, DeWall et al., 2007). Seiner Ansicht nach verursacht Ostrazismus eine Trennung zwischen dem Selbst und den Anderen. Durch den Verlust dieser Verbindung und das Ausgegrenzt-Sein, erfährt das Individuum eine Art *sozialen Tod* (Case & Williams, 2004), indem es nicht mehr beachtet oder in seiner Bedeutsamkeit als Mensch wahrgenommen wird.
2. **Das Bedürfnis nach Selbstwerterhalt:** Wie weiter oben beschrieben, vollzieht sich Ostrazismus still und verschlossen, d.h. ohne die Angabe irgendwelcher Begründungen, warum die betreffende Person ausgegrenzt wird. Williams geht davon aus, dass das ausgegrenzte Individuum automatisch nach Erklärungen für den Ausschluss suchen wird. Da es ohne Angabe von Erklärungen sich selbst überlassen bleibt, wird es auf kurz oder lang den Ausschluss seinem eigenen sozialen Versagen zuschreiben (Williams, 2009). Daraus resultieren selbstwerterniedrigende Selbstanschuldigungen, wie zum Beispiel die Annahme sich

1 Einleitung

unangemessen, egoistisch oder niederträchtig verhalten zu haben (Williams, 2009). Williams behauptet daher, dass die eigenen Selbstanklagen einen weitaus größeren negativen Einfluss auf den Selbstwert haben, als die Konfrontation bzw. Auseinandersetzung mit einer oder wenigen Fremdanlagen.

3. **Das Bedürfnis nach sozialer Kontrolle:** Williams zufolge verläuft Ostrazismus einseitig. Ein beiderseitiger Austausch über die Gründe des sozialen Ausschlusses findet nicht statt. Das ausgegrenzte Individuum hat somit keinerlei Möglichkeiten den Vorgang des Ausschlusses zu diskutieren, Argumente hervorzubringen oder Erklärungen einzufordern. Es wird in einen Zustand der Hilf- und Machtlosigkeit entlassen, was ihm jegliche Form der Situationskontrolle entzieht (Williams, 2009).
4. **Bedürfnis nach sozialer Beachtung und existentieller Bedeutsamkeit:** Soziale Ausgrenzung geht mit einem Ausschluss aus der sozialen Gruppe einher. Das bedeutet für das Individuum, dass es nicht weiter beachtet wird und seine Existenz für die anderen Mitglieder der sozialen Gruppe bedeutungslos erscheint. Williams argumentiert, dass die eigene Bedeutungslosigkeit bzw. Unsichtbarkeit eine weitaus größere existenzielle Bedrohung darstellt, als jegliche Art der Auseinandersetzung auf verbaler oder körperlicher Ebene (Williams, 2009).

In der Behauptung über die fundamentale Beschaffenheit dieser vier Bedürfnisse, orientierte sich Williams auf die wissenschaftlichen Ausführungen über Grundbedürfnisse von Baumeister und Leary (1995). Diese lieferten parallel zu ihrer weiter oben erläuterten wissenschaftlichen Erörterung des Grundbedürfnisses nach Zugehörigkeit einen Kriterienkatalog zur Festlegung *ab wann* ein Bedürfnis als Grundbedürfnis klassifiziert werden kann; beispielsweise, wenn affektive, kognitive sowie verhaltenssteuernde Reaktion mit der Bedürfnisaktivierung einhergehen. Für Williams war besonders jenes Kriterium bezüglich negativer Auswirkungen bei Frustration eines Grundbedürfnisses relevant, die über das Ausmaß einer kurzfristigen Stressreaktion hinausgehen. Laut Baumeister und Leary (1995) resultiert die anhaltende Frustration eines Grundbedürfnisses in einer Verschlechterung des subjektiven Wohlbefindens, des Gesundheitszustandes und der Anpassungsfähigkeit des Individuums. Sie weisen deutlich darauf hin, dass langfristig gravierende pathologische Zustände mit medizinischen, psychischen oder Verhaltensstörungen daraus entstehen können.

Diese Hypothese war für Williams' Konzeption des Need-Threat-Modells äußerst wichtig. Auch er ist der Meinung, dass Ostrazismus auf kurz oder lang zu negativen Folgen für Körper und Seele führt, dessen Konsequenzen nicht zu unterschätzen sind: Die Frustration von Zugehörigkeitsbedürfnissen und sozialer Kontrolle assoziiert er mit gesundheitlichen Problemen und einer erhöhten Mortalität (Williams, 2009). Die Frustration des Selbstwertbedürfnisses und des Bedürfnisses nach sozialer Bedeutung mit Depressionen und weiteren somatischen Erkrankungen (Williams, 2009). Darüber

1 Einleitung

hinaus nimmt er an, dass es einen Zusammenhang zwischen der Art der Bedürfnisbedrohung und nachfolgenden Reaktionsweisen gibt; das nennt er *Bedürfnis-Schutz-Hypothese* (Williams, 2009). Je nachdem welche der vier Bedürfnisse bedroht werden, zeigt sich eine andere Art der Reaktion.

Williams unterscheidet in diesem Kontext zwei Verhaltensrichtungen: *prosoziales* versus *antisoziales* Verhalten (Williams & Nida, 2011). Er behauptet, dass prosoziales Verhalten dann vermehrt auftritt, wenn Ostrazismus zwar droht, eine Wiederherstellung der sozialen Integration (reincclusion) jedoch noch möglich ist. In diesem Fall seien die Bedürfnisse nach Selbstwerterhalt und Zugehörigkeit stärker bedroht als das nach Kontrolle und sozialer Bedeutung, weshalb erstere die Verhaltenssteuerung zur Erreichung der Reintegration übernehmen würden (Williams & Nida, 2011). Prosoziale Verhaltensweise wie zum Beispiel Kooperation, eine höhere Hilfsbereitschaft, eine bessere Folgsamkeit gegenüber Aufforderungen, Ausdruck von Zuneigung, usw. kommen bevorzugt zum Ausdruck, um eine positive Resonanz und Zustimmung beim Gegenüber zu erzeugen (Williams & Nida, 2011).

Ganz anders sehe es jedoch aus, wenn eine Wiederherstellung der sozialen Integration nicht mehr möglich ist. Dieser Umstand wird laut Williams als weitaus bedrohlicher wahrgenommen und greift vor allem die Bedürfnisse nach sozialer Kontrolle und Beachtung an (Williams & Nida, 2011). Das Verhalten ist nun von dem Bedürfnis, die Kontrolle wiederherzustellen und dem Bedürfnis von anderen beachtet zu werden, beeinflusst. Williams merkt an, dass Aggressionen oftmals als Mittel dienen, um das Bedürfnis nach Kontrolle wiederherzustellen. Zudem würden ausgegrenzte Personen insgesamt zu weniger Hilfsbereitschaft und einer erhöhten Aggressionsbereitschaft neigen (Williams & Nida, 2011). Diese Beobachtungen werden auch durch andere Forschungsergebnisse unterstützt. In einer Studie zum Zusammenhang zwischen sozialem Ausschluss und prosozialem Verhalten konnte gezeigt werden, dass es zu einer signifikanten Reduktion im Ausdruck prosozialem Verhalten kam, nachdem den Probanden mitgeteilt wurde, dass sie von der Probandengruppe ausgeschlossen wurden (Twenge et al., 2007). Die Abnahme prosozialem Verhalten war dabei nicht von individuellen Eigenschaften wie Geschlecht oder dem Selbstwert, dem allgemeinen Zugehörigkeitsgefühl, dem Vertrauen in andere Personen, der Kontrolle oder Selbstwahrnehmung beeinflusst (Twenge et al., 2007). Gleiches galt auch für situative Faktoren, wie z.B. spontanes Helfen versus direkte Aufforderungen zum Helfen. Darüber hinaus konnten die Ergebnisse stabil über weitere 6 Experimente repliziert werden (Twenge et al., 2007). Die Autoren nehmen an, dass prosoziales Verhalten davon abhängig ist, ob sich das Subjekt als Teil einer Gruppe oder Gemeinschaft erachtet in der gegenseitigen Hilfe, Unterstützung und Zuwendung erfahrbar ist. In dem Moment, wo sich ein Mitglied nicht mehr als Teil der Gemeinschaft wahrnimmt, reduziere sich entsprechend die Neigung die genannten Verhaltenstendenzen zu zeigen oder zu suchen (Twenge et al., 2007). Diese Schlussfolgerung deckt sich auch mit Ergebnissen aus

1 Einleitung

früheren Studien, die eine hohe Korrelation zwischen prosozialem Verhalten und sozialer Akzeptanz berichteten (Parkhurst & Asher, 1992; Schonert-Reichl, 1999). Eine nachfolgende Analyse der Ergebnisse offenbarte weitere interessante Erkenntnisse. Scheinbar waren die Effekte der Abnahme prosozialem Verhalten durch das Ausmaß empathischen Mitgefühls beeinflusst (Twenge et al., 2007). Nachdem die Probanden einen traurigen, herzerreißenden Bericht gelesen hatten, berichteten die ausgeschlossenen Personen in einer anschließenden Befragung, dass sie ein signifikant niedrigeres empathisches Mitgefühl empfanden, als die eingeschlossenen Probanden (Twenge et al., 2007). Die Autoren schließen aus den Beobachtungen, dass das empathische Mitgefühl den Zusammenhang zwischen sozialem Ausschluss und prosozialem Verhalten moderiert. Eine Regressionsanalyse legte offen, dass sozialer Ausschluss eine Verminderung der prosozialem Verhalten und der empathischen Reagibilität voraussagt. Zudem stellt die Einflussvariable *empathisches Mitgefühl* einen signifikanten Prädiktor für prosoziales Verhalten dar. Twenge und Kollegen (2007) vermuten, dass sozialer Ausschluss mit einem Verlust an emotionaler Reagibilität einhergeht, indem das *Herunterfahren* des emotionalen Systems dem ausgeschlossenen Subjekt dabei hilft, sich weniger miserabel zu fühlen. Laut den Autoren sei dieser Mechanismus ähnlich funktional, wie der analgetische Effekt nach einer physischen Verletzung, der dazu diene, das Individuum weiterhin zu befähigen, die prekäre Situation zu bewältigen, z.B. Kampf oder Flucht, ohne dabei von Schmerzen abgelenkt zu sein (Twenge et al., 2007).

Hinsichtlich *Aggressionen* gingen Warburton und Kollegen (2006) der Frage nach, inwieweit die Aggressionstendenz nach einer sozialen Ausgrenzungserfahrung durch die Möglichkeit der Wiederherstellung von Kontrolle beeinflusst wird. Dazu wurde die Hälfte der Probanden in einem Ballwurfspiel von zwei anderen, eingeweihten Mitspielern eingeschlossen und die andere Hälfte sozial ausgeschlossen. Der soziale Ausschluss wurde zusätzlich durch nonverbale Hinweisreize wie einer abgewandten Körperhaltung und der Vermeidung von Blickkontakt mit dem Probanden verstärkt. Danach erfolgte die zweite Manipulationsbedingung. Zu diesem Zweck wurden dieselben Probanden wiederum in zwei Gruppen randomisiert. In beiden Bedingungen sollten sie einer Reihe von sehr unangenehmen auditiven Stimuli ausgesetzt werden (z.B. Quietschen mit Kreide an der Tafel oder quietschen auf Metall, schrille Schreie, usw.). Der einen Hälfte wurde gesagt, dass sie keinerlei Kontrolle über die Darbietung der Geräusche habe, wie Lautstärke, Dauer und Reihenfolge (*Kontrollverlust*). Dagegen wurde es der anderen Hälfte der Probanden überlassen, selber die Darbietung der unangenehmen Geräusche zu steuern (*Wiederherstellung von Kontrolle*). Zur Messung des Aggressionspotentials nach Beendigung dieser beiden Manipulationsbedingungen wurde das gut implementierte *Hot-Sauce-Paradigma* angewendet (Lieberman, Solomon, Greenberg et al., 1999). Im Rahmen dessen wird untersucht, wieviel scharfe Sauce einer Zielperson, von der bekannt ist, dass sie keine scharfe Sauce mag, verabreicht wird. Je mehr scharfe Sauce (Gewicht in Gramm), trotz der Kenntnis darüber, dass sie diese nicht mag, verabreicht wird, gilt als augenscheinliches Maß für

1 Einleitung

Aggression (Lieberman et al., 1999). Bei der Anwendung des Paradigmas werden dem Probanden drei Informationsquellen dargeboten, die deutlich auf den aversiven Charakter der Saucenverabreichung hinweisen: 1. Information darüber, dass die Zielperson scharfe Saucen stark ablehnt. 2. Die Information darüber, dass die zugewiesene Menge an scharfer Sauce vollständig von der Zielperson verzehrt werden muss. 3. Die Information, dass die zu verwendende Sauce als extrem scharf eingestuft worden ist (Lieberman et al., 1999). Die Resultate der Studie unterstützen nicht nur die vorherige Annahme einer Aggressionszunahme bei Ostrazismus, sondern liefern zudem wertvolle Erkenntnisse über Abschwächungseffekte auf das Aggressionspotential durch die Wahrnehmung von Kontrolle (Warburton, Williams & Cairns, 2006). Erste Ergebnisse zeigten, dass sich ausgeschlossene Probanden signifikant aggressiver verhielten als die Eingeschlossenen. Darüber hinaus verhielten sich Probanden, denen die Kontrolle entzogen wurde aggressiver als jene, denen die Kontrolle überlassen wurde. Die signifikante Interaktion zwischen der *Ostrazismus*-Variable und der *Kontrollieren*-Variable lieferte Aufschluss darüber, dass ausgegrenzte Probanden, die zudem den Verlust ihrer Kontrolle erfahren haben, am meisten scharfe Sauce an die anderen Mitspieler zugewiesen haben, als alle anderen Probanden. Im Durchschnitt zeigten sie sich 4mal aggressiver (\emptyset 27 Gramm) als die Probanden, die eingeschlossen wurden und zusätzlich eine Wiederherstellung der Kontrolle erfahren haben (\emptyset 6 Gramm). Die weitere Auswertung der Daten brachte hervor, dass alle Probanden während des gesamten Experiments einen Stimmungseinbruch und einen signifikanten Anstieg des berichteten Stresslevels angaben. Dies impliziert, dass die Neigung zu einer aggressiven Tendenz nicht von der Stimmung oder dem erlebten Stresslevel beeinflusst wird. Mit Bezug auf das Need-Threat-Modell (Williams, 2009) resümieren die Autoren, dass Probanden, denen nach einer negativen Ausgrenzungserfahrung die Möglichkeit eröffnet wurde, das bedrohte Kontrollbedürfnis wiederherzustellen, eine deutlich niedrigere Aggressionstendenz entwickelten, als jene die ihre Bedürfnisse nicht schützen konnten (Warburton, Williams & Cairns, 2006). Als ein weiteres bemerkenswertes Ergebnis erachten die Autoren die Beobachtung, dass eingeschlossene Probanden, die anschließend die Erfahrung des Kontrollverlusts gemacht haben, sich unerwarteter Weise sehr wenig aggressiv verhielten. Die Wissenschaftler vermuten, dass die positive Erfahrung der Gruppenzugehörigkeit während des Spiels alleine ausreichte, um die negativen Effekte des Kontrollverlusts im Hinblick auf die Aggressionssteigerung zu eliminieren.

An dieser Stelle ist anzumerken, dass die hier vorgestellten Studienergebnisse Verhaltenstendenzen nach Ostrazismus unter Laborbedingungen zeigen. Daher können Verhaltensvorhersagen für reelle soziale Ausgrenzungserfahrungen nur beschränkt vorgenommen werden. Jedoch liefern die Ergebnisse ernstzunehmende sozialpsychologische und gesellschaftlich relevante Implikationen, die besonders heutzutage vor dem Hintergrund von zunehmender Migration, sozialer Ausgrenzung von Geflüchteten und Immigranten, mangelnder Integration, aber auch aufgrund der anwachsenden

1 Einleitung

Isolierung des Einzelnen eine brisante Aktualität bekommen. Williams betont daher mit Nachdruck, dass die durch sozialen Ausschluss verringerte prosoziale Neigung im schlimmsten Fall zu massiven Aggressionen führen kann, die sich nicht nur gegen die ausgrenzende Person oder Gruppe, sondern auch gegen andere, nicht involvierte Personen, richtet (Williams, 2009). In einigen Fällen kann es aufgrund extremer Ausgrenzung und Ignoranz zu verheerenden Folgen kommen. In ihrer Not und Verzweiflung greift die ausgegrenzte Person zu nicht weniger extremen Mitteln, dessen dissozialer Auswuchs sich in der todbringenden Erzwingung äußert, von der eigenen Existenz Notiz zu nehmen und diese in Erinnerung zu behalten (Williams, 2009). Als Beispiel führt Williams die immer wieder auftretenden Amokläufe an US-amerikanischen Schulen an. Er geht davon aus, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der sozialen Ausgrenzung sowie Isolierung des Amokläufers und der Amoktat besteht (Williams, 2009). Dem Opfer bleibe meist nur noch die verzweifelte Bewältigungsstrategie, ein Maximum an antisozialer Aggression aufzubringen, um auf diese tragische Art und Weise zumindest kurzfristig das Bedürfnis nach Kontrolle und sozialer Beachtung wiederherzustellen (Williams, 2009). Eine Analyse von 15 Amokläufen an Schulen in den USA (Leary et al., 2003) deutet darauf hin, dass in 87% der Fälle akute und chronische sozialen Ausgrenzung sowie Mobbing eine kausale Rolle spielten.

Anhand dieser zahlreichen Untersuchungsergebnisse zum Zusammenhang zwischen Ostrazismus, Bedürfnisbedrohung und negativen Verhaltensreaktionen spricht sich Williams dafür aus, jedes Grundbedürfnis als eigenständiges Konzept zu betrachten, trotz möglicher konzeptueller Überlappungen, z.B. kann der Verlust von Zugehörigkeit den Selbstwert erniedrigen und ein niedriger Selbstwert wiederum kann das Gefühl von sozialer Bedeutung und Selbstwirksamkeit minimieren (Williams, 2009). Ausgehend von den hier ausgeführten Annahmen über die Bedrohung fundamentaler Bedürfnisse durch soziale Ausgrenzung entwickelte Williams sein sogenannten Ostrazismus-Modell, auf das im Folgenden näher eingegangen werden soll.

1.1.4 Das Ostrazismus-Modell

Das Ostrazismus-Modell von Williams (Williams, 2002, 2007, 2009; Williams & Nida, 2011) bietet einen theoretischen Rahmen zur Erklärung und Vorhersage von kognitiven Prozessen und Verhaltensreaktionen während bzw. nach einer Ostrazismuserfahrung. Dabei erfolgt die Reaktion entlang drei verschiedener Stadien: a) Reflexives Stadium; b) reflektives Stadium und c) resignatives Stadium.

a) Das reflexive Stadium

Das **reflexive Stadium** erfolgt, ähnlich wie ein Reflex, instantan und automatisch. Wie bereits erwähnt verfügt der Organismus über eine Art *inneres Alarmsystem*, das schon bei geringsten Anzeichen von Ostrazismus eine Bedrohung signalisiert. Genauer gesagt handelt es sich hierbei um ein neuronales Alarmsystem, dessen Korrelat im dorsal anterior zingulären Kortex (dAZK) und im ventralen präfrontalen Kortex (vPFK) zu verorten ist. Der dAZK wird unter anderem mit der Überwachung und Kontrolle emotionaler Prozesse in Zusammenhang gebracht (Heilbronner, 2016). Dabei agiert er wie ein neuronaler Konfliktmonitor, der empfindlich auf unerwartete Reaktionen wie Überraschung, Erwartungsverletzung, oder bei Konflikten, die den eigenen Zielen entgegenstehen, reagiert (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Es wird allgemein angenommen, dass der dAZK im Besonderen für bereichsübergreifende Prozesse der Schmerzverarbeitung zuständig ist und neben physischen Verletzungen auch seelische Verletzungen, z.B. bei Zurückweisung, Ausgrenzung, oder Ignoranz signalisiert (Dalgleish, Walsh, Mobbs et al., 2017; Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; Peyron, Laurent & Garcia-Larrea, 2000). Diesbezüglich wird ihm vor allem die affektive und aufmerksamkeitslenkende Begleitung bei der Schmerzerfahrung zugesprochen (Peyron, Laurent & Garcia-Larrea, 2000). Vor diesem Hintergrund ist es nicht überraschend, dass in einer Bildgebungsstudie gezeigt werden konnte, dass der dAZK auch bei Ostrazismus aktiviert wird (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; siehe Kapitel 1.4). Zusammengefasst signalisiert der dAZK also so etwas wie *sozialen Schmerz*. Auf Basis der schon diskutierten Überlebensfunktion des Ostrazismus-Frühwarnsystems, wird vermutet, dass der dAZK soziale Ausgrenzung als ebenso lebensgefährlich wie eine körperliche Verletzung interpretiert und Alarm schlägt. Aus evolutionärer Sicht scheint es also plausibel, dass der dAZK adaptiv auch für soziale Schmerzerfahrungen sensibel ist, um das (*soziale*) *Überleben* des Individuums zu sichern (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; Williams, 2009). Demzufolge deutet Williams die reflexhafte Schmerzreaktion bei sozialer Ausgrenzung als funktionale Strategie, um die Aufmerksamkeit des Individuums auf die konkrete Situation zu lenken und kognitive Bewertungsprozesse einzuleiten (Williams, 2007). Zudem weist Williams darauf hin, dass mehrere Studien die Annahmen einer reflexhaften, automatisch und unmittelbar ablaufenden Schmerz- und Stressreaktion unterstützen, bei der individuelle und situative Faktoren, wie zum Beispiel Eigenschaftsausprägungen (Neurotizismus, Extraversion, Selbstwertlevel, Angstneigung, Grad der Einsamkeit) eine nur sehr gering moderierende Rolle spielen und das Ausmaß der Reaktion kaum zu beeinflussen scheinen (Leary, Haupt, Strausser et al., 1998; Smith & Williams, 2004; Nadasi, 1992; Williams & Sommer, 1997; Carter-Sowell, Chen & Williams, 2006). Folglich umfasst das reflexive Stadium nicht nur eine automatische Schmerz- und Stressreaktion, sondern ermöglicht in der Folge auch die Aufmerksamkeitslenkung auf die auslösende Situation, was den Übergang zum nächsten Stadium, das der reflektiven Reaktion, darstellt.

b) Das reflektive Stadium

Auf Basis des bereitgestellten Aufmerksamkeitspotentials beinhaltet das **reflektive Stadium** eine kognitive Reaktion in Form von bewertenden und abwägenden Prozessen. Diese umfassen zum einen die Abschätzung der Bedeutung der Ereignisse für einen selber und zum anderen die Abschätzung eigener Bewältigungsmöglichkeiten und Fähigkeiten.¹ Im Gegensatz zum vorherigen reflexiven Stadium können hierbei individuelle und Kontextfaktoren maßgeblich Einfluss auf die reflektive Reaktion nehmen und den Wunsch der Bewältigung entweder erhöhen oder reduzieren (Williams, 2007). Demzufolge bestehen die individuellen Bewältigungsunterschiede darin, *wie* die jeweilige Person auf eine mögliche oder tatsächliche Zurückweisung reagiert. In mehreren Studien konnte belegt werden, dass primäre Faktoren wie eine ängstliche Persönlichkeit (Sommer & Baumeister, 2002), der Selbstwert (Murray, Rose, Bellavia et al., 2002), Kulturzugehörigkeit (Individualismus vs. Kollektivismus; Fiske & Yamamoto, 2005), subjektive Einsamkeit (Gardner, Pickett & Knowles, 2005) und die sogenannte *Zurückweisungsempfindlichkeit* (*engl.*: rejection sensibility; Downey & Feldman, 1996; Downey, Mougios, Ayduk et al., 2004) die Reaktionstendenz festlegen.

An dieser Stelle soll kurz das Konzept der Zurückweisungsempfindlichkeit erläutert werden, da es für diese Arbeit relevant ist. Es geht auf die beiden Psychologen Geraldine Downey und Scott Feldman zurück, die den Begriff prägten und diese als eine besondere Prädisposition für einen dysfunktionalen Umgang mit sozialer Zurückweisung verstehen (Downey & Feldman, 1996). Sie definieren diese Neigung als erlernte Empfindlichkeit gegenüber sozialer Zurückweisung, dem ein verzerrter kognitiv-affektiver WahrnehmungsfILTER zugrunde liegt. Die Zurückweisungsempfindlichkeit äußert sich ihnen zufolge in einer sogenannten *ängstlichen Erwartungshaltung* gegenüber sozialer Zurückweisung (Downey & Feldman, 1996). Personen mit einer hohen Empfindlichkeit zeichnen sich im Kontakt zu anderen Personen dadurch aus, dass sie soziale Zurückweisung erwarten und ihnen zudem eine höhere perzeptive Bereitschaft diese wahrzunehmen, inhärent ist (Downey & Feldman, 1996). Im Gegensatz zu Personen mit einer niedrigeren Zurückweisungsempfindlichkeit besitzen sensible Personen insgesamt eine niedrigere Wahrnehmungsschwelle gegenüber sozialen Hinweisreizen, die eine beabsichtigte oder tatsächliche sozialer Zurückweisung andeuten (Downey & Feldman, 1996). Dieser Umstand begünstigt wiederum die Wahrscheinlichkeit für eine angstgesteuerte affektive und behaviorale Überreaktion, die in Vermeidungsverhalten resultiert oder im schlimmsten Fall in heftigen Wutreaktionen und feindseligem Verhalten gipfelt (Downey & Feldman, 1996).

In Bezug auf die soziale Ängstlichkeit konnte die Forschungsgruppe um Lisa Zadro (Zadro, Boland & Richardson, 2006) in ihrer Studie zur Frage, inwieweit die soziale Ängstlichkeit als moderierende

¹ Konzeptionell vergleichbar mit dem transaktionalen Stressbewältigungsmodell nach Lazarus (1984).

1 Einleitung

Variable den Umgang mit Ostrazismus beeinflusst, zeigen, dass sowohl Personen mit hoher als auch niedriger sozialer Ängstlichkeit gleichermaßen durch soziale Ausgrenzung beeinträchtigt werden. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit der weiter oben beschriebenen Annahme, dass die Reaktion auf Ostrazismus einem automatischen und reflexhaften Prozess folgt, der von individuellen Faktoren unberührt bleibt. Jedoch zeigte sich, dass sozial ängstliche Personen durchschnittlich länger brauchten, um sich von der negativen Auswirkung der Ausgrenzungserfahrung zu erholen als sozial Mutige (Zadro, Boland & Richardson, 2006). Die ängstlichen Probanden berichteten 45 Minuten nach der sozialen Ausschlusserfahrung noch immer eine signifikant höhere Bedürfnisbedrohung als die weniger Ängstlichen zu verspüren (Zadro, Boland & Richardson, 2006).

Weitere interessante Erkenntnisse zu individuellen Faktoren lieferten Sommer und Rubin (2005) mit ihrer Forschung zum Zusammenhang zwischen Selbstwert und sozialer Zurückweisung. Sie nehmen an, dass insbesondere die auf die Zukunft ausgerichtete soziale Erwartungshaltung einen entscheidenden Einfluss auf die Bewältigung von Ostrazismus hat. Diese Hypothese deckt in sich in gewissen Punkten mit den Ausführungen zur Zurückweisungsempfindlichkeit (Downey & Feldman, 1996), die in ähnlicher Weise auch auf zukunftsgerichtete soziale Erwartungen aufbaut. Sommer und Rubin (2005) führen das Konzept der Erwartungen jedoch um den Aspekt des Selbstwertes weiter aus. Sie konstatieren, dass je nachdem ob das Individuum eine eher positive oder negative soziale Erwartung hat, sich funktionale oder dysfunktionale Bewältigungstendenzen ergeben. Eine optimistische, positive Erwartungshaltung wird dabei als Charakteristikum eines hohen Selbstwertes gewertet. Zudem berichten die Autorinnen, dass Personen mit einer positiven Erwartung und einem höheren Selbstwert eher dazu neigen auf andere Personen zuzugehen, Nähe herzustellen und insgesamt die Beziehung durch prosoziale Verhaltensweisen zu festigen (Sommer & Rubin, 2005). Dementsprechend kann diese Verhaltenstendenz als funktionaler Umgang mit Ostrazismus erachtet werden, der die Wahrscheinlichkeit der sozialen Reintegration effektiv erhöht (Sommer & Rubin, 2005). Im Gegensatz dazu zeigen Personen mit einer eher negativen Erwartungshaltung aufgrund eines niedrigeren Selbstwertes die Tendenz, Distanz zu anderen Personen herzustellen, woraus eine höhere Wahrscheinlichkeit für unangemessenes und weniger prosoziales Verhalten resultieren kann (Sommer & Baumeister, 2002; Sommer & Rubin, 2005). Infolgedessen manövrieren sich diese Personen selber sukzessiv aus dem sozialen Gefüge heraus und dekonstruieren unwillentlich die soziale Zugehörigkeit (Sommer & Rubin, 2005). Diese Form der dysfunktionalen Bewältigung erhöht nicht nur die Wahrscheinlichkeit, dass Ostrazismus aufrechterhalten wird sondern sich in anderen Situationen wiederholt (Sommer & Baumeister, 2002; Sommer & Rubin, 2005).

Zusammengefasst lässt sich also sagen, dass bestimmte Persönlichkeitseigenschaften, wie der Selbstwert und die Zurückweisungsempfindlichkeit, den Umgang mit Ostrazismus in eine positive oder

negative Richtung lenken können. Williams bezeichnet demnach das reflektive Stadium als Akt des kognitiven Bewältigungsversuches mit dem Ziel soziale Integration zurückzuerlangen (Williams, 2007). Allerdings besteht die Gefahr, dass ungünstige persönliche Erfahrungen und Eigenschaften die Neigung zu dysfunktionalen Interpretationen oder Attributionen (intern, stabil, global²) über die Ausgrenzungserfahrung fördern und dazu beitragen, dass diese auch auf andere soziale Situationen in pessimistischer Manier generalisiert werden. Wie folgenschwer die Konsequenzen eines nicht bewältigten Ostrazismus sein können, offenbaren sich in der letzten Bewältigungsphase: das resignative Stadium.

c) Das resignative Stadium

Wie die Überschrift schon andeutet, geht es im **resignativen Stadium** weniger um aktive als um passive Bewältigungsversuche. Die Resignation, also ein *Aufgeben der Hoffnung*, erfolgt als Konsequenz, wenn alle Bewältigungsressourcen der Person aufgebraucht sind (Williams, 2007). Unter Bedingungen eines zeitlichen andauernden Ostrazismus oder der kontinuierlich wiederholten Erfahrung von Ignoranz und Ausgrenzung, kann die Flucht in die Resignation als passiver Versuch weitere Schädigungen durch Ostrazismus abzuwenden, betrachtet werden (Williams, 2007). Williams weist ausdrücklich darauf hin, dass das resignative Stadium im Gegensatz zum reflexiven und reflektiven am wenigsten erforscht ist (Williams, 2007). Dennoch gibt es einige interessante Hypothesen über die Langzeitfolgen von chronischem Ostrazismus. Die beiden Forscher Allen und Badcock (2003) untersuchten den Zusammenhang von sozialer Isolation und Depressionen. Sie kamen zu dem Schluss, dass Personen, die hinreichend sozialer Ausgrenzung oder Isolation ausgesetzt waren, sich irgendwann selber als weniger wertvoll und zudem als Belastung für Andere erachten (Allen & Badcock, 2003). Aus dieser negativen Selbstwahrnehmung heraus, erscheint jede weitere soziale Interaktion als Gefahr der weiteren sozialen Isolierung. Um die Gefahr eines Lebens in totaler Isolation zu dämmen, werden paradoxerweise soziale Kontakte vermieden, um den Verlust weiterer sozialer Beziehung zu verhindern (Allen & Badcock, 2003). Die beiden Autoren nehmen daher an, dass die Entwicklung depressiver Symptome, wie sozialer Rückzug, Antriebslosigkeit, Anhedonie, funktional dem Ziel dient, sich weiteren sozialen Interaktionen zu entziehen, um somit das Risiko unvorhersehbarer sozialer Wahrscheinlichkeiten zu minimieren (Allen & Badcock, 2003). Darüber hinaus konnte Lisa Zadro (2004) durch die Auswertung von Interviews mit 28 Personen, die einer langanhaltenden Ostrazismus Erfahrung oder dem sogenannten *silent treatment* ausgesetzt waren, zeigen, dass diese überwiegend zu resignativen Verhaltensweisen neigten, die dem aktiven Bewältigungsversuch aus der Isolation zu entfliehen widersinnig entgegenstehen. So konnte sie feststellen, dass die betreffenden Personen eher die Isolation und die soziale Entfremdung akzeptierten, als nach Zugehörigkeit zu suchen (Zadro,

² Vgl. Attributionstheorien (Weiner, 1985; Klein, Fencil-Morse & Seligman, 1976).

1 Einleitung

Williams & Richardson, 2004). Des Weiteren akzeptieren sie lieber einen niedrigen Selbstwert als nach Selbstwerterhöhung zu streben. Auch drückten sie vermehrt Hilflosigkeit aus, anstatt dem Versuch Kontrolle wiederzuerlangen nachzugehen und zeigten vorwiegend depressive und vermeidende Verhaltensweisen, als dafür zu sorgen, dass andere von ihrer Existenz und Notiz nahmen (Zadro, Williams & Richardson, 2004).

Abschließend wird festgehalten, dass eine langanhaltende Erfahrung von sozialer Ausgrenzung und Einsamkeit die Motivation, die bedrohten Bedürfnisse zu schützen, schwinden lässt und in seiner Konsequenz zu Resignation, Hilflosigkeit und weiterem sozialen Rückzug führt sowie die Entstehung psychischer Symptome wie Depressionen fördert (Allen & Badcock, 2003; Zadro, Williams & Richardson, 2004; Williams, 2007). Nachfolgend soll eine zusammenfassende Illustration des Ostrazismus-Modells entlang der Ausführungen von Williams (2009; 2007) die einzelnen sequentiell erfolgenden Prozesse wie auch die Konsequenzen auf emotionaler und Verhaltensebene veranschaulichen (siehe Abbildung 1).

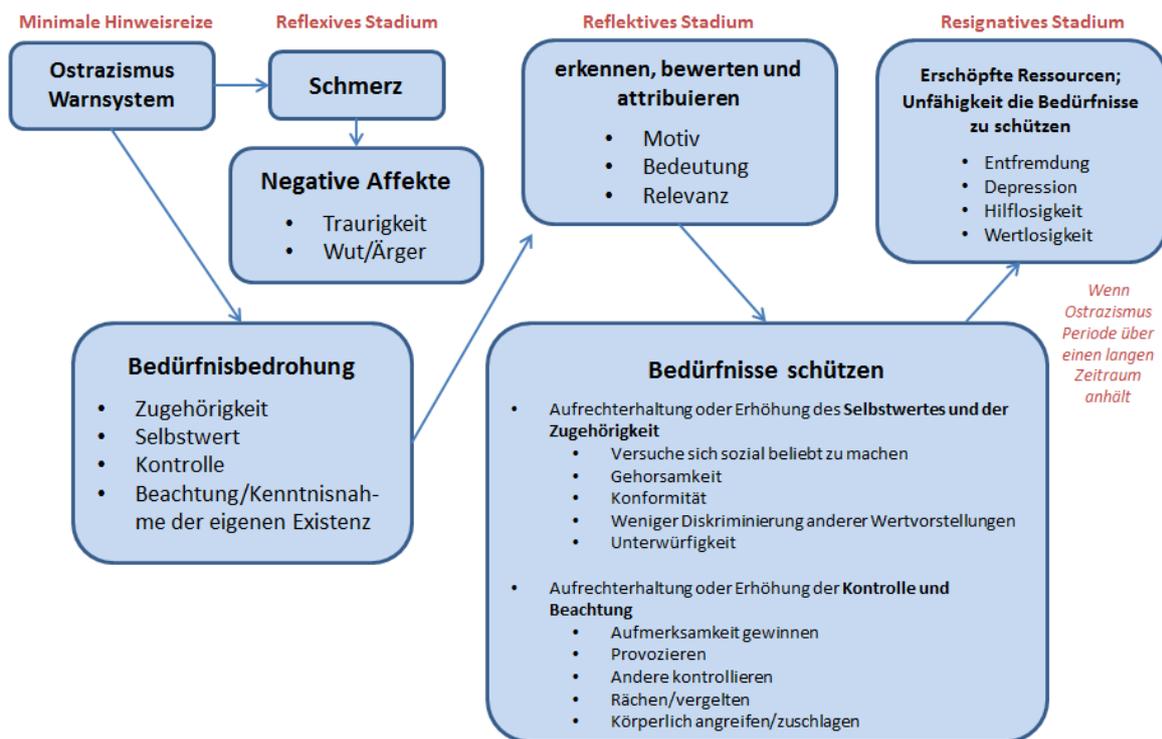


Abbildung 1: Das Ostrazismus-Modell nach Williams (2009)

Nachdem der theoretische Bezugsrahmen von sozialer Ausgrenzung vor dem Hintergrund des Need-Threat-Modells und des Ostrazismus-Modells vorgestellt wurde, widmet sich die Arbeit fortan der Illustration verschiedener künstlicher Manipulationsformen von Ostrazismus mithilfe des sogenannten Cyberball-Paradigmas.

1.2 Das Cyberball-Paradigma

Das Cyberball-Paradigma stellt eine einfach anzuwendende und raffinierte Methode in Form eines computergestützten, Online-Ballwurfspiels dar, das zur wissenschaftlichen Untersuchung von Reaktionen auf sozialen Ostrazismus geeignet ist. Sozialer Ostrazismus meint in diesem Fall die Nichtbeachtung oder den Ausschluss einer Person bei Anwesenheit anderer Personen (Williams, Cheung & Choi, 2000). Dabei logged sich der Proband in einen virtuellen Raum ein, wo er an einem Online-Ballwurfspiel mit zwei anderen Mitspielern teilnimmt. Ihm wird suggeriert, dass es sich dabei um zwei echte Personen handelt, die in Wirklichkeit jedoch computergestützte Mitspieler sind. Das Programm ermöglicht eine Manipulation des Integrationsstatus des Probanden im Spiel, um den Effekt der sozialen Ausgrenzung wissenschaftlich untersuchen zu können. Um eine Ostrazismuserfahrung zu simulieren, wird der Proband nach drei Ballwechsell von den beiden Mitspielern aus dem Spiel ausgeschlossen (Exklusionsbedingung), indem er keine Bälle mehr von ihnen zugepasst bekommt. In der Inklusionsbedingung erhält er weiterhin im gleichen Verhältnis wie die anderen beiden Mitspieler den Ball. Die Manipulationsbedingung dauert 5 Minuten, danach ist das Spiel zu Ende (Williams & Jarvis, 2006). Anschließend werden unter Anwendung Cyberball-spezifischer Fragebogen (z.B. NTQ-Fragebogen, siehe Kapitel 3.4.2.2) die Auswirkungen der Ostrazismuseffekte erhoben und zwischen den Integrationsbedingungen (Inklusion vs. Exklusion) verglichen. Das Programm Cyberball ist eine frei downloadbare, Windows und Mac kompatible Software³, die es dem jeweiligen Forschenden erlaubt individuelle Einstellungen, wie beispielsweise die Spieleranzahl oder Spielschnelligkeit, vorzunehmen. Zudem können auch unabhängigen Variablen, z.B. Grad des sozialen Ausschlusses, Aussehen der Mitspieler, Stigmatisierungsmerkmale manipuliert sowie abhängige Variablen wie Ostrazismus, Diskriminierung, Empathie definiert werden.

1.2.1 Vom face-to-face zum virtuellen Paradigma

Das Cyberball-Paradigma wurde von dem US-amerikanischen Sozialpsychologen Prof Dr. Kipling Williams zur wissenschaftlichen Untersuchung der Effekte von Ostrazismus entwickelt. Seinen Angaben nach bekam er den Anstoß dazu nachdem er selbst die unangenehme Erfahrung, sozial ausgeschlossen zu werden, gemacht habe: In einem zufällig entstandenen Frisbee-Spiel mit zwei unbekanntenen Personen im Park wurde er plötzlich, ohne Angabe von Gründen, nach einigen Zuwürfen aus dem Spiel ausgeschlossen (Williams & Jarvis, 2006). Er war überrascht wie bloßgestellt, verärgert und traurig er sich danach fühlte. Basierend auf dieser Selbsterfahrung adaptierte er jene triadische

³ <http://www3.psych.purdue.edu/~willia55/Announce/cyberball.htm>

1 Einleitung

Konstellation für die Untersuchung von Ostrazismus unter Laborbedingungen (Williams & Jarvis, 2006; Williams, Cheung & Choi, 2000). Dabei interessierte er sich vor allem für die psychologischen Konsequenzen nach einer solchen sozialen Ausschlusserfahrung; im Besonderen um das Ausmaß der Bedürfnisbedrohung. Zu diesem Zweck entwickelte er den cyberball-spezifischen, postexperimentellen Fragebogen: *Need-Threat-Questionnaire* (NTQ, Zadro, Williams & Richardson, 2004; Williams, 2008; Jamieson, Harkins & Williams, 2010). Dieser erfasst das Ausmaß der Bedrohung auf die vier grundlegenden Bedürfnisse nach Zugehörigkeit, Selbstwert, Bedeutung, und Kontrolle wie auch die Stimmung durch den sozialen Ausschluss (siehe Kapitel 3.4.2.2– NTQ Fragebogen).

Ursprünglich wurde das Cyberball-Paradigma als sogenanntes *face-to-face* Ballwurfspiel (Williams & Sommer, 1997; Williams, 2002; Warburton, Williams & Cairns, 2006) konzipiert, bei dem der Proband mit zwei eingeweihten Mitarbeitern der Arbeitsgruppe das Spiel spielte und dann irgendwann, ohne Angabe von Gründen, von den beiden Mitarbeitern ausgeschlossen wurde. Nachteil dieser Vorgehensweise war jedoch der hohe Aufwand, der für die Untersuchung betrieben werden musste, wie zum Beispiel die Rekrutierung von eingeweihten Mitarbeitern und das Trainieren von Verhaltensweisen wie Ignorieren und Ausschließen von Probanden. Um den Untersuchungsablauf unter Laborbedingungen ökonomischer zu gestalten, entwickelte Williams und Kollegen (Williams, Cheung & Choi, 2000) ein computergestütztes online Ballwurfspiel namens *Cyberball*. Dabei logged sich der Proband über die zur Verfügung gestellte Webseite der Forschergruppe in das Spiel ein. Zur Verschleierung des eigentlichen Untersuchungsgegenstandes wurde den Teilnehmenden vorgegeben, dass es sich dabei um die Testung der mentalen Visualisierungsfähig handele. Auf der Willkommenseite wurden sie dazu aufgefordert, sich die Spielsituation mit den anderen beiden Spielern imaginativ reell vorzustellen. Es folgten Aufforderungen wie zum Beispiel: „Stelle Dir vor, wie die anderen Mitspieler aussehen.“, „Was sind das für Leute?“, „Wo spielst du? Ist es warm und sonnig oder kalt und regnerisch?“. Am Ende der Instruktionen erschien ein Link, den die Probanden anklicken mussten, um das Spiel zu beginnen (Williams & Jarvis, 2006). Danach folgte das eigentliche Ballspiel. Insgesamt nahmen 1400 Teilnehmer per Online-Login an der ersten Untersuchung teil (Williams, Cheung & Choi, 2000). Die Probanden wurden randomisiert den folgenden vier Bedingungen zugeteilt:

- *Übertriebener Einschluss*: Der Proband erhält den Ball durchschnittlich öfter als die beiden anderen Mitspieler. 67% aller Ballpässe gehen an den Probanden.
- *Einschluss*: Jeder Mitspieler, inklusive Proband erhält den Ball gleich oft. Jeder erhält 33% aller Ballpässe.
- *Partieller Ausschluss*: Der Proband erhält den Ball durchschnittlich weniger als die beiden anderen Mitspieler. Nur 20% aller Ballpässe gehen an den Probanden. Die anderen beiden Mitspieler erhalten den Ball zu 40%.

1 Einleitung

- *Totaler Ausschluss*: Der Proband erhält keinen Ball (0%).

Die postexperimentelle Erhebung mit der NTQ Skala zeigte, dass die Probanden der *Totalen Ausschluss* Bedingung ein signifikant höheres Ausmaß an Bedrohung der grundlegenden Bedürfnisse (Zugehörigkeit, Selbstwert, soziale Bedeutung, Kontrolle) angaben als die Probanden der anderen Bedingungen (Williams, Cheung & Choi, 2000). Die Effektstärken in der ersten online Cyberballstudie als auch in folgenden Studien (z.B. Zadro, Williams & Richardson, 2004) erzielten hohe Werte zwischen $d = 1,0 - 2,0$. Der Effekt war auch robust gegenüber Manipulationsversuchen wie in der Cyberball (Euroball) Studie von van Beest (2006), in der gezeigt werden konnte, dass ausgeschlossene Probanden signifikant negativere Reaktionen zeigten, auch wenn die für jeden Ball, den sie nicht erhielten eine Summe Geld bekamen (Studie 1: 0,50€; Studie 2: 6,00€). Van Beest schließt daraus, dass die immanenten negativen Effekte von Ostrazismus auch durch rationale Kosten-Nutzen-Abwägungen nicht konterkariert werden können (van Beest & Williams, 2006). Eine 2015 durchgeführte Metaanalyse (Hartgerink, van Beest, Wicherts et al., 2015) von insgesamt 120 Cyberballstudien bestätigte hohe Effektstärken für das Cyberball Paradigma in Bezug auf Ostrazismuseffekte ($d > |1.4|$). Somit konnten die Wissenschaftler beweisen, dass eine Online-Version des ursprünglichen face-to-face Ballwurfspiels eine effektive Simulation des sozialen Ausschlusses zur kontrollierten Untersuchung von Reaktionen auf Ostrazismus ermöglichte (Williams, Cheung & Choi, 2000). Seitdem untersuchen weltweit wissenschaftliche Arbeitsgruppen mithilfe des online Cyberball-Paradigmas verschiedenste Fragestellungen der Sozialpsychologie und anderen verwandten Disziplinen.

An dieser Stelle findet die Einführung in das Thema Ostrazismus zunächst ihr Ende. Im Weiteren sollen dem Lesenden die Grundlagen der tDCS nahegebracht werden.

1.3 Transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS)

Die Überlegung, elektrische Stimulation als Heilverfahren bei akuten oder chronischen Erkrankungen einzusetzen ist nicht neu. Erste Versuche können bis in die Zeit der alten Griechen und Römer zurückverfolgt werden. Die Erstbeschreibung einer Elektrotherapie wird dem römischen Arzt Scribonius Largus, ca. 50 n.Chr., zugeschrieben, die jedoch erst im Mittelalter veröffentlicht wurde (Largus, 1655). Dieser versuchte mithilfe atlantischer Zitterrochen (*lat. torpedo nobiliana*), die Stromstöße zur Lähmung ihrer Beute abgeben, Schmerzen, Gicht, Arthritis und Körperlähmungen zu heilen (Kellaway, 1946; Finger & Piccolino, 2011)

Der Ursprung der modernen Elektrophysiologie geht auf die experimentellen Reizversuche des italienische Arztes und Naturforschers Luigi Galvani zurück, der mit seinem berühmten Froschschenkel Experiment erstmals belegen konnte, dass Muskelkontraktionen durch elektrischen Strom ausgelöst

1 Einleitung

werden können (Galvani & Aldini, 1792). Damit legte er den Grundstein der Elektrotherapie, dessen Erforschung und Weiterentwicklung zum Gegenstand europäischer Naturwissenschaften wurde mit Beiträgen aus Deutschland, Frankreich, Italien, England und den Niederlanden (siehe historischen Überblick in Brunoni, Nitsche & Loo, 2016). Spektakuläre Erfindungen wie die Volta'sche Säule vom italienischen Physikers Alessandro Volta, als Vorgänger unserer heutigen Batterie, gingen aus dieser Zeit hervor. Als wegweisende Schriften gelten die Veröffentlichungen des deutschen Naturforschers Christian Gottlieb Kratzenstein, der die Elektrotherapie als Allheilmittel zur Harmonisierung der Körpersäfte auswies (Kratzenstein, 1745). Er erachtete die Stauung von Körpersäften (*Dickblütigkeit*) als Ursache vieler Erkrankungen wie Kopfschmerzen, Fieber oder auch Pest, die durch die Elektrifizierung wieder gelöst werden sollten (Kratzenstein, 1745). Einige Jahre später veröffentlichte der deutsche Arzt Johann Gottlieb Schäfer ein Lehrbuch mit dem Titel „Die Electriche Medicin“ (Schäffer, 1766), in dem er gelähmte Glieder als Hauptindikation für die Elektrotherapie festsetze, dessen primäre Hauptangriffspunkte die Muskeln und Nerven darstellen. Ein weiterer bedeutender Meilenstein der Elektrotherapie erfolgte durch den französischen Neurologen Guillaume-Benjamin Duchenne, der 1847 die Behandlung von Lähmungen und Neuralgien mit Elektroden entwarf (Ziemssen, 1887). Mithilfe der Elektroden konnte er den elektrischen Strom auf bestimmte Körperbereiche lenken und dadurch einzelnen Körperteile behandeln. Mit diesem Verfahren konstruierte er die Anfänge für die heutige Elektroschocktherapie und der Diathermie (Kurzwellentherapie).

Im Laufe des 18. und 19. Jahrhunderts tauchten immer wieder Aufzeichnungen über medizinisch experimentellen Anwendungen elektrischer Stimulationsverfahren zur Behandlung verschiedenster körperlicher und mentaler Leidenszustände auf (Beispiel in Abbildung 2), die jedoch aufgrund mangelnder Effekte nie breitflächig als *Heilmethode* eingesetzt wurden und daher zunehmend in Vergessenheit gerieten.

1 Einleitung

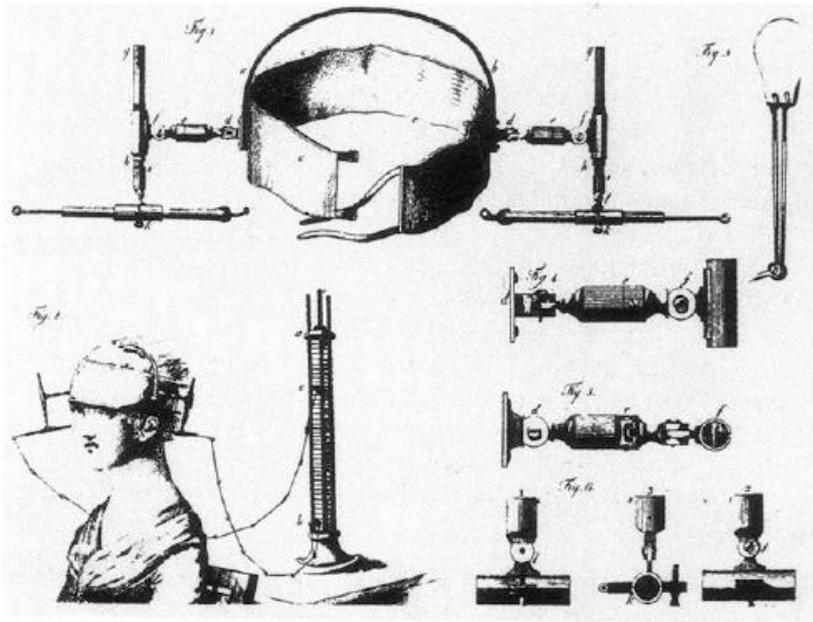


Abbildung 2: Instrumente des deutschen Arztes Christian Heinrich Ernst Bischoff (1781-1861) zur Behandlung von Depressionen, Hysterischer Lähmung und Stupor unter Anwendung einer sogenannten Voltaschen Säule

Erst ab Mitte der 1930er Jahre erlebte die Anwendung elektrischen Stroms mit der Einführung der *Elektrokonvulsionstherapie* (EKT) auf neuropsychiatrischen Kongressen (Cerletti & Bini, 1938) eine Art Renaissance, wodurch die EKT zur Behandlung psychopathologischen Zustände, wie Schizophrenie oder schweren Depressionsverläufe, zunächst bis in die 70er Jahre sehr populär wurde (Brunoni, Nitsche & Loo, 2016). Im Zuge der Anti-EKT Bewegung in den 80er Jahren angesichts des sehr invasiven und damals inhuman erscheinenden Charakters dieser Behandlungsform, verwundert es nicht, dass genau einige Jahre später Wissenschaftler die Methoden der nicht-invasiven transkraniellen elektrischen Stimulation (tES) wie *transkraniellen Magnetstimulation (TMS)* (Barker, Jalinous & Freeston, 1985) und transkraniellen Gleichstromstimulation (*engl.*: transcranial direct current stimulation - tDCS; Priori, Berardelli, Rona et al., 1998; Nitsche & Paulus, 2000) wiederentdeckten. Seitdem nimmt die Anzahl publizierter Artikel zur Erforschung und Anwendung von TMS (Balan, Gerits & Vanduffel, 2014) und Gleichstromstimulation exponentiell zu (Wexler, 2016).

Innerhalb der tES mit Elektrodenstimulation werden drei Hauptverfahren unterschieden, wobei im weiteren Verlauf nur auf die tDCS näher eingegangen werden soll: transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS); transkranielle random-noise (*dt.*: Zufallsrauschen) Stimulation – tRNS; transkranielle Wechselstrom Stimulation (*engl.*: transcranial alternating current stimulation – tACS). Bei der **tDCS** wird ein Gleichstrom (direct current) im Milliampere Bereich (1-2 mA) appliziert, wobei Stärke und Richtung des Stroms unverändert bleiben. Bei der **tACS** wird ein sinusförmig verlaufender Wechselstrom an der Kopfoberfläche appliziert. Dieses Verfahren wird vorrangig dazu genutzt einen Einfluss auf die Oszillationen, also die Art der Amplitudenverläufe als Ausdruck der Gehirnaktivität, zu beeinflussen (Herrmann, Rach, Neuling et al., 2013). Die **tRNS** stellt das jüngste der drei Verfahren

1 Einleitung

dar, weshalb vergleichsweise wenige Studien über ihre Wirkweisen und Mechanismen existieren. Auch bei diesem Verfahren wird ein Wechselstrom verabreicht, der sich jedoch kontinuierlich innerhalb eines Spektrums von 0,1 Hz bis zu 640 Hz in der Frequenz seiner Oszillationen verändern kann und in seiner elektrophysikalischen Gesamtheit ein *weißes Rauschen* ergibt, wobei die Häufigkeit der Einzelfrequenzen der Gauss'schen Normalverteilung folgt.

Im Vergleich zur EKT liegen die wesentliche Vorteile der tDCS und der anderen beiden genannten Verfahren vor allem darin, dass diese bei vollem Bewusstsein ohne Narkose, Muskelrelaxation und Beatmungsrisiko mit einem vergleichsweise sehr schwachen Strom (EKT: 800-900 mA vs. tDCS: 1-2 mA, siehe Woods, Antal, Bikson et al., 2016) und ohne schwere Nebenwirkungen, wie kognitive Störungen oder Krampfanfall, durchgeführt werden können (Poreisz, Boros, Antal et al., 2007). Des Weiteren ergeben sich auch erhebliche Vorteile für den wissenschaftlichen Kontext. Mit Anwendung der tDCS kann die Modulation spontaner neuronaler Aktivität ohne Auslösung eines Aktionspotentials, was eine wesentliche Abgrenzung zur TMS und EKT darstellt, beeinflusst werden (Fritsch, Reis, Martinowich et al., 2010). Weitere Vorteile ergeben sich durch eine sehr ökonomische Kosten- und Zeitbilanz sowie die Möglichkeit einer zusätzlichen Schein-Stimulation (Gandiga, Hummel & Cohen, 2006), die die Ergebnisse an Validität gewinnen lässt. Eine Schein-Stimulation ist prinzipiell auch bei einer EKT oder TMS Behandlung möglich, geht jedoch mit einem wesentlich höheren Aufwand einher.

1.3.1 Elektrophysiologische Wirkweise der tDCS

Die tDCS erfolgt üblicherweise mithilfe von zwei Elektroden (Anode und Kathode), die an der Kopfoberfläche angebracht werden (siehe Higgins & George, 2009). Der Gleichstrom wird in einer batteriebetriebenen Konstantstromquelle generiert und zu den Gummielektroden bzw. Platinen geleitet, welche in, mit Kochsalzlösung befeuchteten Schwämmen, eingeführt werden. Die Schwammelektroden werden mithilfe eines Gummigurtes eng an die Schädeldecke angelegt. Der Gleichstrom wird dann durch die Schädeldecke in den Kortex geleitet um die Neuronen der äußeren Hirnrinde zu stimulieren. Hierbei werden zwei verschiedene Stimulationsarten unterschieden: die *anodale* und *kathodale* tDCS. Bei der anodalen tDCS wird die Anode auf die Zielregion des Kopfes, z.B. linker motorischer Kortex und die Kathode als Referenzelektrode an eine andere Stelle des Kopfes oder Körpers, z.B. kontralateral supraorbital oder am Deltamuskel der Schulter, platziert. Umgekehrt wird bei der kathodalen Stimulation die Kathode auf die Zielregion platziert und die Anode fungiert dementsprechend als Referenzelektrode.

In der Arbeit von Alberto Priori und Kollegen (1998) konnte erstmals gezeigt werden, dass durch eine Stimulation mit einem sehr schwachen Strom (<0,5 mA) über den motorischen Kortex am Menschen,

1 Einleitung

Kopfoberfläche. Bei der anodalen tDCS findet eine Depolarisation; bei der kathodalen tDCS eine Hyperpolarisation des Zellkörpers (Soma) statt. Der Strom fließt gemäß des Ohmschen Gesetzes von der Anode zur Kathode.

Modulatorisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine Stimulation mit tDCS nicht zu einer direkten Auslösung von Aktionspotentialen führt, wie bei der TMS oder EKT, sondern aufgrund der Membranpolarisierung die spontane Feuerrate der Zelle erhöht (anodal) oder herabsenkt (kathodal) (Abbildung 4; vgl. Liebetanz, Nitsche & Paulus, 2003).

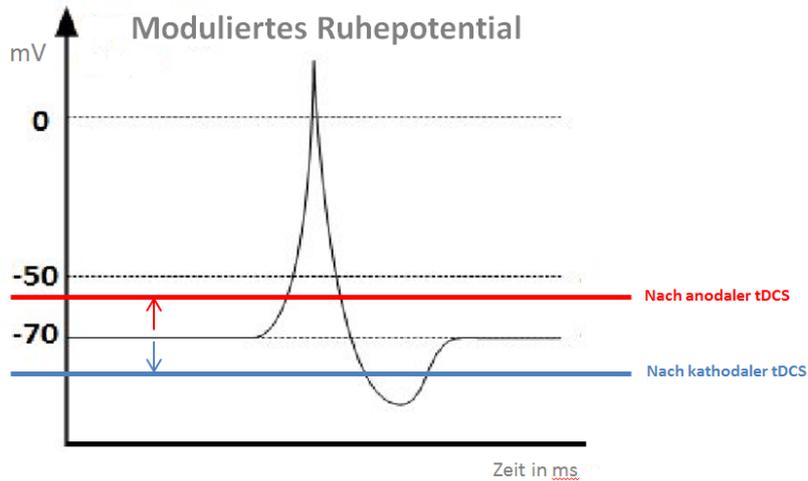


Abbildung 4: Neuromodulatorische Effekte der tDCS auf das Ruhepotential der Zellmembran

Sehr vereinfacht gesagt, kann somit die anodale Stimulation im darunter liegenden Hirnareal eine exzitatorische und die kathodale Stimulation eine inhibitorische Wirkung erzeugen. Die Wirkung der Stimulation ist dabei abhängig von verschiedenen elektrophysiologischen Parametern wie der Dauer (Min) der Stimulation, Stromstärke (Ampere), Stromdichte (J) sowie Frequenz (Hz) (Herrmann et al., 2013). Die Dosis-Wirkung Beziehung folgt dabei nicht linearen Gesetzmäßigkeiten (Nitsche, Cohen, Wassermann et al., 2008). Die gesteigerte oder auch verminderte Aktivität der Gehirnzellen stellt eine wichtige Komponente in der Anpassungsleistung und der Plastizität des Gehirns dar, weshalb die Methode der tDCS für die klinische Anwendung, z.B. im Rahmen von Depressionen (Palm, Hasan, Strube et al., 2016; Brunoni, Moffa, Sampaio-Junior et al., 2017; Brunoni, Nitsche & Loo, 2016) sehr interessant ist und derzeit als innovatives Zusatzverfahren zur Unterstützung der Primärtherapie intensiv erforscht wird.

1.3.2 Risiken und Nebenwirkungen der tDCS

Die Intervention der tDCS hat ein unbedenkliches Sicherheitsprofil, wie durch eine große angelegte Studie (Brunoni, Valiengo, Baccaro et al., 2013) und dem Konsensus Papier von Antal et al. (2017) bewiesen wurde. Häufige sogenannte *Adverse Events* (AEs; dt.: unerwünschte Ereignisse) sind als milde zu werten. Hierunter fallen insbesondere Hautirritationen (22%), lokales Kribbeln auf der Haut (40%), leichter Kopfschmerz (14%), Müdigkeit (29%). Ein systematischer Überblick über festgestellte AEs in Zusammenhang mit Gleichstrom Stimulation in den Jahren von 1998 bis 2010 (Brunoni, Amadera, Berbel et al., 2011), zeigt dass nur mehr 56% von 209 Studien zur tDCS überhaupt eine Aussage zu AEs getroffen haben, hierbei wurde am häufigsten von Jucken, Kribbeln, Kopfweh, Brennen und Unbehagen berichtet. Insbesondere Jucken und Kribbeln waren signifikant häufiger in der Behandlung als in der Scheinstimulationsgruppe. Um Hautläsionen, wie in früheren Studien berichtet (Palm, Keeser, Schiller et al., 2008), zu umgehen, werden die Hautareale zur Elektrodenplatzierung gründlich mit NaCl-Lösung (0,9%) gereinigt und die Gummielektroden in NaCl (0,9%) getränkte Schwämme inseriert. Die Natriumchlorid Lösung dient in diesem Fall als Trägermedium für den Strom und hilft die Impedanz zu reduzieren. Das Stimulationsgerät ist CE-zertifiziert und wird Vorschriftsgemäß durch geschulte Kräfte angewendet.

Risiken einer extrazephalen Referenzelektrode: Es besteht die möglich die Referenzelektrode anstatt am Kopf auch an einem anderen Ort am Körper anzubringen, z.B. an der Schulter oder am Bein, um die Fokalität der Stimulation zu erhöhen (Nitsche et al., 2008). Vandermeeren und Kollegen (2010) untersuchten die Sicherheit einer extrazephal angebrachten Elektrode auf dem rechten Schienbein (Tibia) bei einer tDCS Stimulation. Die Autoren betonen, dass eine tDCS Stimulation mit einer extrazephalen Elektrode zu keiner signifikanten Veränderung der Aktivität in den autonomen Zentren des Hirnstamm führte und erachten daher die extrazephal Stimulation bei gesunden Probanden unter vergleichbaren Experimentalbedingungen als sicher. In einer weiteren Studie mit Tourette-Patienten (Mrakic - Sposta, Marceglia, Mameli et al., 2008) konnte gezeigt werden, dass nach der tDCS Stimulation mit einer extrazephalen Elektrode am Musculus Deltoideus oder Deltamuskel keine unerwünschten Reaktionen oder Unannehmlichkeiten von den Patienten berichteten wurden.

1.4 Die Rolle des rechten ventralen präfrontal Kortexes

Nachdem im vorherigen Abschnitt die Grundlagen der Hirnstimulation mittels tDCS erläutert wurden, widmet sich dieses Kapitel der Vorstellung des Stimulationsortes. Die Zielregion der Stimulation stellt das rechte ventrolaterale Areal des präfrontalen Kortex dar (Abbildung 5).

Areale des präfrontal Kortex

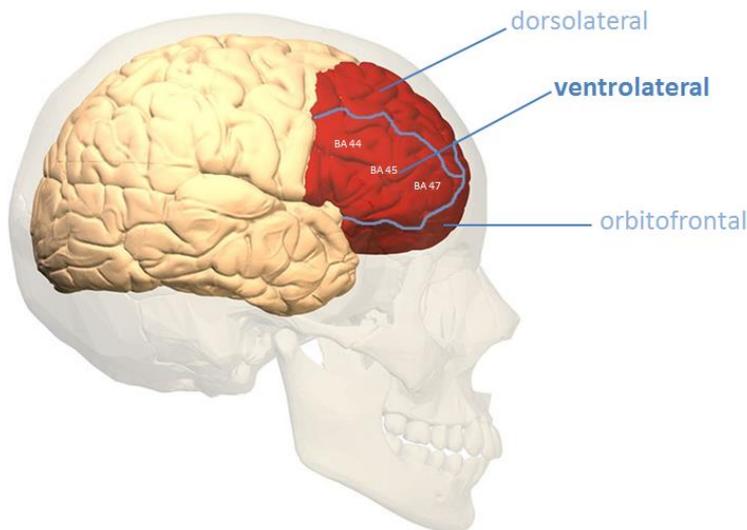


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung relevanter Areale des präfrontalen Kortex

[Bildquelle: [https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Prefrontal_cortex_\(left\)_-_lateral_view.png](https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Prefrontal_cortex_(left)_-_lateral_view.png). „*Prefrontal cortex of left cerebral hemisphere. Shown in red.*“ Generated by Database Center for Life Science (DBCLS)
Lizenz: CC-BY-SA-2.1-jp]

Die Funktionen des rechten ventrolateralen präfrontalen Kortex (rVLPFK) fächern sich in verschiedene Beteiligungen an steuernden, regulierenden und wahrnehmenden Prozessen. In einigen Arbeiten werden ihm verschiedene Formen der Selbstkontrolle zugeschrieben (Cohen, Berkman & Lieberman, 2013) sowie eine Beteiligung bei der motorischen Kontrolle (Chikazoe, Jimura, Asari et al., 2009), Risikoverhalten (Ernst, Bolla, Mouratidis et al., 2002), Kontrolle über unmittelbare Versuchungen, z.B. Geld (McClure, Laibson, Loewenstein et al., 2004) und Emotionskontrolle (Kim & Hamann, 2007). Des Weiteren wird ihm eine direkte Beteiligung in der Regulation bzw. Unterdrückung negativer Emotionen nachgesagt (Lieberman, Jarcho, Berman et al., 2004, Ochsner & Gross, 2005; Wager, Davidson, Hughes et al., 2008; Berkman & Lieberman, 2009; Cohen, Berkman & Lieberman, 2013). In einer Bildgebungsstudie konnten Wager und Kollegen (2008) zeigen, dass die rVLPFK Aktivität mit einer verminderten negativen emotionalen Wahrnehmung während der Bewertung aversiver Bilder zusammenhing. Der Grad der rVLPFK Aktivierung korrelierte dabei mit dem Ausmaß an berichteten negativen Emotionen, was nahelegt, dass der rVLPFK nicht nur die Regulation negativer Emotionen aktiv steuert, sondern auch die Toleranz gegenüber negativen Erfahrungen maßgeblich mitbestimmt. Darüber hinaus konnte in einer anderen Studie gezeigt werden, dass individuelle Unterschiede in der Schmerzwahrnehmung auch im Zusammenhang mit der Zurückweisungsempfindlichkeit stehen (Kross, Egner, Ochsner et al., 2007). Personen mit einer niedrigen Zurückweisungsempfindlichkeit

1 Einleitung

verfügen über eine höhere rVLPFK Beteiligung wenn sie sozial ausgegrenzt werden als Personen mit einer hohen Zurückweisungsempfindlichkeit (Kross et al., 2007).

Um die Zusammenhänge zwischen dem rVLPFK und sozialer Ausgrenzung tiefergehend zu verstehen, soll im Folgenden auf die Studie von Naomi Eisenberger, Matthew Lieberman und Kip Williams (2003) eingegangen werden, die den ersten Beweis lieferten, dass der rechte ventrale präfrontale Kortex in Zusammenarbeit mit einer weiteren relevanten Hirnregion, dem dorsalen anterioren zingulären Kortex (*dAZK*), eine regulierende Rolle bei der Bewältigung seelischen Schmerzes während einer sozialen Ausschlusserfahrung spielt. Auf Basis einer vielversprechenden Datenlage zum Zusammenhang zwischen seelischen Schmerzzuständen und der Aktivierung des dAZK und des rVLPFK konzipierten Eisenberger, Matthew Lieberman und Kip D. Williams (2003) eine Bildgebungsstudie in Kombination mit dem Cyberball-Paradigma, um die Zusammenhangshypothesen näher zu prüfen. Die Probanden spielten während sie im Scanner lagen das Cyberball Spiel. Ihnen wurde als Vorwand mitgeteilt, dass es sich um eine Testung technischer Details im Rahmen eines neuen bildgebenden Verfahrens namens „Hyperscanning“ handele (siehe auch Lieberman & Eisenberger, 2006). Dafür sei es wichtig, dass mehrere Probanden gleichzeitig gescannt werden, während sie mit einer koordinativen Aktivität beschäftigt seien, um die Beziehung zwischen neuronalen Aktivierungsmustern der unterschiedlichen Probanden zu analysieren. Beim Cyberball wurden drei Spielbedingungen unterschieden, die nacheinander von allen Probanden durchlaufen wurden. In der ersten Bedingung (Beobachter) wurde den Probanden mitgeteilt, dass sie sich aufgrund technischer Probleme nicht in das Spiel einloggen können und daher nur die anderen beiden Mitspieler beobachten können. In der zweiten Bedingung (Inklusion) wurden dieselben Probanden durch die angebliche *Behebung* der technischen Probleme in das Spiel eingeloggt und von den anderen beiden Mitspielern in das Spiel eingeschlossen. In der dritten Bedingung (Exklusion) erfolgte nach 7 Ballpässen der totale Ausschluss für weitere 45 Ballpässe. Die Probanden füllten nach der Inklusions- und Exklusionsbedingung jeweils einen Fragebogen hinsichtlich der Frage, ob sie sich ausgeschlossen und zurückgewiesen fühlten sowie einen Fragebogen zum aktuellen Stressempfinden aus. Anschließend wurden die Hirnscans aller drei Bedingungen funktionell analysiert. Die Auswertung der Fragebögen zeigte, dass sich die Probanden der Exklusionsbedingung signifikant mehr ausgeschlossen fühlten, als die beobachtenden und eingeschlossenen Teilnehmer (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Dieses Ergebnis entspricht dem reflexiven Stadium des Ostrazismus-Modells von Williams (Williams, 2007). Die Resultate der Hirnscananalyse zeigten, dass der dAZK signifikant mehr in der Exklusionsbedingung aktiviert war, als bei Inklusion. Zudem war die Korrelation zwischen dem subjektiven Stresslevel und der Aktivierung des dAZK positiv und hoch (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Dieses Ergebnis wird als Bestätigung vorheriger Annahmen über die Beteiligung des dAZK bei emotionalem Stress gewertet. Die Region des rechten VPFK war

1 Einleitung

während der Exklusion Bedingungen aktiver im Vergleich zur Inklusion. Die Ergebnisse zum subjektiven Stresslevel korrelierten negativ mit der Aktivierung des rVPFK während der Exklusionsbedingung (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Die Autoren vermuten, dass der rVPFK eine selbstregulierende Rolle bei der Linderung der stressvollen Auswirkungen durch den sozialen Ausschluss innehat (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Weitere Analysen mithilfe des sogenannten *Sobel Tests*⁴ zeigten, dass die dAZK Aktivität den direkten Zusammenhang zwischen der rVPFK Aktivierung und dem erlebten Stressempfinden mediiert. Das bedeutet, dass der dAZK eine vermittelnde Rolle in der Beziehung zwischen dem rVPFK und der Minderung des Stresslevels bzw. der Affektregulation spielt (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Zudem stimmt dieses Ergebnis mit den Beobachtungen aus früheren Studien zu den selbstregulierenden bzw. lindernden Effekten des rVPFK bei physischen Schmerzerfahrungen (Lieberman & Eisenberger, 2006) überein.

Des Weiteren konnte in der Beobachterbedingung auch eine Aktivierung des AZK verzeichnet werden, jedoch blieb die Einleitung zu *lindernden* Prozessen durch die Aktivierung des rechten VPFK aus. Eisenberger und Kollegen (2003) schlussfolgern, dass der AZK die Außenseiterrolle zwar *registriert* habe, allerdings keine Notwendigkeit in der Affektregulation sah. Die Autoren merken an, dass in der Beobachterbedingung keine Fragebögen zum Stressempfinden vorgegeben wurden, um die Glaubwürdigkeit der Coverstory aufrechtzuerhalten. Daher fehlen aufschlussreiche Daten zum Zusammenhang zwischen der dAZK Aktivierung und dem empfunden Stresslevel. In Anbetracht der Tatsache, dass die Funktion des dAZK in der Vergangenheit auch mit Aufmerksamkeitsprozessen in Zusammenhang (Bush, Luu & Posner, 2000; Carter, Macdonald, Botvinick et al., 2000) gebracht wurde, stellen sich die Autoren der Frage, ob die dAZK Aktivierung eher mit aufmerksamkeitserhöhenden Prozessen, im Sinne der reflektiven Bewältigungsstrategie, im Zusammenhang stehen und weniger mit seelischen Stress- und Schmerzempfindung (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Sie räumen ein, dass diese Annahme durchaus plausibel erscheint. Dennoch führen die Autoren zwei Argumente gegen diese Behauptung an: Zum einen wird die hohe positive Korrelation zwischen der Erhöhung der dAZK Aktivierung und der gleichzeitigen Erhöhung des erlebten Stresslevel nach der Ausgrenzung als Indiz für die Reaktion des dAZK auf Veränderungen in den emotionalen Zuständen der Probanden gewertet. Und zum anderen hat sich entgegen der Aufmerksamkeitshypothese gezeigt, dass in der Beobachterbedingung, aber nicht in der Inklusionsbedingung, eine dAZK Aktivierung festgestellt werden konnte (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Obwohl man annehmen könnte, dass vor allem das aktive Spielen in der Inklusionsbedingung mehr Aufmerksamkeitsprozesse und somit eine höhere dAZK Aktivierung evoziert. Die Autoren ziehen daher den Schluss, dass die Aktivierung des dAZKs nicht gänzlich höheren Aufmerksamkeitsprozessen zuzuordnen ist, sondern die Annahme einer

⁴ Der Sobel Test ist ein Verfahren zur Mediatoranalyse um Signifikanzaussagen zu einem indirekten Effekt zu treffen.

1 Einleitung

sozialen Schmerzkomponente aufgrund der Ergebnisse wahrscheinlicher ist (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003). Im Hinblick auf das Gesamtergebnis unterstreichen Eisenberger und Kollegen (2003) abschließend die Feststellung deutlich ähnlicher neuronaler Aktivierungsmuster im dAZK, die gleichsam bei seelischen als auch bei körperlichen Schmerzerfahrungen zu beobachten sind. In einer anschließenden Publikation charakterisieren Lieberman und Eisenberger (2006) die Funktion des dAZK als ein neuronales Alarmsystem, das in zweierlei Hinsicht (re-)agiert: Die erste Instanz bildet dabei die *Detektion* akuter und potentieller Gefahren, die sowohl das physische als auch soziale Wohlbefinden bedrohen; und die Zweite, die der Aufmerksamkeitslenkung auf die Gefahrensituation, um diese entsprechen zu bewältigen. Des Weiteren ließen sich auch ähnliche Aktivierungsmuster im rVPFK bei der Selbstregulation bzw. Linderung schmerzvoller physischer und sozialer Erfahrungen feststellen (Lieberman, Gaunt, Gilbert et al., 2002). Probanden, die während des sozialen Ausschlusses eine höhere rVPFK Aktivierung zeigten, gaben deutlich niedrigere Stresslevels an. Dieses Ergebnis untermauert die Annahme einer regulatorischen Funktion des rVPFK auf die emotionale Reaktion nach einer sozialen Ausgrenzungserfahrung. Eisenberger, Lieberman und Williams (2003) interpretieren die Ergebnisse als klare Evidenz dafür, dass die Wahrnehmung (dAZK) und Regulation (rVPFK) sowohl seelischer als auch körperlicher Schmerzerfahrungen dieselbe neuronatomische Ausgangsebene haben.

Zusammengefasst kann die Funktion der rVLPFK aufgrund der Fähigkeit Emotionen zu regulieren, als eine Schlüsselfunktion in der Regulation seelischer Schmerzzustände während sozialer Ausgrenzung verstanden werden (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; Lieberman et al., 2002). Wie weiter oben beschrieben (vgl. *c) Das resignative Stadium*, Seite 24), spielen erregende und regulierende Prozesse auf neuronaler Ebene eine bedeutende Rolle im Umgang mit sozialen Ausgrenzungserfahrungen. Vor diesem Hintergrund stellt der rVLPFK einen interessanten Untersuchungsgegenstand im Rahmen neuropsychologischer und sozialpsychologischer Fragestellung dar. Zu diesem Zweck kann die Hirnstimulation mit dem sanften Verfahren der tDCS einen wertvollen Beitrag leisten, um die Rolle des rVPFK bei der Affektregulation zu untersuchen. Dadurch ergibt sich im Sinne einer innovativen Forschungsstrategie, die Möglichkeit, Hirnstimulation mit der Ostrazismusforschung zu verbinden. In diesem Zusammenhang soll nachfolgend der Frage nachgegangen werden, inwiefern die Stimulation des rechten VPFK das Verhalten während einer sozialen Ausschlusserfahrung beeinflussen kann.

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

Die Idee diese beiden gut untersuchten Methoden, Cyberball und tDCS, zu kombinieren, eröffnet eine neuartige und einfach anzuwendende Forschungsstrategie, bei der die Mechanismen der Neuromodulation durch die tDCS sowie der sozialen Ausgrenzung mittels Cyberball-Paradigma vereint genutzt werden können. Die Verschränkung beider Ansätze kann daher zur Erforschung der Beziehung zwischen Gehirnprozessen und Reaktionen auf emotionaler und Verhaltensebene durch Ostrazismus dienen. Aus dieser Motivation heraus widmet sich dieses Kapitel der Vorstellung relevanter empirischer Studien unter der kombinierten Anwendung von tDCS und Cyberball mit dem Ziel, die Beziehung zwischen Gehirnstimulation und der Reaktion nach einer sozialen Ausschluss Erfahrung zu erforschen. Ferner soll zudem auf eine bisher nicht veröffentlichte Studie der Arbeitsgruppe um Frank Padberg, Andrea Jobst, Julia Dewald-Kaufmann und Barbara Barton eingegangen werden, die ein neues, adaptiertes Cyberball-Paradigma (Wüstenberg, not published) erforscht. Aus der Kritik eines sehr künstlich angehauchten virtuellen Settings und der Darbietung extremer sozialer Verhaltensweisen wie totaler Ausschluss mit 0% Ballpässen, soll das adaptierte Paradigma die Beschränkungen des alten Paradigmas um ökologisch validere Komponenten überwinden. Ein weiterer Vorteil des adaptierten Paradigmas ist die differenziertere Untersuchung des Spielverhaltens in Echtzeit aufgrund kontinuierlicher Datenspeicherung, die tiefere Einblicke in behaviorale Reaktionen auf Ostrazismus ermöglicht.

2.1 tDCS in der sozialpsychologischen Forschung

Einleitend soll eine Studie vorgestellt werden, mit der gezeigt werden konnte, dass tDCS einen Einfluss auf das Sozialverhalten hat. Daniela Knoch und Kollegen (Knoch, Nitsche, Fischbacher et al., 2008) gingen der Forschungsfrage nach, inwieweit eine Stimulation mit tDCS soziale Entscheidungsprozesse beeinflusst. Dafür wählte die Forschungsgruppe die Methode der kathodalen Stimulation über dem rechten dorsolateralen präfrontalen Kortex (rDLPFC), um die kortikale Erregbarkeit (Nitsche & Paulus, 2001) dieser ausgewählten Gehirnregion, die u.a. mit kognitiven Entscheidungsprozessen assoziiert ist, zu reduzieren (Knoch et al., 2008). Zur Untersuchung der abhängigen Variable nutzen sie das beliebte *Ultimatumspiel* (Güth, Schmittberger & Schwarze, 1982), das sich zur Untersuchung altruistischer vs. egoistischer Entscheidungen sehr gut eignet. Dabei wird der Proband mit einer Entscheidungssituation konfrontiert, bei dem ein anonym Mitspieler einen beliebigen Teil des ihm zur Verfügung gestellten Geldtopfes dem Probanden anbieten kann, z.B. 20€ Gesamtbetrag von dem er 8€ dem Probanden anbietet. Der Proband kann das Angebot entweder annehmen (er bekommt 8€, der Mitspieler behält die restlichen 12€) oder ablehnen (keiner bekommt das Geld) kann. Die Autoren nehmen an, dass die

Annahme niedriger Beträge, z.B. 4€ mit egoistischen Wirtschaftsmotiven und eine Ablehnung niedriger Beträge mit Gerechtigkeitsmotiven im Zusammenhang steht. Die Ergebnisse zeigten, dass Probanden mit einer kathodalen tDCS signifikant öfter niedrige Beträge akzeptieren als jene Probanden, die eine Scheinstimulation erhielten. Zudem war der Haupteffekt der Stimulation signifikant (Knoch et al., 2008). Das bedeutet in der Schlussfolgerung, dass die kathodale tDCS über dem rDLPFK die Entscheidungsfreudigkeit auf Basis von Gerechtigkeitsmotiven reduziert und die Neigung zu selbstgerechtem Verhalten erhöht. Somit konnten Knoch und Kollegen (2008) mit dem Ergebnis dieser Studie darlegen, dass tDCS eine wirkungsvolle Methode zur Beeinflussung von Entscheidungsprozessen in sozialen Situationen darstellt.

2.2 tDCS und Cyberball

Die wichtigsten Beiträge zu relevanten Kombinationsstudien mit tDCS und Cyberball bilden vor allem die Arbeiten rund um die Forschungsgruppe von Paolo Riva. Diese hat sich in der genaueren Untersuchung des kausalen Zusammenhangs zwischen der Stimulation des rVLPFK und Veränderungen in emotionalen Zuständen nach einer sozialen Ausgrenzungserfahrung engagiert. Ihre Forschungsergebnisse liefern zudem interessante Erkenntnisse zur ursächlichen Rolle des rVLPFK bei der Regulation negativer Emotionen wie z.B. der Aggression und der spezifischen Wirkung einer anodalen versus kathodalen Stimulation auf die regulierenden Effekte des rVLPFK.

Als Einstieg in die Thematik soll zunächst auf die Studie zum allgemeinen Zusammenhang zwischen dem rVLPFK und der Emotionsregulation eingegangen werden. Vor dem Hintergrund der Annahme, dass der rVLPFK bei der Bewertung und Linderung leidvoller Empfindungen sowie unangenehmer emotionaler Zustände beteiligt ist (Wager et al., 2008; Berkman & Lieberman, 2009), stellten Riva und Kollegen (Riva, Romero, Dewall & Bushman, 2012) die Hypothese auf, dass eine Stimulation des rVLPFK die Regulation des sozialen Schmerz sowie negativer Emotionen nach einer sozialen Zurückweisung verbessert. Zur Untersuchung dieser Fragestellung erhielten 27 Probanden eine anodale tDCS über dem rVLPFK während sie das Cyberballspiel unter den zwei gängigen Bedingungen (sozialer Einschluss vs. sozialer Ausschluss) mithilfe von computerisierten Mitspielern spielten. Nach Beendigung des Spiels füllten alle Probanden ein Set von Fragebögen aus. Diese beinhalteten unter anderem den sogenannten Manipulationscheck, der zur Überprüfung, ob die Probanden den sozialen Ausschluss registriert haben dient, indem sie eine Einschätzung der erhaltenen Ballpässe (0 – 100%) vornehmen. Mit den übrigen Fragebögen wurde das allgemeine Ausmaß des sozialen Schmerzes (z.B. „Das Cyberballspiel war eine schmerzvolle Erfahrung“) sowie das Ausmaß verletzter Gefühle anhand vier negativer Gefühlszustände abgefragt, z.B.: „Ich fühlte mich gekränkt“ (*“I felt hurt“*), „Ich fühlte mich

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

schmerzvoll“ (*„I felt pained“*), „Ich fühlte mich verletzt“ (*„I felt injured“*), „Ich fühlte mich verwundet“ (*„I felt wounded“*). Die tDCS erfolgte mit einer 25cm² breiten Anode über der Position F8, nach dem internationalen 10-20 EEG System (Jasper, 1958) und einer 35cm² breiten Kathode über der kontralateralen Augenhöhle (supraorbital). Die Autoren merkten an, dass sie dieses Größenverhältnis zur Erhöhung der Fokalität der anodalen Stimulation gewählt haben (Riva et al., 2012). Die tDCS dauerte insgesamt 15 Minuten, wobei das Cyberballspiel erst in den letzten fünf Minuten der Stimulation startete. 50% der Probanden erhielten eine verum-Stimulation mit 1,5 mA; die anderen 50% eine sham-Stimulation. Die Zuteilung der Probanden zu den Stimulationsbedingungen erfolgte doppelblind. Danach wurden die Probanden wiederum randomisiert der Einschluss- oder Ausschlussbedingung zugeteilt. In der Einschlussbedingung erhielten die Teilnehmer in einem ausgeglichenen Maß 30% aller Bälle. In der Ausschlussbedingung erhielten sie zunächst jeweils einmal den Ball von den beiden anderen Mitspielern. Danach erfolgte der totale Ausschluss, indem ihnen kein einziger Ball mehr zugepasst wurde.

Die Ergebnisse dieser Studie waren wie folgt: Die Auswertung des Manipulationschecks war nicht signifikant. Das bedeutet, dass alle Probanden, unabhängig von der Stimulationsform, die erhaltende Anzahl an Ballpässen korrekt eingeschätzt haben (Ausschlussbedingung $M_w=12,43\%$; Einschlussbedingung: $M_w=30,51\%$). Weitere zu erwartende Ergebnisse waren ein deutlich höheres Ausmaß an sozialem Schmerz in der Gruppe der Ausgeschlossenen im Vergleich zur jener der Einschlussbedingung. Insgesamt war das Ausmaß unangenehmer Konsequenzen, unabhängig vom Integrationsstatus, in der verum-Gruppe signifikant geringer als in der sham-Gruppe (Schmerzen, $p=0,01$; negativen Emotionen $p=0,005$). Bei den Probanden, die eingeschlossen wurden, zeigten sich keinerlei Unterschiede zwischen den Stimulationsbedingungen. Die signifikante Interaktion zwischen den Stimulationseffekten und den Effekten des sozialen Ausschlussstatus impliziert in der näheren Betrachtung, dass die verum-Stimulation einen deutlichen Einfluss auf die emotionalen Reaktionen nimmt. In diesem Fall zeigen die Ergebnisse, dass eine anodale Stimulation über dem rVLPFK die schmerzvollen Effekte der sozialen Ausgrenzung mindert. Die ausgeschlossenen Probanden mit einer verum-Stimulation berichteten signifikant geringere sozialen Schmerzwahrnehmung ($p<0,001$; $d=0,91$) und negative Gefühle ($p<0,001$; $d=1,04$) als solche mit der Placebostimulation. Die Stärke der Effekte kann hierbei, wie auch schon in anderen Studien gezeigt (Williams & Jarvis, 2006; Hartgerink et al., 2015) als sehr groß erachtet werden. Beachtenswert an diesem Ergebnis ist, dass beide Gruppen im selben Ausmaß den sozialen Ausschluss korrekt eingeschätzt haben, jedoch scheinen die Personen mit einer anodalen verum-Stimulation weniger beunruhigt bzw. emotional betroffen diesbezüglich zu sein (Riva et al., 2012). Die Autoren schlussfolgern aus den Ergebnissen, dass eine anodale Stimulation über dem rVLPFK die Emotionsregulation verbessert und in der Konsequenz die Wahrnehmung seelischen Schmerzes nach einer sozialen Ausgrenzungserfahrung verringert (Riva et al., 2012). Nachdem bereits

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

neurowissenschaftliche Studienergebnisse (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; Wager et al., 2008) auf die Rolle des rVLPFK bei der Bewältigung und Regulation unangenehmer emotionaler Zustände hingewiesen haben, liefert diese Studie von Riva und Kollegen einen weiteren Beweis zum direkten Zusammenhang zwischen dem rVLPFK und emotionalen Reaktionen.

Auf Basis dieser Ergebnisse ging das Forschungsteam (Riva, Romero Lauro, DeWall et al., 2015a) noch einen Schritt weiter und untersuchte die Fragestellung, ob aggressive Verhaltenstendenzen als Reaktionen auf sozialen Ausschluss (vgl. Warburton, Williams & Cairns, 2006) durch die Stimulation des rVLPFK reduziert werden können. Zur Untersuchung dieser Fragestellung stimulierten sie 80 Versuchspersonen mittels anodaler vs. sham tDCS über dem rVLPFK. Im Gegensatz zur ersten Studie (Riva et al., 2012) wählten sie diesmal die Position F6, die im Abstand von 10% der Tragus-zu Tragus Länge links neben der F8 Position liegt. Warum sie die Positionen nach links geändert haben, wird in der wissenschaftlichen Publikation nicht erwähnt. Vermutlich ist eine Elektrodenpositionierung an der F6 Stelle sowohl für die Untersucher beim Anlegen als auch für die Probanden angenehmer, da die Elektrode der F8 Position sehr nah am Auge liegt. Alle Probanden waren dazu angehalten vor Beginn der eigentlichen Testung einen Fragebogen zur generellen Ärgerneigung (Anger-Trait), der als Kontrollvariable für Aggressionstendenzen herangezogen werden sollte sowie Angaben zu Geschmackspräferenzen (süß, salzig, bitter, sauer) vorzunehmen. Die Probanden wurden wieder in einem doppelblinden Verfahren den jeweiligen Versuchsbedingungen randomisiert zugewiesen (sozialer Einschluss vs. Ausschluss + sham- vs. verum-Stimulation). Die Stimulationsparameter waren identisch mit der vorherigen Studie. Am Ende schätzten die Teilnehmer im Fragebogen zum Manipulationscheck ihren prozentualen Anteil an erhaltenen Bällen ein. Zudem erfolgte die Messung des aggressiven Verhaltens direkt im Anschluss an das Cyberballspiel mithilfe des Hot-Sauce Paradigmas (Lieberman et al., 1999).

Das Ergebnis des Manipulationschecks zeigte, dass alle Versuchspersonen die erhaltenen Ballpässe korrekt eingeschätzt haben. Zudem zeigten weder die Personen der Einschluss und Ausschlussbedingungen noch die der sham- vs. verum-Gruppe statistisch relevante Unterschiede in der Ärgerneigung. Im Einklang mit der Studie von Warburton (2006) zeigten die ausgeschlossenen Probanden signifikant aggressivere Verhaltenstendenzen als die der Einschlussbedingung ($p=0,002$, $d=0,72$), wobei der Haupteffekt der Stimulation nicht signifikant war. Das bedeutet, dass die Ausgeschlossenen ungeachtet der Stimulationsform aggressivere Reaktionen zeigten als die Eingeschlossenen. Allerdings zeigten weitere Analysen eine signifikante Interaktion zwischen Stimulation und Integrationsstatus. Personen, die ausgeschlossen wurden und eine verum-Stimulation erhielten, zeigten ein deutliches geringeres Aggressionsmaß als jene ausgeschlossenen Personen mit der Sham-Stimulation ($p<0,009$, $d=0,62$). Zudem verhielten sie sich insgesamt gleich wenig aggressiv wie die Probanden der Einschlussbedingung. Eingeschlossene Teilnehmer der sham- und verum-

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

Gruppe unterschieden sich nicht im Aggressionspotential. Die Autoren sprechen daher von einer Angleichung im Aggressionspotential bzw. im *Friedenspotential*, das durch die anodale Stimulation des rVLPFK erreicht werden kann (Riva et al., 2015a). Des Weiteren kommen sie zu demselben Schluss wie Warburton et al. (2006), nämlich dass sozialer Ausschluss zu einer Erhöhung aggressiven Verhaltens führt. Die Autoren interpretieren die gesammelten Untersuchungsergebnisse vor dem Hintergrund der bereits erwähnten neurowissenschaftlichen Erkenntnisse dahingehend, dass die anodale Stimulation des rVLPFK zu einer erhöhten Erregbarkeit dieser Hirnregion führt und sich somit die Aktivität des rVLPFK in die erwünschte Richtung steigert (Riva et al., 2015a). Durch die erhöhte Aktivität des emotionsregulierenden Hirnareals könne die Wirkung von Ostrazismus auf die Zunahme des Aggressionspotentials verringert werden und folglich eine Angleichung an das Friedenspotential der nicht von Ostrazismus betroffenen Personen erreicht werden (Riva et al., 2015a). Im Umkehrschluss können demnach Aggressionen durch die gezielte Stimulation des rVLPFK reduziert werden. Riva und Kollegen werten die Ergebnisse als Evidenz dafür, dass der rVLPFK eine kausale Rolle bei der Regulation von (negativen) Emotionen spielt (Riva et al., 2015a).

Nachdem gezeigt werden konnte, dass eine erhöhte Aktivität des rVLPFK durch anodale tDCS zu einer verbesserten Emotionsregulation führt und dadurch das Individuum zu einem friedlicherem Umgang mit sozialen Ausschluss verhilft, versuchte die Forschungsgruppe in einer dritten Studie (Riva, Romero Lauro, Vergallito et al., 2015b) die erworbenen Erkenntnisse einer Gegenüberprüfung zu unterziehen. Dafür untersuchten sie die Fragestellungen, ob erstens eine kathodale tDCS über dem rVLPFK eine, zur anodalen Stimulation entgegengesetzte, verstärkende Wirkung auf negative emotionale Reaktion nach sozialem Ausschluss erzielt und zweitens, ob die Stimulation einer Hirnregion, die nicht mit dem rVLPFK assoziiert ist, in der logischen Konsequenz keinerlei Effekte auf die Emotionsregulation auslöst. Die zweite Fragestellung dient in diesem Kontext als Überprüfung bisheriger Annahmen, dass der rVLPFK wesentlichen Einfluss auf die Emotionsregulation in einer sozialen Schmerzsituation nimmt. Die Autoren betonen (Riva et al., 2015b), dass die kathodalen Effekte der tDCS weitaus weniger gut belegt sind, als die der anodal erregenden Effekte (Jacobson, Javitt & Lavidor, 2011). Zur Beantwortung der ersten Frage wurden erneut 82 Versuchspersonen zu einer tDCS – Cyberball kombinierten Studie eingeladen. Wie zuvor wurde alle Teilnehmer im doppelblinden Verfahren den Versuchsgruppen (sozialer Einschluss vs. sozialer Ausschluss + sham vs. kathodale tDCS) randomisiert zugewiesen. Auch in dieser Studie wählte die Forschenden die F6 Position als Stimulationsort. Dieses Mal wurde die mithilfe des 10-20 EEG Systems ausgemessene F6 Position zusätzlich mit einem stereostatischen Neuronavigationssystem (Nexstim GmbH⁵, Helsinki Finnland) mittels MRT Scans von den Probanden überprüft (Riva et al., 2015b). Dadurch konnte die Autoren verifizieren, dass die die F6 Position

⁵ www.nexstim.com

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

tatsächlich den rVLPFK getroffen hatte. Die Stimulationsparameter glichen wieder jenen der vorherigen Studien. Zusätzlich füllten alle Teilnehmer den Fragebogen zum Manipulationscheck sowie Fragebögen zum sozialen Schmerz, verletzten Gefühlen und zudem einen Fragebogen zu negativen Emotionen (z.B: „Ich fühle mich wütend“, „Ich fühle mich traurig“, „Ich fühle mich ängstlich“) aus. Die Ergebnisse zeigten erwartungsgemäß eine korrekte Einschätzung der erhaltenen Bälle im Manipulationscheck sowie das Resultat, dass ausgeschlossene Teilnehmer signifikant mehr sozialen Schmerz und negative Emotionen als Eingeschlossene berichteten, $p=.001$, $d=0,75$ (Riva et al., 2015b). Auch hier ist die Effektstärke ähnlich hoch wie in den anderen Cyberballstudien. Wie erhofft zeigten die nachfolgenden Ergebnisse, dass Personen mit einer kathodalen tDCS signifikant mehr sozialer Schmerz berichteten als Personen mit einer sham-Stimulation ($p=.02$, $d=0,51$). Von den Personen, die ausgeschlossen wurden und zusätzlich eine kathodalen tDCS erhielten, fielen die Berichte über erlebten sozialen Schmerz signifikant höher aus als bei jenen ausgeschlossenen Teilnehmern mit sham-Stimulation ($p=0,02$, $d=0,80$). In der Gruppe der Eingeschlossenen Teilnehmer ergaben sich keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den Stimulationsgruppen. Zudem zeigte sich in den Analysen zur emotionalen Reaktion, dass auch hier die Gruppe der Ausgeschlossenen, die zusätzlich kathodale tDCS über dem rVLPFK erhielten, ein signifikant negativeres Ausmaß angaben, als die der sham-Gruppe (verletzte Gefühle: $p=.02$, $d=0,72$; negative Emotionen: $p=.012$, $d=0,72$). In der Gruppe der Eingeschlossenen zeigten sich auch wieder keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stimulationsbedingung in Bezug auf die negative emotionale Reaktion. Insgesamt berichteten die Ausgeschlossenen im Vergleich zu den integrierten Personen signifikant mehr verletzte Gefühle ($p<.001$, $d=1,12$) und negative Emotionen ($p<.001$, $d=1,25$). Die Autoren schließen aus den Ergebnissen, dass eine kathodale tDCS, aber nicht eine sham-Stimulation über dem rVLPFK während einer sozialen Ausschlusserfahrung die Gefühle sozialen Schmerzen erhöht und die negativen emotionale Reaktion verstärkt (Riva et al., 2015b). Dieses werten sie als weiteren stichhaltigen Beleg dafür, dass der rVLPFK eine regulatorische Funktion auf emotionale Prozesse hat.

Zur Überprüfung dieser Aussage führte die gleiche Forschungsgruppe *Kontrollstudie* zur spezifischen Funktion des rVLPFK auf emotionsregulierende Prozesse durch. Das Untersuchungsprozedere war das Gleiche wie in der vorangegangenen Studie, allerdings mit dem Unterschied, dass dieses Mal den Probanden nur die Ausschlussbedingung im Cyberballspiel präsentiert wurde und die kathodale Stimulation über dem rechten posterioren parietal Kortex (rPPK) stattfand, welcher ungefähr der P2 Position entlang des 10-20-EEG Systems entspricht. Laut Vorstudien (Lauro, Rosanova, Mattavelli et al., 2014) konnte gezeigt werden, dass die Stimulation des rPPK mittels tDCS die Aktivität im linken homologen parietalen Kortex und in der kontralateralen frontalen Hirnregion beeinflusste (wahrscheinlich aufgrund der supraorbital liegenden Referenzelektrode), jedoch nicht die Aktivität rechter frontaler Areale, inklusive des rVLPFKs. Daher folgern die Autoren, dass der rPPK nicht direkt

in emotionale Prozesse involviert zu sein scheint und deswegen die Stimulation des rPPK hypothetisch keinen Einfluss auf die Aktivität des rVLPFK nimmt (Riva et al., 2015b). Die Ergebnisse der Kontrollstudie bestätigten die Hypothese. Es offenbarten sich keine statistisch relevanten Unterschiede in den Angaben zum sozialen Schmerz, verletzten Gefühl und negativen Emotionen zwischen der sham- und der Verumgruppe (Riva et al., 2015b). Das impliziert, dass weder sham noch kathodale tDCS über dem rPPK einen Effekt auf die berichteten Emotionen hatte. Beachtenswerter Weise konnten auch keine signifikanten Unterschiede für sozialen Schmerz, verletzte Gefühle und negative Emotionen zwischen den Probanden beider Stimulationsgruppen mit jenen Ausgeschlossenen der sham-Gruppe aus der vorangegangenen Studie festgestellt werden (Riva et al., 2015b). Das bedeutet, dass ausschließlich die kathodale tDCS über dem rVLPFK einen Einfluss auf die berichteten Emotionen hatte, nicht aber sham-Stimulation des gleichen Areals und auch nicht die kathodale sowie Sham-tDCS über dem rPPK. Die Autoren schlussfolgern daher, dass die Stimulation des rPPK weder einen direkten Effekt auf den rVLPFK hat, noch der rPPK die nachfolgende emotionale Reaktion auf sozialen Ausschluss moduliert (Riva et al., 2015b). Riva und Kollegen (2015b) konnten mit ihrer Studie beweisen, dass die kathodale tDCS über dem rVLPFK die emotionale Reaktion nach Ostrazismus negativ verstärkt. Bei sozialer Integration ergaben sich keine bedeutenden Unterschiede zwischen sham und kathodaler tDCS (Riva et al., 2015b). Folglich stehen die Resultate dieser Studien im Konsens mit vorherigen Bildgebungsstudien über die Fähigkeit des rVLPFK die Schmerzreaktion nach sozialer Ausgrenzung zu modulieren (vgl. Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003).

2.3 Einführung in das adaptierte Cyberballparadigma

Obschon für das klassische Cyberball-Paradigma (Williams & Jarvis, 2006; Williams, Cheung & Choi, 2000) hohe Effektstärken belegt werden konnten und eine valide Simulation einer sozialen Ausgrenzungserfahrung konstatiert wurde (Williams & Jarvis, 2006; Hartgerink et al., 2015), wird dennoch die Validität des Paradigmas in der Literatur kritisch diskutiert. Als Hauptkritikpunkt kann die Tatsache angeführt werden, dass üblicherweise erst *nach* dem Spiel die psychologische Erhebung der Ostrazismuseffekte durchgeführt wird. In der Metaanalyse von Hartgerink und Kollegen (2015) wird die Behauptung Williams', dass die Fragebögen zur Bedürfnisbedrohung (NTQ-Fragebogen) und zur Veränderung der Emotionen die reflexive Reaktion auf die Ostrazismuserfahrung abbilden (Williams, 2009; Hartgerink et al., 2015) einer Überprüfung unterzogen. Die Autoren der Metaanalyse kommen zu dem Schluss, dass Erhebungen mittels Selbstauskunft, die nach dem Spiel stattfinden, den aktuellen Zustand des Probanden *nach* und nicht *während* der Ostrazismuserfahrung eruieren (Hartgerink et al., 2015). Aus diesem Grund würden die Resultate nicht, wie Williams behauptet, die reflexive, sondern die reflektive Reaktion auf die soziale Ausgrenzungserfahrung abbilden (Hartgerink et al., 2015).

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

Zudem verdeutlichen die Ergebnisse der Metaanalyse, dass die Selbstauskünfte anfälliger gegenüber moderierenden Kontextfaktoren wie Persönlichkeitsstile, Bewältigungskompetenzen oder Erholung werden, je mehr Zeit zwischen dem Ende des Spiels und der Befragung vergeht, was zu einem Verlust an Effektstärke führt (Hartgerink et al., 2015). Vor diesem Hintergrund braucht es ein Instrument, das die reflexive Reaktion auf Ostrazismus *während* der Erfahrung messen kann. In den Studien von Jobst und Kollegen (Jobst, Albert, Bauriedl-Schmidt et al., 2014; Jobst, Sabass, Palagyi et al., 2015) wurde unter anderem die Konzentration des Stresshormons Kortisol im Blut während und nach dem Cyberball-Spiel gemessen. Diese Methode eröffnete die Möglichkeit eine objektive und reflexiv erfolgende psychophysiologische Stressreaktion auf den sozialen Ausschluss messbar zu machen. Die Ergebnisse der beiden Studien zeigten jedoch, dass es zu keinen signifikanten Veränderungen im Kortisolspiegel während und nach dem Cyberballspiel kam (Jobst et al., 2014, 2015). Das Resultat veranlasste die Autorin dazu anzumerken, dass das klassische Cyberball-Paradigma eventuell zu wenig Stress bei den Probanden auslöse und daher stellte sie die Validität des Cyberball-Paradigmas als geeignetes Instrument infrage (Jobst et al., 2015). Aus dieser Kritik heraus forderten die Wissenschaftler eine Optimierung des Cyberball-Paradigma hinsichtlich der ökologischen Validität, wie zum Beispiel eines realistischeren Settings durch eine naturalistischere Animation, sowie die Verlängerung der Spieldauer von mehr als drei Minuten, damit sich Effekte über die Zeit deutlicher ausbilden können (Jobst et al., 2015).

Zusammengefasst liegt der große Nachteil des klassischen Cyberball-Paradigmas darin begründet, dass eine objektive Erhebung der Reaktionen auf Ostrazismus in Echtzeit nicht möglich ist. Daher ist es das Ziel des neuen, adaptierten Paradigmas neben den üblichen Fragebogenerhebungen die Analyse von Verhaltensdaten in Echtzeit zu integrieren, um eine validere Interpretation der Ergebnisse und Rückschlüsse über (reflexive) psychologische Vorgänge während der Ostrazismuserfahrung zu ermöglichen.

In einer Pilotstudie wurde das neues Cyberball-Paradigma in Bezug auf seine Eignung und Validität getestet (Dewald-Kaufmann, Jobst, Wüstenberg et al., 2017). Die neuen Features umfassten unter anderem eine längere Spieldauer und eine Variation des Integrationsstatus innerhalb der triadischen Beziehung. Die Spieldauer wurde dabei von 5 auf 9 Minuten verlängert, um bereits erzielte Effekte zu verstärken (vgl. Jobst et al., 2014). Zudem wurde der totale Ausschluss um den *partiellen Ausschluss* variiert, bei dem der Proband im Gegensatz zum klassischen Paradigma nicht von beiden, sondern nur von einem der beiden Mitspieler (Excluder) ausgeschlossen wird. Dabei wird im Vergleich zum herkömmlichen Paradigma auf einen totalen Ausschluss verzichtet, um das Spielverhalten des computergestützten Mitspielers natürlicher zu gestalten. Anstatt 0% erhält der Teilnehmer zumindest 5% der Bälle von der ausschließenden Person. Das bedeutet gleichzeitig auch, dass der Versuchsteilnehmer weiterhin von einem der beiden Mitspieler in das Spiel integriert (Includer) wird

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

und von diesem fortwährend ein Drittel aller Ballwürfe erhält. Diese Herangehensweise erlaubt eine differenzierte Untersuchung des Verhaltens der Versuchsperson gegenüber der ausschließenden (Excluder) und einschließenden Person (Includer). Zudem verfügt die adaptierte Version über einen automatischen Speicherrhythmus, der das Spielverhalten pro Minute abspeichert und somit Einblicke in die Reaktionen der Versuchsperson während der Ostrazismuserfahrung in Echtzeit gewährt. Die partielle Ausschlussfunktion ermöglicht daher nicht nur die Analyse verschiedener Verhaltensstrategien gegenüber dem Excluder im Vergleich zum Includer, sondern auch Rückschlüsse über mögliche Verhaltensstrategien, um den partiellen sozialen Ausschluss über die Zeit zu bewältigen. Die adaptierten Merkmale sollen daher zusammengenommen zu einer verbesserten Validität des Cyberball-Paradigmas beitragen. Des Weiteren wurde auch das Design des Cyberballspiels angepasst. In diesem Fall dienen nun hochgeladene Fotos der Gesichter aller Mitspieler für die Schaffung einer persönlicheren Spielsituation. Zusätzlich sollte das vorgetäuschte Internetsetting mit einer vermeintlich aktiven Onlineverbindung zu anderen Personen überzeugender gestaltet werden. Hierzu wurde der Hinweis, dass auch anderen Universitätskliniken gleichzeitig Probanden testen, mit denen man online verbunden wird, hinzugefügt. Zur Erhöhung der Glaubwürdigkeit wurden zu diesem Zweck die Logos der anderen Universität, z.B. Charité Berlin, Uni Jena, Uni Hamburg-Eppendorf und Uni Köln auf die Startseite platziert. Darüber hinaus wurde eine Verzögerung im Verbindungsaufbau nach dem log-in einprogrammiert, um eine *echte* Internetverbindung zu fingieren.

Mit einer Stichprobe von $n=25$ umfasste die Pilotstudie folgende Untersuchungsbedingungen:

- ⇒ Bewertung des anderen Mitspielers vor und nach dem Cyberballspiel anhand der Fotos hinsichtlich der wahrgenommenen Sympathie, Vertrauenswürdigkeit, Attraktivität, Dominanz und Aggressivität
- ⇒ Sukzessiver Ausschluss über 9 Minuten Spieldauer
 - 2 Minuten kompletter Einschluss: jeder erhält den Ball zu 30%.
 - 5 Minuten partieller Ausschluss: Proband erhält vom Includer 50% der Bälle und vom Excluder nur noch 5%.
 - 2 Minuten kompletter Ausschluss: Proband erhält von beiden Mitspielern keinen Ball mehr: 0%.

Die Ergebnisse der Pilotstudie (Dewald-Kaufmann et al., 2017). zeigten eine signifikante Abnahme der Bewertungscores des Excluder von der Prä- zur Postmessung hinsichtlich Sympathie, Vertrauenswürdigkeit und Attraktivität und eine signifikante Zunahme in der Wahrnehmung von Dominanz und Aggressivität. Beim Includer ergaben sich signifikante Veränderungen in der Bewertung der Sympathie und Vertrauenswürdigkeit. Diese wurde nach dem Spiel als weniger ausgeprägt angegeben. Darüber hinaus ergaben sich deutliche Veränderungen im Spielverhalten über die Zeit. In

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

der partiellen Ausschlussbedingung (5 Minuten) offenbarte der Vergleich von Includer und Excluder, dass in den ersten 2 Minuten der Excluder signifikant öfter angespielt wurde als der Includer. Danach kommt es zu einer beobachtbaren Veränderung im Spielverhalten bzw. in der Präferenz. Ab Minute 3 wird der Includer zunehmend häufiger angespielt, wodurch ab Minute 4 die Effekte wieder verschwinden. Es kommt also zu einer Angleichung in der Präferenz für beide Mitspieler (Dewald-Kaufmann et al., 2017). Die Autoren resümieren, dass das vermehrte Anspielen des Excluders in den ersten zwei Minuten nach Beginn des partiellen sozialen Ausschlusses als ein Versuch der Wiederherstellung der sozialen Zugehörigkeit interpretiert werden kann. Dieses Verhalten ordnen sie der Strategie des prosozialen Verhaltens zu, mit dem Ziel die Re-Integration in die Gruppe zu erzielen (Dewald-Kaufmann et al., 2017). Ergänzend fand im Verlauf des partiellen Ausschlusses eine Anpassung des Spielverhaltens statt, indem der Includer nach 2 Minuten vermehrt angespielt wurde, was als möglicher Strategiewechsel erachtet werden kann (Dewald-Kaufmann et al., 2017). Im Fazit regen die Autoren eine weitere Modifikation des Cyberball-Paradigma zur vertiefenden Untersuchung der beobachteten Strategiewechsel im Spielverhalten im Sinne der Ostrazismusbewältigung an, sowie die Untersuchung und Replikation der Ergebnisse in größeren Kollektiven (Dewald-Kaufmann et al., 2017).

Auf Basis dieser Überlegungen wurde das Cyberball-Paradigma erneut angepasst. Bei der aktuellsten Version (Wüstenberg, not published) beläuft sich die Spieldauer auf insgesamt 12 Minuten, wobei die ersten 2 Minuten als Basismessung zu Vergleichszwecken dienen. In dieser wird die klassische Einschlussbedingung gespielt. In Minute 3 erfolgt in der Experimentalbedingung der partielle Ausschluss durch den Excluder, der über weitere 10 Minuten anhält. In der Einschlussbedingung erhalten die Teilnehmer für die restlichen 10 Minuten weiterhin den Ball in 30% der Fälle. Diese Programmierung soll dazu dienen ausreichend Zeit für die Entwicklung von Effekten zu gewährleisten und um den Verlauf eventueller Strategiewechsel auf behavioraler Ebene während des sozialen Ausschlusses zu untersuchen. Aus diesem Grund läuft gegenwärtig eine Nachfolgestudie mit einem größeren klinischen Kollektiv.

In diesem Kontext entwickelte sich die Idee zu dieser hier vorliegenden Pilotstudie mit der Fragestellung, ob eine transkranielle Stimulation des rVLPFK mit Gleichstrom während der partiellen Ausschlussituation das Spielverhalten über die Dauer von 10 Minuten und in der Folge die Wahrnehmung beeinflusst.

2.4 Forschungsfrage und Hypothesen

Auf Basis der erläuterten wissenschaftlichen Erkenntnisse und Forschungsergebnisse zur Anwendung einer Hirnstimulation während der Konfrontation mit dem Cyberball-Paradigma, ist das Ziel dieser Studie, den Effekt einer einmaligen anodalen tDCS über dem rVLPFK auf das Spielverhalten während der sozialen Ausgrenzungserfahrung zu untersuchen. Dabei soll der Forschungsfokus auf Unterschiede in den Spielweisen gegenüber dem Excluder im Vergleich zum Includer während der sozialen Ausgrenzungserfahrung gelegt werden. Untersucht werden Unterschiede in den Anspielraten zum *Excluder vs. Includer*, die Aufschluss über die gezielte Anwendung prosozialer Bewältigungsstrategien geben sollen. Des Weiteren soll der Einfluss einer Hirnstimulation auf das Ausmaß der subjektiv empfundenen Bedürfnisbedrohung unter der Bedingung des partiellen sozialen Ausschlusses sowie beteiligte Emotionen und Kognitionen untersucht werden. Zusätzlich wird ein Elektrokardiogramm (EKG) als Stressindikator integriert, um zu überprüfen, ob ausgeschlossene Probanden eine höhere Pulsfrequenz als Stressreaktion auf Ostrazismus zeigen als Eingeschlossene, nachdem sich der Kortisolspiegel in der Studie von Jobst und Kollegen (2014, 2015) nicht bedeutend verändert hat. Abschließend soll exploriert werden, ob Erfahrungen wie Mobbing und Personeneigenschaften wie Neurotizismus, Selbstwert, Zurückweisungsempfindlichkeit, Einsamkeit und Resilienz im Zusammenhang mit dem Spielverhalten, unabhängig von der Stimulationsform, stehen. Die Ergebnisse sollen auf dem Hintergrund der Daten von Dewald-Kaufmann et al. (2017) interpretiert werden, um zu erörtern, ob Unterschiede im Verhalten neben der Stimulation auch durch individuelle Eigenschaftsvariablen erklärt werden können.

In dieser Arbeit soll daher überprüft werden, ob gleichsam wie in vorherigen Studien Verhaltensunterschiede und eine unterschiedliche Bedürfnisbedrohung während des Cyberballspiels zwischen der Einschluss- und Ausschlussbedingung auftreten. Basierend darauf soll der primäre Endpunkt der Studie die folgenden Hypothesen beantworten:

- 1) Probanden mit einer verum-tDCS zeigen ein signifikant anderes Spielverhalten während der partiellen Ausschlussbedingung als Probanden mit einer sham-tDCS. Es wird angenommen, dass signifikante Unterschiede zwischen den Deltawerten beider Gruppen über den Spielverlauf von 10 Minuten bestehen, die sich in einer signifikanten Interaktion zwischen den Faktoren *Stimulation*Messzeitpunkt* niederschlägt.
- 2) Bedürfnisbedrohung und Ausmaß der Stressreaktion
 - a. Probanden mit einer verum-tDCS zeigen ein signifikant niedrigeres Ausmaß an Bedürfnisbedrohung nach der Ausschlussbedingung als Probanden mit einer sham-Stimulation. Die Angaben zur Bedürfnisbedrohung (NTQ Fragebogen)

2 Stand der Forschung und theoretischer Hintergrund

unterscheiden sich signifikant innerhalb der Person. Das Ausmaß der Bedürfnisbedrohung ist in der Ausschlussbedingung signifikant höher als in der Einschlussbedingung. Es wird daher eine signifikante Interaktion zwischen *Integrationsstatus*Stimulation* angenommen.

- b. Zudem soll untersucht werden, ob gemäß dem Need-Threat-Modell (Williams, 2009), eine reflexive, physiologisch messbare Stressreaktion in der Ausschlussbedingung festgestellt werden kann. Es wird angenommen, dass sich die beiden Stimulationsgruppen (verum vs. sham) in ihrer Pulsfrequenz während der Ausschlussbedingung signifikant voneinander unterscheiden. Es wird daher eine signifikante Interaktion zwischen *Stimulation*Integrationsstatus* angenommen.

Im weiteren Verlauf soll explorativ untersucht werden, inwieweit ein Zusammenhang zwischen Personenvariablen wie Neurotizismus, Selbstwert, Zurückweisungsempfindlichkeit, Einsamkeit und Resilienz sowie negative soziale Erfahrungen und dem Spielverhalten während der partiellen Ausschlussituation besteht. Dazu wird untersucht, ob die einzelnen Personenvariablen das Spielverhalten in der Ausschlussbedingung signifikant vorhersagen.

3 Methodik

3.1 Studienablauf und Design

Der Ablauf beinhaltete ein computergestütztes Onlinescreening und zwei Testungen vor Ort mit einem Mindestabstand von 24 Stunden zwischen den beiden Terminen, um eine Überlagerung der tDCS Wirkung zu verhindern. Der Zugang zur Onlinebefragung erfolgte durch einen vorher personalisierten, mit einer ID-Kennung versehenen Hyperlink, der dem Studieninteressierten per E-Mail zugesendet wurde. Nur durch die vollständige Durchführung des Screenings war eine Teilnahme möglich. Nach Beendigung der Testung wurde den Probanden eine persönliche Rückmeldung der Ergebnisse zum psychologischen Screening und Persönlichkeitsprofil gegeben. Alle Teilnehmer wurden schriftlich und mündlich mit einer informativen Einwilligungserklärung (siehe Appendix) über die Inhalte und Ziele der Studie sowie über den Datenschutz und mögliche Risiken einer Teilnahme aufgeklärt. Vor dem Start des virtuellen Ballspiels wurde die einmalige Stimulation mittels tDCS gestartet. Die Stimulation erfolgte 20 Minuten lang; 15 Minuten nach Beginn der Stimulation wurde das Spiel gestartet. Den Probanden wurde mitgeteilt, dass sie an einer Studie zur Untersuchung des sozialen Verhaltens in Kleingruppen teilnehmen. Dazu wurde ihnen initial erklärt, dass sie über das Internet mit zwei anderen Spielern spielen, die in einem anderen Studienzentrum (z.B. Universität Jena, Universität Hamburg, Charité Berlin) sitzen und zeitgleich eingelogged sind. Jeweils vor und nach dem Spiel musste der Proband die anderen Mitspieler auf einer Schiebeskala bezüglich Sympathie, Vertrauenswürdigkeit, Attraktivität, Dominanz, Aggressivität bewerten. Die Bewertungen wurden automatisch von der Software gespeichert. Nachdem die Probanden die Bewertung beendet hatten, konnten sie das Spiel selbstständig starten. Vor und nach der Durchführung des Cyberball Paradigmas füllten die Probanden Selbstbeurteilungsfragebögen aus. Erlebte Emotionen während des Spielvorgangs wurden mit der deutschen Version der Need-Threat-Scale (Bedürfnis-Bedrohung-Skala; Williams, Cheung & Choi, 2000) erhoben. Der aktuelle emotionale Zustand wurde über die Emotion-Skala (Gross & Levenson, 1995) erhoben, die spezifisch für das Cyberball-Spiel adaptiert wurde (Renneberg, Herm, Hahn et al., 2012). Neben der Verhaltensintention (Assessment of behavioural intention, Staebler, 2008) nach dem Spiel, wurde vor und nach dem Spiel die emotionale Anspannung (Assessment of Aversive Inner Tension, Staebler, 2008) erhoben. Zum Schluss füllte der Proband noch einige psychologische Fragebögen zum Thema Mobbing (Sansen, Iffland, Catani et al., 2013), Selbstwert (Rosenberg, 1979), Einsamkeit (Russell, Peplau & Ferguson, 1978), Resilienz (Sarubin, Gutt, Giegling et al., 2015) und zur Zurückweisungsempfindlichkeit (Staebler, Helbing, Rosenbach et al., 2011) aus.

3 Methodik

Der zeitliche Ablauf der gesamten Untersuchung an zwei Tagen inklusive Screening umfasste ungefähr 120 Minuten. Der zweite Termin beinhaltete zusätzlich die Durchführung der psychologischen Zusatzfragebögen und die Rückmeldung der Ergebnisse des ISR und des NEO-FFIs (Abbildung 6).

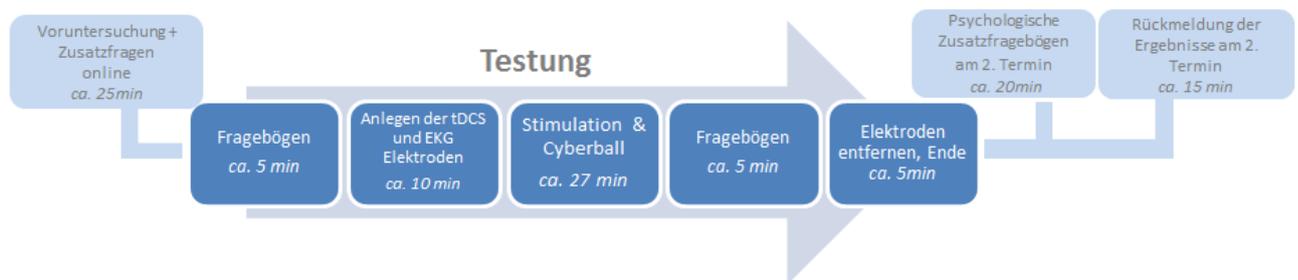


Abbildung 6: Zeitplan der Cyberballstudie

Zur Untersuchung der genannten Hypothese wurde ein doppel-verblindetes, Placebo-kontrolliertes 2x2-Gruppensdesign mit einem zweifach-gestuftem Innersubjektfaktor (Einschluss vs. Ausschluss) und einem zweifach-gestuftem Zwischensubjektfaktor (verum vs. sham) gewählt (Abbildung 7). Um Unterschiede im Spielverhalten innerhalb der derselben Person festzustellen, spielte jeder Teilnehmer das Ballwurf-Spiel einmal unter Kontroll- (sozialer Einschluss) und einmal unter Experimentalbedingungen (partieller sozialer Ausschluss). Die Reihenfolge der Spielbedingungen (sozialer Einschluss- oder Ausschluss) wurde randomisiert festgelegt, um einen möglichen Reihenfolgeeffekt auszuschließen. Für den Vergleich beider Stimulationsformen, wurden die Teilnehmer von einer unabhängigen Person entweder der sham- oder verum-tDCS-Gruppe randomisiert zugeteilt. Die Initiierung einer Stimulation erfolgte durch die Eingabe eines fünfstelligen Codes, sodass die Verblindung der Versuchsleiterin gewährleistet werden konnte. Zur Verblindung der Probanden wurde bei der sham-Stimulation der Strom zu Anfang und zum Ende für jeweils 30 Sekunden ein- und ausgeschlichen, um die gleichen unangenehmen sensorischen Sensationen wie bei einer verum-tDCS mit kribbeln oder brizzeln, Schwindelgefühl auszulösen. Dazwischen erfolgte keine Stimulation. Die Erhebung der Bedürfnisbedrohung erfolgte jeweils nach dem Cyberball-Spiel. Die Pulsfrequenz wurde über die Länge der Spieldauer unter beiden Integrationsbedingungen (Einschluss vs. Ausschluss) aufgezeichnet.

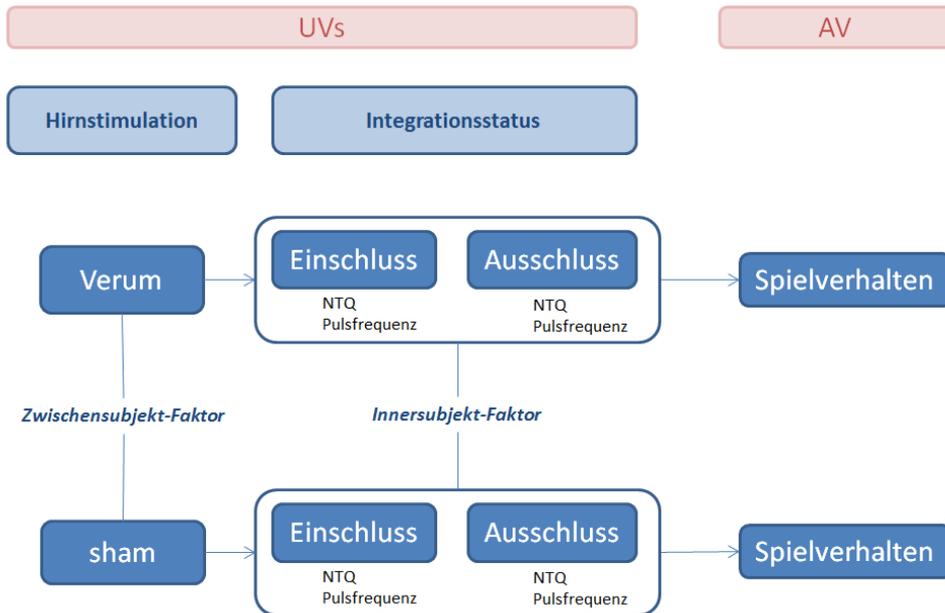


Abbildung 7: Forschungslogischer Zusammenhang der zu untersuchenden Variablen

3.2 Probanden

Für die Studie wurden 40 Teilnehmer zwischen 18 und 45 Jahren (*männlich*: n=14, Altersspanne: 18-43 Jahre, Mw=29,1; Sd=6,9; *weiblich*: n=26, Altersspanne: 18-43 Jahre, Mw=28,1, Sd=6,2; gesamt Alter Mw=28,6, Sd=6,4) über öffentliche Aushänge und Anzeigen in Onlineportalen rekrutiert. Kein Proband nahm zum Zeitpunkt der Untersuchung Psychopharmaka ein oder erfüllte nach den Richtlinien des Internationalen Klassifikationssystems des ICD-10⁶ (Dilling, Mombour, Schmidt et al., 1991) die Kriterien einer psychischen Erkrankung. Als Aufwandsentschädigung erhielten alle Teilnehmer 25€.

3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Zur Festlegung der gesundheitlichen bzw. körperlichen Ein- und Ausschlusskriterien diente die Richtlinienpublikation von Antal und Kollegen (2017) als Orientierung.

Wesentliche Ausschlusskriterien waren das Erfüllen mindestens einer der folgenden Bedingungen:

- Anfallsleiden (Epilepsie oder Verwandte 1.Grades)
- neurologische oder hirnorganische Erkrankungen
- Schädel-Hirn-Trauma
- körperliche Erkrankungen einschließlich akuter und chronischer Infektionen, Autoimmunerkrankungen

⁶ Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD, engl.: International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems). Ein weltweit geltendes Klassifikationssystem für medizinische Diagnosen.

- Tragen eines Herzschrittmachers
- Herzrhythmusstörungen
- Operation am Gehirn oder am Herzen in der Vorgeschichte
- (Metall-)Implantate im Kopf oder Kopf nahe; Zähne ausgeschlossen
- Implantiertes Hörgerät (Cochlea-Implantat)
- Erhöhter Hirndruck
- Auffällige Befunde in der Bildgebung (CT, MRT) des Kopfes
- Schwere Hauterkrankungen
- Eine aktuelle Einnahme von Psychopharmaka
- Schwangerschaft

Sofern die Teilnehmer keine dieser Fragen bejahten und die folgenden Einschlusskriterien:

- Alter zwischen 18 und 45 Jahren
- Ausreichende Deutschkenntnisse
- Keine aktuellen psychischen Belastungen im klinisch relevanten Bereich

erfüllten war eine Einwilligung zur Studienteilnahme möglich.

Die Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien und möglicher Kontraindikationen zur Gehirnstimulation erfolgte anhand einiger Voruntersuchungen, die mithilfe eines Onlinescreenings durchgeführt wurden. Dieses beinhaltete neben demographischen Angaben, Fragen zum psychischen und somatischen Zustand.

3.2.2 Voruntersuchungen

3.2.2.1 Somatische Belastungen

Die Teilnehmenden mussten ankreuzen, ob einer der auf der vorherigen Seite (3.2.1) genannten körperlichen Beschwerden bei ihnen vorhanden ist oder war. Sobald mindestens eine Frage mit *Ja* beantwortet wurde, erfolgte eine Nachexploration der genannten Problematik per Telefon. Im Zweifelsfall wäre der ärztliche Projektleiter zur Rücksprache hinzugezogen worden, was in diesem Fall jedoch nicht nötig war, da keine der Studieninteressierten die somatischen Ausschlusskriterien erfüllte. Weitere Fragen bezogen sich auf den Schlaf, Medikamenteneinnahmen, Nikotinkonsum, Körpergewicht und -größe, sowie die subjektive Einschätzung des aktuellen Gesundheitszustandes und Aktivitätsniveaus.

3.2.2.2 ICD-10-Symptom-Rating-Scale

Zur Überprüfung potentieller psychischer Problematiken füllten alle Teilnehmenden die sogenannte ICD-10-Symptom-Rating-Scale (ISR-Scale, Tritt, von Heymann, Zaudig et al., 2008) als Selbstbeurteilungsinstrument über den Schweregrad psychischer Belastungen per Onlinelink zu Hause aus. Die ISR-Scale erfasst Symptome auf fünf Hauptskalen: Depressionen, Angststörung, Zwangsstörung, Somatisierungsstörung und Essstörung. Zudem beinhaltet die Skala Zusatzitems in den Subskalen: Konzentrationsstörungen, Suizidalität, Schlafprobleme, Appetitlosigkeit, Vergesslichkeit, Flashbacks, Anpassungsstörung, Depersonalisierung, Derealisation, sexuelle Funktionsstörung. Das Ergebnis der Selbstbeurteilung wird in einem Gesamtscore zusammengefasst, der Hinweise über Symptommfreiheit oder –belastungen liefert. Beispielfragen aus der Depressionsskala sind „Meine Stimmung ist gedrückt/niedergeschlagen.“, „An Dingen, die ich normalerweise gern mache, habe ich keine richtige Freude mehr“, „Ich habe nicht genug Energie, wenn ich etwas tun will und werde schnell müde.“, „Ich fühle mich wertlos/traue mir nichts zu.“. Die Antwortmöglichkeiten verteilen sich auf einer 5-Punkteskala von 0=trifft nicht zu bis 4=trifft extrem zu. Darüber hinaus beantworteten die Teilnehmenden Zusatzfragen zum Alkohol- und Drogenkonsum (siehe CAGE-Test) und zu psychiatrischen Behandlungen in der Vorgeschichte. Die ISR Software ermöglicht die Ergebnisdarstellung anhand einer Profilausgabe, die Hinweise auf mögliche Symptombelastungen anzeigt. Ein Beispielpprofil befindet sich in der Appendix. Auffälligkeiten im Screening und/ oder in der Zusatzbefragung wurden bei dem ersten Studienbesuch, vor der eigentlichen Cyberballtestung, mithilfe der deutschen Version des M.I.N.I.⁷ (Lecrubier, Weiller & Herugeta, 1999) klinisch nachexploriert. Eine Teilnahme war ausgeschlossen sobald die Kriterien einer Störungsklasse erfüllt waren. Sofern keine psychische Störung mit klinischer Relevanz eruiert werden konnte, war eine Teilnahme möglich. Die Ergebnisse und die Notwendigkeit des Vorgehens wurden den Teilnehmenden immer persönlich und diskret erklärt sowie Raum für Nachfragen gewährt.

3.2.2.3 CAGE-Test

Der CAGE-Test (Bush, Shaw, Cleary et al., 1987) ist ein einfach anzuwendendes Screeningverfahren mit einer Sensitivität⁸ von 85% und einer Spezifität⁹ von 89%, um pathologischen Alkoholkonsum aufzudecken. Im Rahmen dieser Studie wurde mithilfe des CAGE-Tests sowohl für kritischen Alkohol- als auch Drogenkonsum gescreened. Der Test beinhaltet vier Fragen, die jeweils auf typische Merkmale süchtigen Verhaltens abzielen:

- 1) **C**-Cut-down: „Haben Sie jemals daran gedacht, weniger zu trinken/ Drogen zu nehmen?“

⁷ MINI-International Neuropsychiatric Interview.

⁸ Wahrscheinlichkeit unter allen erkrankten die Kranken zu identifizieren – richtig positiv Rate eines Tests.

⁹ Wahrscheinlichkeit unter allen nicht-erkrankten die Gesunden zu identifizieren - richtig negativ Rate Tests.

- 2) **A- Annoying:** „Haben Sie sich schon mal über Kritik an Ihrem Trinkverhalten/Drogenkonsum geärgert?“
- 3) **G- Guilty:** „Haben Sie sich jemals wegen Ihres Trinkens/ Drogenkonsum schuldig gefühlt?“
- 4) **E-Eye-opener:** „Haben Sie jemals morgens zuerst Alkohol getrunken/ Drogen konsumiert, um sich nervlich zu stabilisieren oder den Start in den Tag zu erleichtern?“

Bei mindestens zwei *Ja*-Antworten, wurde eine psychiatrische Nachexploration mithilfe des M.I.N.I.s durchgeführt.

3.3 Durchführung

3.3.1 Cyberball

Zur Untersuchung der Effekte einer sozialen Ausgrenzung dient das Cyberball-Paradigma, das eine virtuelle Simulation der Exklusion aus einer kleinen sozialen Gruppe erlaubt. Dafür wird der Proband in einen Untersuchungsraum geführt, in dem ein Computer steht, auf dem das Spiel installiert ist. Dem Probanden wird suggeriert, dass er über eine Internetverbindung in einen virtuellen Raum eingeloggt wird, wo er mit zwei anderen, unbekanntenen Personen ein Ballwurf-Spiel spielt. Das Spiel umfasst dabei zwei Bedingungen, sozialer Einschluss und sozialer Ausschluss, wovon Erstere als Kontrollvariable dient, da keine Verhaltensmanipulation erzeugt wird. Beide Bedingungen werden randomisiert von jeder Testperson an zwei verschiedenen Tagen gespielt. In der Einschlussbedingung wird der Proband in die Gruppe integriert, indem er von beiden computerisierten Mitspielern den Ball im gleichen Verhältnis zugespielt bekommt: 50% von einem und 50% vom anderen Mitspieler. In der Ausschlussvariante, die die eigentliche Experimentalbedingung darstellt, erhält der Proband nur zu Anfang für 2 Minuten von beiden Mitspielern im gleichen Verhältnis den Ball. Danach wird er von einem der beiden computerisierten Spieler (Excluder) aus dem Spiel ausgegrenzt (partieller sozialer Ausschluss), indem er nur noch im Verhältnis 50% (Includer) zu 5% (Excluder) die Bälle zugespielt bekommt. Der Teilnehmer wird somit ohne ersichtlichen Grund vom Excluder aus dem Spiel ausgeschlossen. Beiden Bedingungen geht eine 2-minütige Basiserhebung (Baseline) voraus, um das natürliche Spielverhalten ohne Manipulation zu erfassen. Abbildung 8 zeigt beispielhaft die Spielbedingungen und Parameter der Einschluss- und Ausschlussbedingung.

3 Methodik

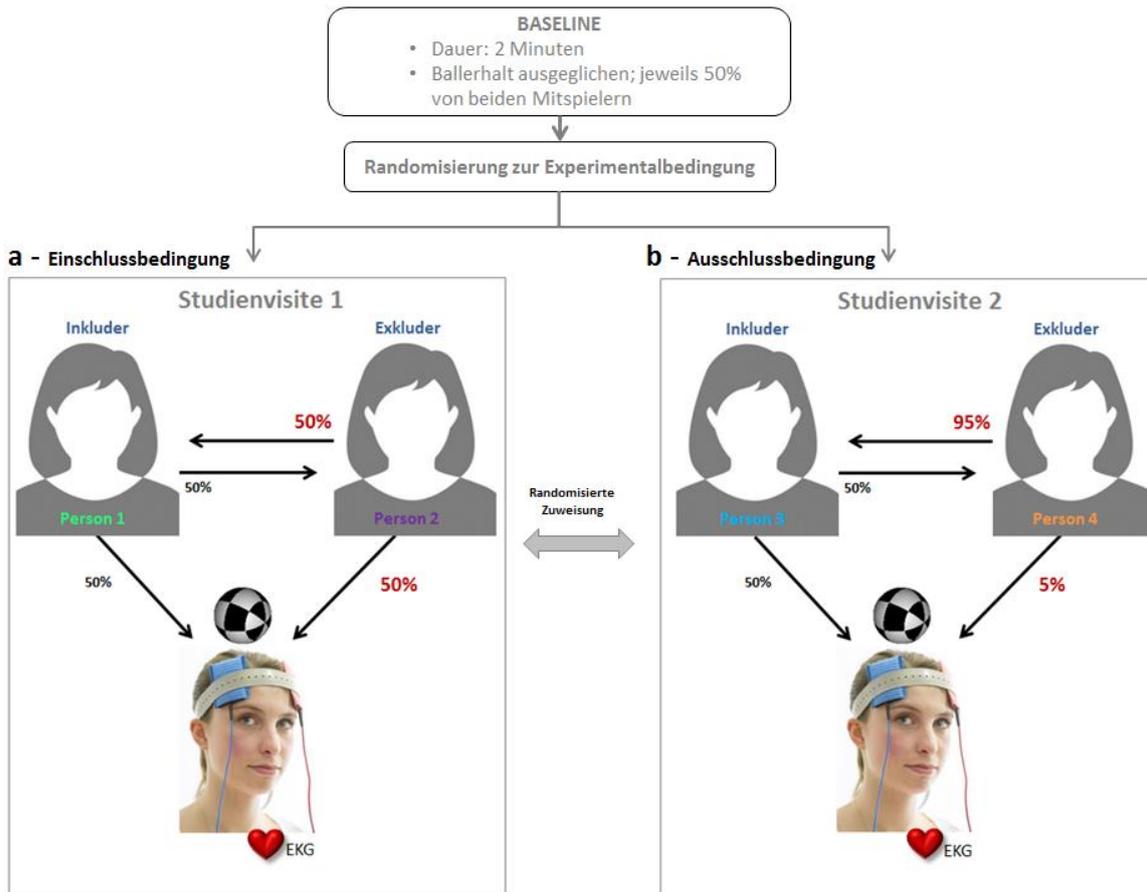


Abbildung 8: Darstellung des experimentellen Settings. Die Probanden wurden randomisiert entweder zuerst der Einschluss- oder der Ausschlussbedingung zugewiesen. Bei der zweiten Studienvisite erfolgte die jeweils andere Bedingung.

Die Fotos der Mitspieler unterschieden sich an beiden Tagen, um die Simulation eines realen Onlinespiels aufrechtzuerhalten. Zudem sehen weiblich Probanden ausschließlich Fotos von weiblichen Mitspielern; gleiches gilt für männliche Probanden um mögliche Geschlechtereffekte auszuschließen.

3.3.2 Transkranielle Gleichstromstimulation

Vor Beginn des Ballwurfspiels wurden die tDCS Elektroden am Kopf und Schulter des Probanden angelegt. Um ausreichende Stimulationseffekte zu gewährleisten, begannen die Teilnehmer das Spiel erst nach 15 Minuten Stimulationszeit. Die Stimulation lief weitere 5 Minuten während des Spiels weiter und endete dann automatisch. Die verum-Stimulation wurde mit einer Stromstärke von 1 mA appliziert. Als Kontrollvariable wurde die Placebo- bzw. die sogenannten Schein-Stimulation (*engl.: sham-stimulation*) integriert.

Beschreibung des Stimulationsgerätes (CE zertifiziert): Das tDCS-Gerät besteht aus folgenden Komponenten:

- Zwei Gummielektroden in zwei 0,9%-igem Natrium-Chlorid (NaCl)-getränkten Schwammtaschen, mit einer Fläche von 35 cm²
- Ein tDCS Stimulator mit Programmierung der Stimulations- und Scheinstimulationsbedingungen

Zum tDCS Gerät gehörten zwei Gummielektroden um mögliche Polarisierungseffekte durchmetallische Elektroden zu vermeiden sowie ein Stimulatoremodul. Die aktive Elektrode, in diesem Fall die Anode, wurde in eine NaCl getränkte Schaumstofftasche gesteckt und über der zu stimulierenden Hirnregion mittels nicht leitungsfähiger Gummibänder auf der Kopfhaut fixiert. Die Kopfhaut wurde hierzu zuvor schonend mit 0,9% NaCl Lösung gereinigt um den elektrischen Widerstand zu reduzieren und die Homogenität des elektrischen Feldes unter den Elektroden sicherzustellen. Die Referenzelektrode, Kathode, wurde mithilfe eines weiteren Gummibandes an der kontralateralen Schulter auf dem Musculus Deltoideus oder Deltamuskel befestigt. Diese Form der Montage wurde angewendet, um die Fokalität der Stimulation mithilfe einer extrazephalen Referenz- oder auch Rücklaufelektrode, zu erhöhen (siehe Nitsche et al., 2008). Die Platzierung der Kopfelektrode erfolgte nach dem internationalen 10-20-System der Elektroenzephalografie (EEG; nach Jasper, 1985). Zur Stimulation des rechten VLPFK wurde die Anode über der Elektrodenposition F6 (Abbildung 9) angebracht.

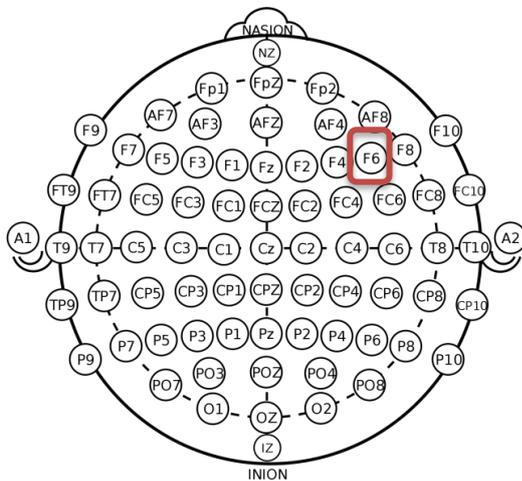


Abbildung 9: Position der Schwammelektrode auf der Position F6 am Kopf

Für die Stimulation wurde ein NeuroConn eldith DC-Stimulator in der Studien-Einstellung verwendet. Zur Festlegung des Stimulationsprotokolls enthält der Stimulator einen Mikroprozessor, welcher zur jeweiligen Stimulationsmodalität (anodale oder schein-Stimulation) programmierbar ist. Er ist batteriebetrieben und der Direktive für medizinische Geräte der Europäischen Union Konform (CE-Zertifizierung) nach zertifiziert. Die Stromstärke bei Gleichstromstimulation wird generell auf 1-2 mA

festgelegt, dies entspricht der üblich angewendeten und als sicher eingeschätzten Stromstärke (Nitsche & Paulus, 2000) und liegt um ein vielfaches unter den in vorherigen Publikationen festgelegten Maximalwerten. Hieraus folgt eine maximale Stromdichte von $0,1 \text{ mA/cm}^2$, welche durch das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM)¹⁰ empfohlen wird. In dieser Studie wurde mit einer Stromdichte von $1\text{mA}/35\text{cm}^2 = 0,03$ gearbeitet, um eine ausreichende Dichte zur Modifikation kortikaler Erregbarkeit zu gewährleisten (siehe Nitsche et al., 2008). Um unangenehme Sensationen bei Beginn der Stimulation zu verhindern wird der Strom während der ersten und letzten 15 Sekunden der Stimulation ein und ausgeschlichen (ramp-in Phase; ramp-out Phase). In der sham-Stimulation (Placebo) werden die Sensationen der echten Stimulation durch ein und sofort wieder ausschleichende Stromapplikation während der ersten und letzten 30 Sekunden der Behandlung simuliert, um eine Verblindung der Versuchsperson zur Stimulationsmodalität zu garantieren (siehe Gandiga, Hummel & Cohen, 2006). Eine unsachgemäße Anbringung der Elektroden oder erhöhter Hautwiderstand, z.B. durch Austrocknung der Schwammtaschen birgt die Gefahr von Hautläsionen. Aus diesem Grund wurde durch das Stimulationsgerät regelmäßig die Impedanz während der Stimulation gemessen, sodass eine automatische Abschaltung bei Unregelmäßigkeiten die Sicherheit des Probanden garantiert war. Zudem konnte im Notfall die Stimulation durch Knopfdruck unterbrochen werden.

3.4 Messinstrumente

3.4.1 Durchführbarkeit der tDCS

Mithilfe der **Comfort-Rating-Scale** (CRQ, Palm, Feichtner, Hasan et al., 2014) können auf einer 10-Punkteskala (1= *gar zu bis* 10= *extrem*) unangenehme Sensationen bzw. Nebenwirkungen während der Stimulation auf verschiedenen Skalen, wie Schmerzen, kribbeln, brennen, Müdigkeit, Nervosität, Konzentrationsstörungen, Sehstörungen, Kopfschmerzen, Lichtblitz (Phosphene) und Komfort der Stimulation erfasst werden. Die Angaben geben Auskunft darüber wie aversiv die Hirnstimulation mittels tDCS empfunden wird und ob bzw. in welchem Ausmaß unangenehme Nebenwirkungen aufgetreten sind. Dementsprechend liefert die CRQ ein Maß zur Beurteilung der Durchführbarkeit einer tDCS am rVLPFK.

¹⁰ Homepage des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte

3.4.2 Primäres Ergebnismaß

3.4.2.1 Behaviorale Spieldaten

In der vorliegenden Studie wurde ein adaptiertes Cyberball-Paradigma (Wüstenberg, not published) verwendet. Die neue Version ermöglicht die Erhebung behavioraler Daten unter Kontroll- und Experimentalbedingungen. Das Cyberballspiel dauert insgesamt 12 Minuten, wovon die ersten 2 Minuten der Baseline-Erhebung (das Spielverhalten auf Ausgangsniveau) und die restlichen 10 Minuten der Verhaltensmanipulation durch die Einsetzende partielle soziale Ausgrenzung dienen. In dieser Studie ist das Spielverhalten des Probanden während der 10-minütigen Experimentalbedingung in Abhängigkeit von der Stimulationsform (verum vs. sham) vom primären Interesse. Das Spielverhalten wird durch die Häufigkeit, wie oft der Proband entweder dem Includer oder dem Excluder den Ball zuspielt, operationalisiert. Die adaptierte Version ermöglicht eine automatische Aufzeichnung aller Ballwürfe des Probanden zu den beiden Mitspielern pro Minute. Daraus berechnet die Computersoftware die Differenz aus der Anzahl an Ballwürfen, die entweder dem Includer oder Excluder zugespielt wurden. Die resultierenden Deltawerte (Δ) geben Aufschluss darüber, welcher Mitspieler in Minute X vergleichsweise öfter angespielt und daher *bevorzugt* wurde. Dadurch lassen sich Daten über die Variabilität der Personenpräferenz während der Einschluss- oder Ausschlussphase sammeln. In der Experimentalbedingung wird die überwiegende Präferenz des Excluder als *prosoziales Verhalten* interpretiert, das dem Versuch einer Re-Integration in das Ballspiel zugrunde liegt. Wird der Includer verhältnismäßig öfter angespielt, kann dieses Verhalten als Resignation gegenüber dem sozialen Ausschluss interpretiert werden.

3.4.2.2 Bedürfnisbedrohung

Des Weiteren wird die Veränderung der subjektiv empfundenen Bedrohung der vier fundamentalen Bedürfnisse unter Experimentalbedingung in Abhängigkeit von der Stimulationsform (verum vs. sham) untersucht. Zur Operationalisierung der Bedürfnisbedrohung wird der Need-Threat-Questionnaire (NTQ) eingesetzt. Dieser Fragebogen wurde als Cyberball-spezifischer Fragebogen von Williams und Kollegen (Williams, Cheung & Choi, 2000; Zadro, Williams & Richardson, 2004; Williams & Jarvis, 2006; Williams, 2009) entwickelt, um die Wirkung des während des Computerspiels simulierten sozialen Ausschlusses auf die Bedrohung grundlegender menschlicher Bedürfnisse wie Zugehörigkeit (belonging), Selbstwert (self-esteem), existentielle Bedeutung (meaningful existence) und Kontrolle (control) zu erfassen. Pro Skala werden drei Items verwendet, die auf einer fünfstufigen Skala beantwortet werden (1=*überhaupt nicht*, 5=*voll und ganz*). Ein Beispiel für Zugehörigkeit ist: „Ich fühlte mich wie ein Außenseiter“; für Selbstwert: „Ich fühlte mich beliebt“; für existentielle Bedeutung: „Ich fühlte mich unsichtbar“; und für Kontrolle: „Ich fühlte, dass ich die Kontrolle über den Verlauf des Spiels hatte“. Zur Feststellung, ob sozialer Ausschluss, simuliert durch das Cyberball-Paradigma, zu

einer erhöhten Bedürfnisbedrohung führt, werden die Angaben des NTQs zwischen Einschluss- und Ausschlussbedingung unter Berücksichtigung der Stimulationsform verglichen.

3.4.2.3 Kontrollvariablen

i. Manipulation Check

Zur Überprüfung, ob die Probanden den sozialen Ausschluss während des Spiels bemerkten, wurden den Teilnehmern nach dem Spiel folgende Fragen mit einer 5-Punkte Antwortskala (1=*überhaupt nicht* bis 5=*voll und ganz*) gestellt: „Ich wurde nicht beachtet“ und „Ich wurde ausgeschlossen“. Die beiden Scores wurden zu einem Summenwert addiert und der Mittelwert daraus gebildet. Zudem wurden die Probanden gebeten die Häufigkeit der erhaltenden Bälle (0 – 100%) in beiden Integrationsvarianten nach dem Spiel zu schätzen sowie anzugeben inwieweit sie sich von dem jeweiligen Mitspieler ins Spiel integriert gefühlt haben (*Sense of inclusion*). Ein gültiger Manipulationscheck für die Ausschlussvariante wäre, wenn die Antworten zu den Fragen des Manipulationschecks im Durchschnitt mit einer Intensität von 3 angegeben werden und zudem der Ballerhalt für den Includer mit etwa 30% und für den Excluder mit etwa 10% eingeschätzt werden (vgl. Riva et al., 2015a; Riva et al., 2015b; Riva et al., 2012; Jobst et al., 2015). Im Gegensatz zu vorherigen Studien wurde in dieser Studie jedoch mit dem partiellen Ausschluss gearbeitet, bei dem der Proband weiterhin 30% aller Bälle vom Includer erhält und nur der Excluder seine Ballwurfhäufigkeit zum Probanden auf 5% reduziert. Demgemäß ist der klassische Manipulation Check nicht gänzlich übertragbar, da es zu einer Vermischung der Integration und der Ballwurfhäufigkeiten kommt. Im Gegensatz zu Studien mit dem Totalen-Ausschluss-Algorithmus (vgl. Williams & Jarvis, 2006) sollte in dieser Studie die Stärke des sozialen Ausschlusses vergleichsweise weniger spürbar sein, wodurch die Gefahr einer geringen Differenzierung wahrscheinlicher wäre. Folglich könnte angenommen werden, dass die Einschätzungen für die Ballwurfhäufigkeit in der Ausschlussbedingung höher liegen. Wenn man den Mittelwert aus den Ballwurfhäufigkeit beider Mitspieler bildet ($5\%+30\%/2=17,5\%$), ergibt sich eine realistische Schätzung von 17,5%. Daher sollte die Einschätzungen der Ballwürfe in der partiellen Ausschlussbedingung um den Wert 17,5% rangieren, also etwa zwischen 15 bis 20%. Der Parameter zum Integrationsgefühl (*Sense of inclusion*) ist gültig wenn sich die Probanden signifikant weniger vom Excluder in das Spiel integriert gefühlt haben als vom Includer.

ii. Negative Emotionen

Die Skala ist ein von Renneberg und Kollegen (2012) für das Cyberball-Spiel modifizierter Fragebogen zur Erfassung der momentanen Gefühlslage. Der Fragebogen enthält 12 Items auf einer 7-Punkte Antwortskala; 1= *gar nicht* bis 7= *sehr stark*. Der Fragebogen erfasst die emotionalen Zustände auf drei Skalen: positive Emotionen, selbstbezogene negative Emotionen und fremdbezogene negative

Emotionen. Beispiele für positive Gefühle sind: Stolz, Zuneigung, Freude/Heiterkeit; für auf sich bezogene negative Gefühle sind: Traurigkeit, Einsamkeit, Verzweiflung; und für auf andere bezogene negative Gefühle sind: Wut, Verachtung, Ekel. Die Emotionskala dient zur Überprüfung vorheriger Feststellungen darüber, dass nach dem erlebten sozialen Ausschluss Emotionen negativer als vor dem Spiel sind (vgl. Baumeister & Leary, 1995; Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; Williams, 2002). Das bedeutet Prä- und Postwerte der Ausschlussvariante sollten im Gegensatz zur Einschlussvariante einen deutlichen Unterschied zeigen. Zusätzlich wird die Stimulationsart als Zwischensubjektfaktor in die statistische Analyse integriert, um zu überprüfen, ob sich mögliche Unterschiede in den Emotionen von der Prä- zur Posttestung durch die Stimulationsform beeinflussen lassen.

iii. **Assessment of inner tension** (Frage zur inneren Anspannung)

Dieses einzelne Item wurde von Staebler (2008) eigens für die Testung des Cyberball-Paradigmas entwickelt. Es soll das Ausmaß an aversiv erlebter innerer Spannung nach dem Cyberballspiel erfassen: „Wie angespannt fühlen Sie sich im Moment?“. Die Antwort soll im Bereich zwischen 0% und 100% gegeben werden, wobei 0% gar keine und 100% maximale innere Anspannung bedeutet. Im Rahmen dieser Studie wurde das Ausmaß innerer Anspannung sowohl vor, als auch nach dem Cyberballspiel bei beiden Spielbedingungen erhoben. Die innere Anspannung wird in diesem Kontext als ein Parameter der reflexiven Stressreaktion erachtet mit der dahinterliegenden Annahme, dass der partielle Ausschluss zu einer erhöhten inneren Anspannung nach dem Cyberball-Spiel bei den betreffenden Personen führt (Williams, 2007). Da die Angaben zur inneren Anspannung nach dem Spiel per Selbstauskunft erhoben werden, wird dieses Maß, im Gegensatz zur Pulsfrequenz, auf die später noch eingegangen wird, nicht als objektiv betrachtet.

iv. **Questionnaire on Behavioral Intentions** (Frage zur Verhaltensintention, Staebler, 2008)

Zur Überprüfung der Verhaltensintentionen nach dem Cyberballspiel, wurde den Probanden eine offene Frage („Aus meiner jetzigen Gefühlslage heraus, würde ich am liebsten folgendes tun: ...“) und eine Liste mit 21 Aktivitäten vorgelegt. Sie sollten darauf ankreuzen welches Bedürfnis auf sie zutrifft, z.B. „Ich habe jetzt das Bedürfnis die anderen Spieler zu fragen, warum ich nicht mitspielen durfte/ etwas Schönes zu tun/ den anderen Spielern weh zu tun/ einfach im Boden zu versinken, usw. Die genannten Aktivitäten werden dabei folgenden Subskalen zugeordnet: Angenehme Aktivitäten (pleasant activities), Ausschluss verbalisieren (verbalizing exclusion), Selbstschädigung (self-harming), Flucht (escape), Fremdaggression (aggression against others), passives Verhalten (passive behaviour) und sich an den/die Versuchsleiter/in wenden (addressing the investigator). Die Antwort der offenen Fragen wird einer der Subskalen zugeordnet.

v. Glaubwürdigkeitsfragebogen

Am Ende der zweiten Testung wurden alle Probanden über das Cyberball-Paradigma, die Simulation des sozialen Ausschlusses und das Ziel der Studie aufgeklärt. Dazu wurde ihnen im Anschluss ein kurzer Fragebogen zur Glaubwürdigkeit (siehe Appendix) des Experiments vorgelegt. Darin enthaltene Fragen zielten auf die Glaubwürdigkeit der initialen Erklärung (Verhalten in einer Kleingruppe wird mithilfe eines Ballwurfspiels untersucht), des Internetsettings, der Echtheit der anderen beiden Mitspieler und des Ballwurfspiels ab. Zudem wurden sie befragt, ob es sie ärgert, erst am zweiten Termin über das eigentliche Ziel der Studie aufgeklärt worden zu sein. Die Antworten konnten auf einer 5-Punkteskala von 0= *gar nicht* bis 5= *sehr stark* angekreuzt werden.

3.4.3 Sekundäres Ergebnismaß

3.4.3.1 Pulsfrequenz

Vor dem Hintergrund der Annahme, dass eine soziale Ausschlussituation dem Probanden emotionalen Stress zuführt, wird während der Anwendung des Cyberball Paradigmas zusätzlich ein psychophysiologisches Maß, das mit einer Stressreaktion assoziiert ist, erhoben. Dazu wird die Pulsfrequenz durch die Aufzeichnung eines Elektrokardiogramms (EKG) mit einer 500Hz Abtastrate gemessen. Die Ableitung erfolgte mittels 3-adriger Elektrodenplatzierung (siehe Abbildung 10). Zur Aufnahme und Analyse der Roh-EKG Daten (QRS-Komplex Identifikation) wurde die BrainVision¹¹ Recorder und Analyzer Software verwendet. Um zu überprüfen, ob sozialer Ausschluss im Rahmen des Cyberball-Paradigmas zur einer erhöhten Stressreaktion führt, werden die Pulsfrequenzen zwischen Einschluss- und Ausschlussbedingung unter Berücksichtigung der Stimulationsform verglichen.

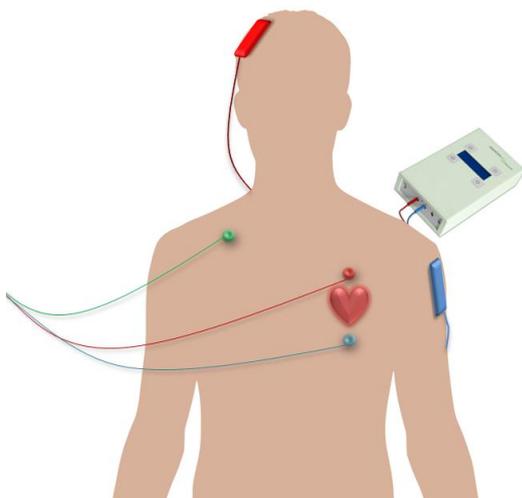


Abbildung 10: Montage EKG Elektroden

¹¹ <https://www.brainproducts.com/index.php>

3.4.4 Prädiktorvariablen

Zur Überprüfung möglicher Zusammenhänge zwischen Personeneigenschaften und dem Spielverhalten unter Experimentalbedingungen wurden verschiedene individuelle Personenmerkmale mittels Selbstbeurteilungsfragebögen erhoben, die im Folgenden erläutert werden.

- i. **NEO-FFI:** Zur Erhebung der Neurotizismusausprägung wurde das NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI) von Costa und McCrae (1992) eingesetzt. Dies ist ein mehrdimensionales Persönlichkeitsinventar, das die wichtigsten Eigenschaftsmerkmale einer Person auf fünf Hauptdimensionen erfasst. Die in dieser Studie eingesetzte revidierte Langversion (Ostendorf & Angleitner, 2004) umfasst 240 Items auf einer 5-Punkte Antwortskala (0= *starke Ablehnung* bis 4= *starke Zustimmung*) mit den fünf Hauptskalen: Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrung, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit sowie jeweils sechs Unterskalen (z.B. *Neurotizismus*: Ängstlichkeit, Reizbarkeit, Depression, Soziale Befangenheit, Impulsivität und Verletzlichkeit). Das Inventar ermöglicht die Darstellung der Eigenschaftsausprägungen auf den einzelnen Hauptskalen sowie die Unterschiede in den Ausprägungen zu anderen Personen der gleichen Geschlechts- und Altersgruppe. Ein T-Wert zwischen 40-60 entspricht einer durchschnittlichen Ausprägung. Werte oberhalb T>60 weisen auf eine erhöhte emotionale Instabilität, Werte unterhalb T<40 weisen auf eine hohe emotionale Stabilität hin.
- ii. **Rejection-Sensitivity-Scale (RSQ)** (dt. Fassung: Staebler et al., 2011): Der RSQ erfasst sowohl die kognitiv-affektive Empfindlichkeit gegenüber sozialer Zurückweisung als auch die Wahrscheinlichkeit mit dem das Eintreffen der Zurückweisung erwartet wird. Dabei werden über 18 verschiedene soziale Situation beschreiben und jeweils zwei voneinander unabhängige Dimensionen erfasst: Anspannung bzw. Beunruhigung vs. die Erwartung angenommen bzw. akzeptiert zu werden. Folgendes Beispielitem dient zu Illustration: „Sie fragen Ihren Partner/ihre Partnerin, ob er/sie Sie wirklich liebt. Wie angespannt oder beunruhigt sind Sie in dieser Situation, bei dem Gedanken daran, ob Ihr/Ihre Partner/Partnerin ‚ja‘ sagen wird? Für wie wahrscheinlich würden Sie es halten, dass er/sie ‚ja‘ sagt? Die Antworten erfolgen für beide Dimensionen auf einer 6-Punktekskala mit 1= *nicht beunruhigt bzw. nicht wahrscheinlich* und 6= *sehr beunruhigt bzw. sehr wahrscheinlich*.“ Als Vergleichswert dienen die Angaben aus den Publikationen von Berenson (Berenson, Gyurak, Ayduk et al., 2009). In der ersten Studie erreichte das Kollektiv der gesunden Kontrollen einen Mittelwert von 8,61, SD=3,61 (Berenson et al., 2009). In der zweiten Studie wurde die RSQ Werte der Gesunden mit den Werten einer klinischen Subgruppe, Personen mit einer Borderline Persönlichkeitsstörung verglichen. Die

Gesunden erreichten dabei einen Mittelwert von 6,19, SD=2,8 und die Borderline Patienten einem Mittelwert von 14,86, SD=6,09 (Berenson, Downey, Rafaeli et al., 2011).

- iii. **Einsamkeitsskala** (vgl. UCLA Loneliness scale, Russell, Peplau & Ferguson, 1978; deutsche Übersetzung nach Döring & Bortz, 1993): Der Fragebogen erhebt mit 20 Items auf drei Subskalen die subjektive empfundene Einsamkeit, emotionale Isolation und soziale Isolation. Dabei werden auf einer 5-Punkteskala (0=gar nicht; 4= völlig) beispielweise folgende Aussagen beantwortet: „Ich habe niemanden, an den ich mich wenden kann“, „Ich fühle mich niemandem nah“, „Ich fühle mich wohl mit den Menschen um mich herum“. In der Subskala *Einsamkeitsgefühle* sind Werte von 0-27, in der Subskala *emotionale Isolation* sind Werte zwischen 0-15 und in der Subskala *sozialen Isolation* sind Werte von 0-18 möglich.
- iv. **Selbstwertfragebogen** (Rosenberg, 1979): Dieser Fragebogen ist ein Messinstrument zur Erhebung des Selbstwertes über 10 Items auf einer 4-Punkteskala mit 0=*trifft gar nicht zu* bis 4= *trifft voll und ganz zu*. Dabei wird eine hohe Zustimmung zu selbstwertdienlichen Aussagen wie „Alles in allem bin ich mit mir selbst zufrieden“ bzw. ein Widersprechen zu Aussagen wie „Hin und wieder denke ich, dass ich gar nichts tauge“ als Maß des Selbstwertgefühls gewertet.
- v. **Fragebogen zu belastenden Sozialerfahrungen** (Sansen et al., 2013): Dieser Fragebogen erhebt retrospektiv erlebte negative soziale Erfahrungen innerhalb der Peergroup als Maß der Peerviktimisierung, oder auch Mobbing genannt. Mit 22 Items wird erfragt ob verschiedene soziale Erfahrungen dem Probanden widerfahren sind, z.B. „Andere Kinder und Jugendliche haben mir gegen meinen Willen persönliche oder mir wichtige Gegenstände weggenommen“, „Ich bin von anderen Kindern oder Jugendlichen erpresst worden“, „Ich bin wegen meines Äußeren gehänselt oder beleidigt worden“, usw. Der Summenwert gibt Aufschluss darüber wie oft eine betreffende Person mit negativen sozialen Erfahrungen konfrontiert war.
- vi. **Resilienzskala** (Leppert, Koch, Brähler et al., 2008): Die Skala erfasst die Bewältigungsfähigkeit im Sinne persönlicher Kompetenz und individueller Widerstandsfähigkeit. Resilienz wird laut den Autoren als die dynamische Fähigkeit definiert, positive Affekte situations- und kontextadäquat kontrollieren und modifizieren zu können. Der Fragebogen umfasst 25 Items auf einer 5-Punkteskala mit 0= *überhaupt nicht wahr* bis 4= *fast immer wahr*. Dabei sollen die Probanden angeben wie sehr sie sich über den letzten Monat hinweg so gefühlt haben oder sich gefühlt hätten, falls sie in solch einer Situation gewesen wären, z.B.: „Ich komme mit allem klar, was sich mir in den Weg stellt“, „Wenn ich mit Problemen konfrontiert bin, versuche ich dies mit Humor zu sehen“, „Auch wenn die Dinge hoffnungslos scheinen gebe ich nicht auf“, usw. Ein hoher Summenwert spricht für eine hohe Resilienz.

3.5 Statistische Auswertung und Poweranalyse

Die statistische Auswertung der Daten erfolgt mit dem IBM Programmsystem SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Version 24.0 (Statistics, 2016). Die Ausfertigung der Diagramme und visuelle Ergebnisdarstellung wurde mit dem Excel Programm von Microsoft Office 2010 durchgeführt. Die deskriptiven Statistiken umfassten neben Häufigkeitsangaben den Mittelwert als arithmetisches Mittel sowie den Median als zentrale Tendenz. Die Angabe von Standardfehlern oder Standardabweichungen wurden in Form von Fehlerindikatoren, sogenannte Whiskers (*dt.*: Antennen), visualisiert. Für alle statistische Auswertungen galt grundsätzlich ein Ergebnis als signifikant, wenn der p -Wert unter der Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% lag, $p \leq .05$. Ein Ergebnis galt als hochsignifikant, wenn der p -Wert kleiner als 0.01 war. Als Zusammenhangsmaß wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman gewählt, da dieser robuster gegen Ausreißer ist (Hauke & Kossowski, 2011). Die explorative Analyse auf Normalverteilung der Daten wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test (Shapiro & Wilk, 1965) durchgeführt, da dieser bei kleineren Stichproben im Vergleich zum Kolmogorov–Smirnov–Test (Massey Jr, 1951) den Vorteil einer höheren statistischen Stärke zur Identifikation möglicher Abweichungen von der Normalverteilung aufweist (Shapiro, Wilk & Chen, 1968). Die Voraussetzung auf Gleichverteilung der Daten wurde bei einem signifikanten Ergebnis in der Shapiro-Wilk-Statistik ($p > .05$) als verletzt betrachtet. In der Folge wurden daher nicht-parametrische Tests zur weiteren inferenzstatistischen Analyse der Daten angewendet. Für die Überprüfung des Cyberball-Paradigmas kam eine Mixed ANOVA zur Varianzanalyse zum Einsatz. Als unabhängiger und kategorialskaliertes Zwischensubjektfaktor wurde die Stimulation (*verum vs. sham*) definiert. Die einzelnen Varianzanalysen umfassten die Testungen des Einflusses der Stimulation (Zwischensubjektfaktor) auf die abhängigen Variablen (AV) (Integrationsgefühl, aversive Auswirkungen, Kohäsionsgefühl, Bewertung der Mitspieler, Angaben in der Emotionskala und das innere Anspannungslevel) mit den Messwiederholungen *Prä vs. Post* sowie *Einschluss- vs. Ausschlussbedingung* als Innersubjektfaktoren.

Für die Überprüfung der beiden Forschungshypothesen: 1) Eine Hirnstimulation mit tDCS hat einen signifikanten Einfluss auf das Spielverhalten unter Experimentalbedingungen und 2a) Eine Hirnstimulation mit tDCS hat einen Einfluss auf das Ausmaß an Bedürfnisbedrohung (NTQ-Werte) nach der sozialen Ausschlusserfahrung; 2b) die beiden Stimulationsgruppen unterscheiden sich signifikant voneinander hinsichtlich ihrer Pulsfrequenz während der sozialen Ausschlussbedingung wurde auch ein Mixed Design angewendet. Bei der ersten Forschungshypothese zur Frage, ob sich signifikante Unterschiede im Spielverhalten (AV) zwischen den beiden Gruppe *verum vs. sham* ergeben, diente die Stimulation als Zwischensubjektfaktor und die 11 Messzeitpunkte (Baseline + Minute 3 – 12) sowie die *Einschluss- vs. Ausschlussbedingung* als Innersubjektfaktoren. Für die Experimentalbedingung wird angenommen, dass die Probanden der *verum*-Gruppe aufgrund der Stimulation über dem rVLPFK ein

anderes Spielverhalten als die Personen mit einer sham-Stimulation zeigen. Dazu wird überprüft, ob sich die Deltawerte beider Gruppen über den Spielverlauf von 10 Spielminuten signifikant voneinander unterscheiden und es zu einer signifikanten Interaktion zwischen *Stimulation***Messzeitpunkt* kommt. Die Ergebnisse der Kontrollbedingung dienen als Referenz zu den Resultaten der Experimentalbedingung, da für die Einschlussvariante angenommen wird, dass sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen und den Messzeitpunkten ergeben. Das Spielverhalten sollte in beiden Gruppen einen Spielverlauf Verlauf nahe der Nulllinie aufweisen, was impliziert, dass beide Mitspieler ungefähr im gleichen Ausmaß von den Probanden angespielt wurden. Die Vergleiche der Innersubjektfaktoren (Messwiederholungen) für den Vergleich des Spielverhaltens aller 40 Teilnehmer wurde eine ANOVA mit Messwiederholungen (Baseline + 11 Messzeitpunkte) gerechnet. Bei der zweiten Forschungshypothese zur Frage, ob sich die beiden Gruppen *verum vs. sham* in ihrer Bedürfnisbedrohung (AV) nach der Erfahrung des partiell sozialen Ausschluss unterscheiden, wurde die Stimulation erneut als Zwischensubjektfaktor definiert und der Vergleich zwischen Prä- und Postwerten sowie der Vergleich zwischen den Integrationsbedingung, Einschluss- vs. Ausschluss als Innersubjektfaktoren festgelegt. Als Homogenitätstest zur Überprüfung der Varianzgleichheit (Homoskedastizität) kamen der Levene-Test bei mehr als zwei Stufen der Zwischensubjektfaktoren und Mauchley-Test auf Sphärität bei mehr als zwei Stufen der Innersubjektfaktoren zum Einsatz. Bei einem nicht signifikanten Ergebnis ($p > .05$) im Levene-Test kann von einer Gleichheit in den Fehlervarianzen in allen Stufen ausgegangen werden. Bei einem nicht signifikanten Ergebnis ($p > .05$) im Mauchley-Test wird Sphärität, also die Gleichheit der Varianzen zwischen den einzelnen Gruppen der Messwiederholungen angenommen. Wird der Mauchley-Test signifikant ($p < .05$) gibt es die Möglichkeit die Freiheitsgrade mittels Korrekturverfahren zu reduzieren, um das Risiko eines α -Fehlers zu minimieren. Bei Verletzung der Sphärität wurden die Ergebnisse der multivariaten Tests der Innersubjektfaktoren mit der Greenhouse-Geisser Korrektur berichtet. Bei den Berechnungen, die als Messwiederholung nur zwei Bedingungen umfassen, beispielweise. *Prä vs. Post*, zeigt der Mauchley-Test eine gegebene Sphärität an, da es mindestens drei Bedingungen braucht, um eine Sphärität berechnen zu können (siehe Field, 2013, S. 670). Daher wird in diesen Fällen die weitere Interpretation der Daten unter der Annahme einer gültigen Sphärität berichtet. Die Effektstärken der mixed ANOVA werden mit dem partiellen Eta-Quadrat (η^2) angegeben. Die Grenzen für die Größe des Effektes liegen nach Cohen (1988) bei .01 (kleiner Effekt), .06 (mittlerer Effekt) und .14 (großer Effekt). Der Vergleich von Gruppenmittelwerten wurde mithilfe des t-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt. Bei Verletzungen der Normalverteilungsannahme (Shapiro-Wilk-Test $p > .05$) als Voraussetzung für den t-Test wurde das Bootstrap Verfahren mit 1000 Ziehungen (Efron & Tibshirani, 1994) angewendet, um die nichtparametrischen Schätzungen der Konfidenzintervalle robuster zu machen. Zur Überprüfung der Varianzhomogenität zwischen den zu vergleichenden Gruppen diente gleichermaßen der Levene-

3 Methodik

Test, mit einem $p > .05$ für die Annahme der Varianzgleichheit. Für die multiplen Vergleiche wurde zur Minimierung der Wahrscheinlichkeit des Fehlers erster Art (Alphafehlerkumulierung) das Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ mit der Bonferroni-Korrektur angepasst. Zur Berechnung des Zusammenhangs zwischen Personenvariablen und dem Spielverhalten in der Experimentalbedingung wurde ein lineares Mixed Model mit variierenden Intercepts und Slops berechnet. Dieses Verfahren erlaubt eine nicht-lineare Regressionsanalyse mit abhängigen Daten über mehrere Messzeitpunkte zu berechnen. In das Basismodell wurde das Spielverhalten als abhängige Variable integriert sowie die Messzeitpunkte über 10 Minuten Spielzeit als Kovariate eingegeben. Danach wurden zur Anpassung des Modells die Intercepts über die Subjekte und Slopes der festen Faktoren variiert. Zur Prüfung möglicher Zusammenhänge zwischen der unabhängigen Variable (Personenvariable) und der abhängigen Variable (Spielverhalten) wurden sukzessiv die einzelnen UV (Prädiktoren) in das Modell integriert. Um Aussage über den Einfluss des Prädiktors auf das Spielverhalten zu treffen wird bei einem p -Wert $< .05$ von einem signifikanten Zusammenhang gesprochen. Der Korrelationskoeffizient b wurde als Maß für die Richtung des Zusammenhangs herangezogen.

Die a-priori-Poweranalyse wurde mit der G*Power Software, Version 3.1.9.2 (Faul, Erdfelder, Buchner et al., 2009) zur Ermittlung einer geeigneten Stichprobengröße (Fallschätzung) durchgeführt. Als Verfahren wurde eine ANOVA mit Messwiederholung (within – between interaction) für zwei Gruppen (Verum-tDCS vs. Sham-tDCS) und 10 Messzeitpunkten (Einschluss- und Ausschlussbedingung) gewählt. Es wurde eine Teststärke (Power) von 80% mit einer mittleren Effektgröße von $f=0,25$ (bzw. $\Omega^2 = 0,06$ angelehnt an Cohen (1988) und ein Signifikanzniveau von 5%, festgelegt. Die Rechnung ergab eine Fallschätzung von 20 Teilnehmern pro Gruppe. Basierend darauf wurden 40 Teilnehmer rekrutiert, die randomisiert den beiden Versuchsgruppen (verum- vs. sham-tDCS) zugeordnet wurden.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung gliedert sich in nachfolgende Unterkapitel. Zunächst wird überprüft wie sicher bzw. angenehm die Hirnstimulation von den Teilnehmern empfunden wurde und ob es zu nennenswerten Nebenwirkungen während oder nach der Stimulation kam. Danach erfolgt die Prüfung der Validität des modifizierten Cyberball-Paradigmas, mit den Kernannahmen, dass sozialer Ausschluss unmittelbar detektiert wird und in seiner Konsequenz zu unangenehmen Folgen, wie negativen Emotionen führt. Im weiteren Verlauf soll die primäre Forschungshypothese untersucht werden, ob sich die beiden Gruppen (verum vs. sham-tDCS) signifikant in ihrem Spielverhalten während der sozialen Ausschlussituation unterscheiden. Darüber hinaus wird mit der sekundären Forschungshypothese überprüft, ob sich die Probanden mit einer verum-tDCS signifikant in ihren Angaben zur Bedürfnisbedrohung während der sozialen Ausschlussituation von denen der sham-Gruppe unterscheiden. Zudem wird überprüft, ob sich signifikante Unterschiede in der physiologischen Stressreaktion mittels Pulsfrequenz zwischen der verum vs. sham-tDCS Gruppe während der sozialen Ausschlussituation feststellen lassen. Abschließend werden explorativ Zusammenhänge zwischen Persönlichkeitseigenschaften und dem Spielverhalten in der sozialen Ausschlussituation geprüft.

4.1 Sicherheit der Stimulation

Insgesamt nahmen 44 Personen an der Studie teil, von denen aufgrund technischer Probleme und Datenverlust die Spieldaten von 40 Personen in die Analyse integriert werden konnten. Zur Überprüfung der Sicherheit der tDCS Stimulation wurde an beiden Terminen der CRQ-Fragebogen mit einer 10-Punkte-Skala angewendet (Palm et al., 2014). Die Mehrheit der Probanden ($\leq 95\%$) gab an, während der Stimulation unangenehme Sensationen gespürt zu haben. Um zu überprüfen, ob sich die Empfindlichkeit je nach Integrationsstatus unterscheidet, wurden die Daten separat für sozialen Einschluss vs. Ausschluss ausgewertet. Die explorative Datenanalyse ergab für alle neun Skalen in der Shapiro-Wilk-Statistik eine Verletzung der Normalverteilungsannahme ($p < .05$). Auf Basis der Vermutung, dass sozialer Stress zu einer erhöhten Schmerzempfindlichkeit führen könnte, wurden die Daten beider Spielbedingungen (Einschluss vs. Ausschluss) mittels t-Test für verbundene Stichproben mit Bootstrapping Verfahren miteinander verglichen. Es ergaben sich für keine der acht CRQ-Skalen signifikante Unterschiede zwischen der Einschluss- und Ausschlussvariante (Schmerz: $t(42)=0,16$, $p=.89$, $d=-.04$; Kribbeln: $t(42)=-0,25$, $p=.79$, $d=.05$; Brennen: $t(42)=-0,89$, $p=.39$, $d=.19$; Müdigkeit: $t(42)=0,77$, $p=.44$, $d=-.16$; Nervosität: $t(42)=-0,47$, $p=.65$, $d=.01$; Konzentration: $t(42)=0,58$, $p=.55$, $d=-.01$; Sehstörung: $t(42)=-0,58$, $p=.57$, $d=.12$; Kopfschmerzen: $t(42)=1,23$, $p=.24$), $d=-.23$. Abbildung 11 zeigt die Angaben beider Gruppen für die empfundenen Nebenwirkungen während Stimulation. Am

4 Ergebnisse

stärksten wurde die Müdigkeit ($Mw_{\text{Ausschluss}}=4,8$; $Mw_{\text{Einschluss}}=4,3$) mit einer mittleren Ausprägung in beiden Gruppen verspürt. Alle übrigen Nebenwirkungen wurden weniger intensiv beschrieben. Auch die Beurteilung des empfundenen Komforts während der Stimulation zeigte keine signifikante Unterschiede, $t(42)=-1,23$, $p=.24$, $d=.27$. Auf einer Skala von 0 (*gar nicht*) bis 10 (*extrem*) empfanden die Probanden mit einem durchschnittlichen Wert von $Mw=3,5_{\text{Einschluss}}$ bzw. $Mw=4,0_{\text{Ausschluss}}$ die Stimulation als eher komfortabel.

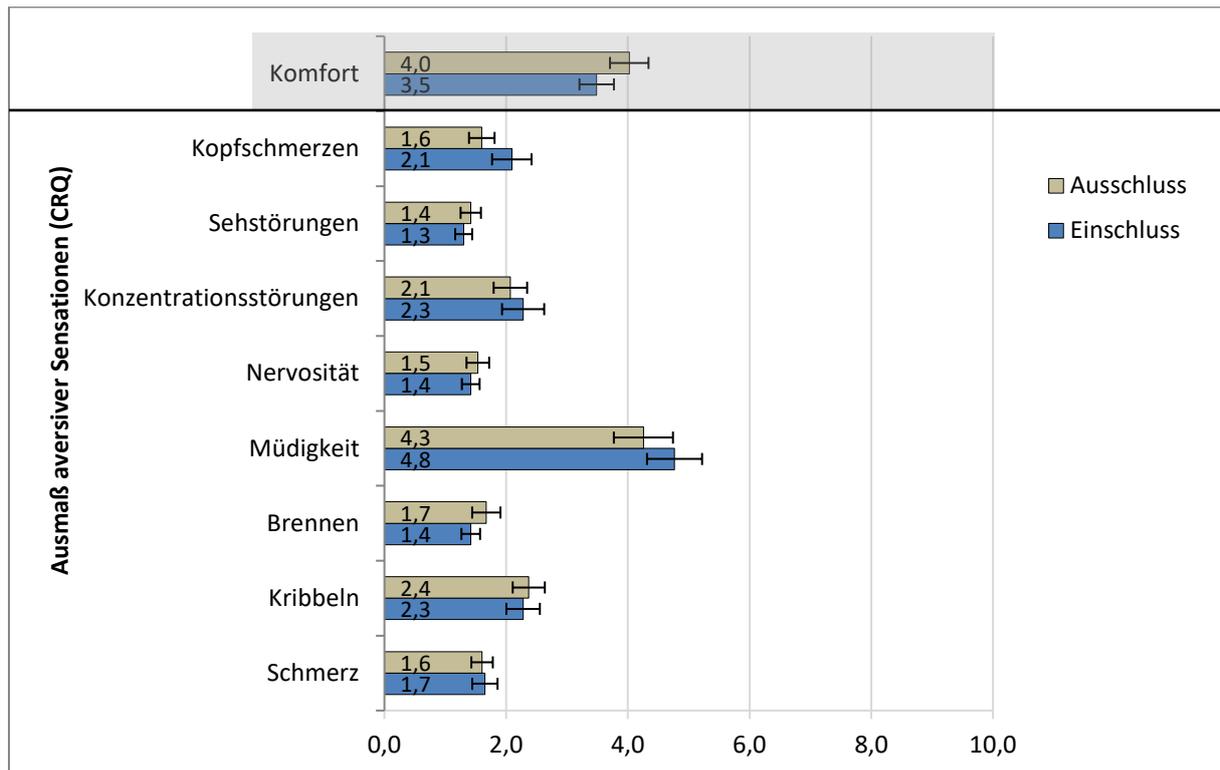


Abbildung 11: Mittelwerte und SEM zu aversiven Sensationen bzw. Nebenwirkungen während der Stimulation.

Zusätzlich berichteten 14% der eingeschlossenen und 5% der ausgeschlossenen Probanden, während der Stimulation einen Lichtblitz, sogenannte Phosphene, gesehen zu haben. Das Auftauchen eines Lichtblitzes zu Anfang und zum Ende der Stimulation ist bekannt und wurde bereits in anderen Studien beschrieben (Nitsche, Fricke, Henschke et al., 2003; Lang, Siebner, Ward et al., 2005). Daher ist es als keine ungewöhnliche Sensation zu betrachten.

4.2 Überprüfung des Cyberball-Paradigmas

Im Folgenden soll geprüft werden wie zuverlässig das hier angewendete modifizierte Cyberball-Paradigma den sozialen Ausschluss evoziert hat. Laut Williams (Williams, 2009; Williams & Jarvis, 2006) ist das virtuelle Ballspiel in der Lage das Gefühl sozialer Ausgrenzung zu simulieren und

dementsprechend negative Konsequenzen, wie die Bedrohung der vier fundamentalen Bedürfnisse, negative Gefühle sowie ein verändertes Verhalten hervorzurufen. Die negativen Konsequenzen sollten sich in der Ausschlussbedingung in einem größeren Ausmaß manifestieren, als in der Einschlussvariante.

4.2.1 Prüfung des wahrgenommenen partiellen sozialen Ausschlusses

Zur Gewährleistung valider Ergebnisse musste zuerst überprüft werden, ob die Probanden den sozialen Ausschluss überhaupt wahrgenommen haben. Dazu wurden verschiedene Kontrollparameter eingebaut, die im Folgenden vorgestellt werden.

4.2.1.1 Manipulation Check

Für die empfundene **Ostrazismusintensität** als Maß dafür inwieweit der partielle Ausschluss bemerkt wurde, ergab die explorative Datenanalyse eine Verletzung der Normalverteilungsannahme für beide Integrationsbedingungen. Die Shapiro-Wilk Statistik zeigt hochsignifikante Ergebnisse für die Einschluss-, $D[40]=0,71$, $p=.001$, und Ausschlussvariante, $D[40]=0,89$, $p=.001$. Die Box-Plots zeigen für beide Varianten keine Ausreißer. Bei einer Skala von 1 – 5 (5= *ich wurde ausgeschlossen*), liegt der Median der Ausschlussbedingung bei 4, der Mittelwert bei 4,45; im Durchschnitt haben die Probanden den sozialen Ausschluss bemerkt. Die Betrachtung individueller Angaben zeigte jedoch, dass 5 Probanden extrem niedrige Angaben (Summe=2) machten, was darauf hindeutet, dass sie den partiellen Ausschluss nicht bewusst wahrgenommen haben. Der Median der Einschlussbedingung liegt bei 2 und der Mittelwert bei 3. Die Betrachtung extremer Werte in der Einschlussvariante legt offen, dass auch hier fünf Personen einen Summenwert von 6 hatten, was bedeutet, dass sie sich etwas ausgeschlossen gefühlt haben. Eine weitere Analyse des Ergebnisses mittels t-Test und Bootstrapping zur Überprüfung, ob sich die Angaben zur Ostrazismusintensität zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante voneinander unterscheiden, ergab ein signifikantes Ergebnis. Die Differenz von -1,8 Punkten bei einem 95%igen Konfidenzintervall [-2,17, -0,] ist hochsignifikant, $t(39)=-3,48$, $p=.001$. Der Effekt liegt mit $d=0,67$ im mittleren Bereich. Die Mittelwerte zeigen, dass sich die Probanden in der Ausschlussbedingung signifikant mehr ausgeschlossen gefühlt haben (Mw=4,5) als in der Einschlussbedingung (Mw=3,1), Abbildung 12.

4 Ergebnisse

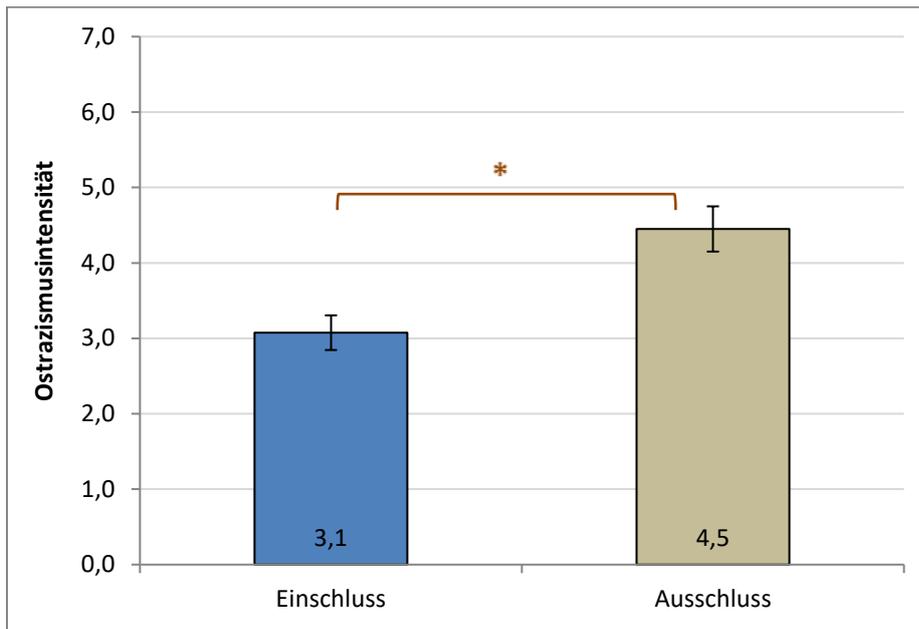


Abbildung 12: Mittelwerte und SEM zur erlebten Ostrazismusintensität. Die Ergebnisse zeigen signifikante Unterschiede zwischen Ausschluss- und Einschlussbedingung, (*= $p < .05$).

Die Angaben zur **Ballwurfhäufigkeit** wurden zunächst auf ihre Normalverteilung mittels explorativer Datenanalyse überprüft. Die Ergebnisse der Shapiro-Wilk Statistik zeigten sowohl für die Einschluss- $D(40)=0,80$, $p=.001$ und Ausschlussbedingung $D(40)=0,93$, $p=.02$ eine Verletzung der Normalverteilungsannahme an. Die Boxplots zeigten, dass in der Einschlussbedingung einige Probanden den Ballerhalt sowohl als extrem hoch und als zu gering eingeschätzt haben. Dennoch ließ sich anhand der Perzentile ablesen, dass 75% der Probanden eine realistische Einschätzung des Ballerhalts vorgenommen haben. In der Ausschlussbedingung offenbarten die Boxplots keine nennenswerten Ausreißer. Allerdings zeigte sich, dass das obere Perzentil etwas zu hoch war, was andeutet, dass die Mehrheit der Teilnehmer den Ballerhalt in der partiellen Ausschlussbedingung als unrealistisch hoch wahrgenommen hat. Aufgrund der nicht normalverteilten Daten wird der Median als Maß der zentralen Tendenz herangezogen. Die Mediane der deskriptiven Analyse zeigen, dass in der Einschlussvariante die zentrale Tendenz bei 30% ($SD=8,4$, Spannweite=20-67) und in der Ausschlussbedingung bei 25% ($SD=6,3$, Spannweite=10-33) lag (Abbildung 13).

4 Ergebnisse

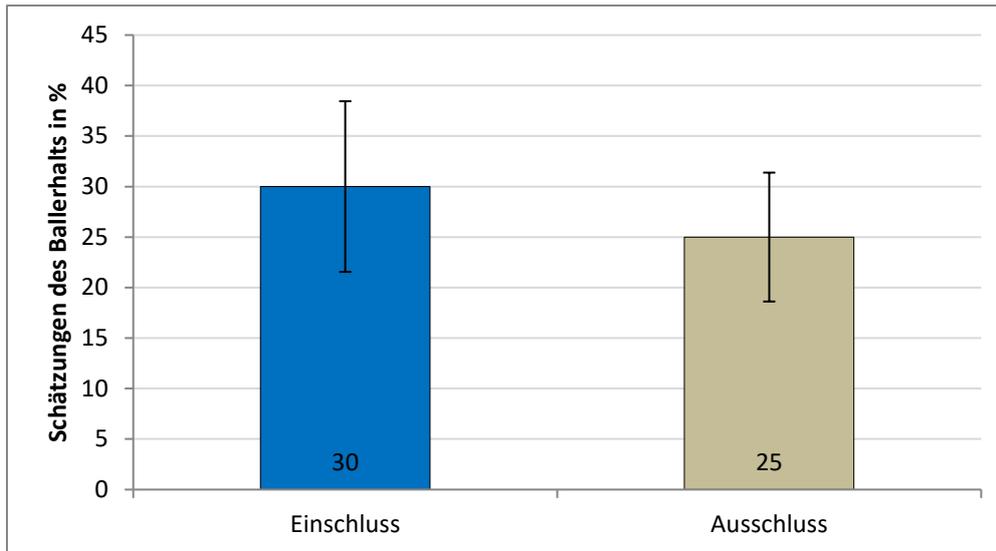


Abbildung 13: Median und Standardabweichung der Ballwurfschätzungen für beide Bedingungen.

Die durchschnittlichen Angaben der eingeschlossenen Probanden decken sich trotz Ausreißer mit den Angaben aus vorherigen Studien (vgl. Riva et al., 2012; Riva et al., 2015a; Riva et al., 2015b). Da es sich in dieser Studie um einen partiellen Ausschluss handelt, bei dem der Includer weiterhin den Ball zu 50% dem Probanden zuspasst, kann vermutet werden, dass die Probanden während der Ausschlussbedingungen tendenziell höhere Werte angaben, allerdings liegen ihre Schätzungen mit durchschnittlich 25 % und einer Standardabweichung von 6,3 teilweise außerhalb des realistischen Bereichs.

4.2.1.2 Weitere Kontrollparameter

Um dem Umstand einer verzerrten Wahrnehmung hinsichtlich der erhaltenen Ballwürfe zu berücksichtigen, wurden noch weitere Kontrollparameter wie der **Sense of Inclusion** (dt.: Gefühl der Integration) integriert, der jeweils für beide Mitspieler in beiden Spielbedingungen separat erhoben wird, um einen differenzierteren Aufschluss über den wahrgenommenen sozialen Ausschluss zu bekommen. Zusätzlich wurden noch der **Aversive Impact** (dt.: *aversive Auswirkung*) und das **Kohäsionsgefühl** als Ausmaß des Wir-Gefühls innerhalb der Kleingruppe, erhoben. Da aufgrund der Literatur angenommen werden kann, dass die Stimulation über dem rVLPFK einen Einfluss auf die emotionale Wahrnehmung während des Cyberballspiel nimmt, wird die Stimulationsart als Zwischensubjektfaktor in den statistischen Auswertungen berücksichtigt.

i. Integrationsgefühl (*Sense of inclusion*)

Zur Beantwortung der Frage, ob es Unterschiede in dem Gefühl in das Spiel integriert worden zu sein gibt, abhängig vom jeweiligen Mitspieler und des Integrationsstatus, wurde eine mixed ANOVA

4 Ergebnisse

gerechnet. Die Messwiederholung (Innersubjektfaktor) wird durch den *Integrationsstatus* mit den beiden Faktorstufen *Einschluss vs. Ausschluss* definiert. Die Zwischen-Gruppen-Variable stellt der Faktor *Mitspieler* mit den beiden Stufen *Includer vs. Excluder* dar. Dadurch ergaben sich vier Gruppen mit zwei Haupteffekten. Als Zwischensubjektfaktor dient die Stimulationsart (verum vs. sham), um zu überprüfen, ob möglich Unterschiede durch die Stimulation beeinflusst werden. Zudem wurden die Interaktionen zwischen den einzelnen Faktoren überprüft. Die Auswertung der Daten ergab eine Verletzung der Normalverteilungsannahme für das Gefühl der Integration durch den Excluder in der Ausschlussbedingung, $D(40)=0.92$, $p=.01$. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ($p > .05$). Die Ergebnisse der mixed ANOVA zeigen bei gegebener Spharizität signifikante Haupteffekte und Interaktionen. Die Mittelwerte zeigen für den Haupteffekt des Integrationsstatus, dass die Gruppe der Eingeschlossenen ein größeres Gefühl in das Spiel integriert worden zu sein, berichtete ($M_w=0,67$, $SEM=0,24$), als die Gruppe der Ausgeschlossenen ($M_w=0,51$, $SEM=0,20$), $F(1,38)=29,25$, $p=.00$, mit einer hohen Effektstärke, $\eta^2=0,43$. Der Haupteffekt der Mitspieler ist hochsignifikant, $F(1,38)=34,72$, $p=.001$, mit einer großen Effektstärke, $\eta^2=0,47$, und impliziert, dass es einen signifikanten Unterschied in der Wahrnehmung gibt, inwieweit sich die Probanden vom Includer oder Excluder integriert gefühlt haben. Die Mittelwerte zeigen, dass sich die Probanden durch den Excluder signifikant weniger integriert gefühlt haben ($M_w=0,51$, $SEM=0,2$), als durch den Includer ($M_w=0,66$, $SEM=0,22$). Die Interaktion zwischen *Integrationsstatus*Mitspieler* ist signifikant und deutet an, dass das Integrationsgefühl je nach Mitspieler und Integrationsstatus unterschiedlich empfunden wurde. Die Mittelwerte offenbaren, dass sich die Probanden in der Ausschlussbedingung, nicht aber in der Einschlussbedingung, signifikant weniger vom Excluder integriert gefühlt haben ($M_w=0,35$, $SEM=0,03$) als vom Includer ($M_w=0,67$, $SE=0,26$), $F(1,38)=54,25$, $p=.00$. Die Effektstärke ist mit $\eta^2=0,58$ groß. Der Haupteffekt der Stimulation, $F(1,38)=,078$, $p=.38$ sowie die Interaktion zwischen *Integrationsstatus*Mitspieler*Stimulation* sind nicht signifikant ($F(1,38)=0,74$, $p=.39$); die Stimulation hat keinen Effekt auf die Bewertung inwieweit sich die Probanden beider Bedingungen vom Includer oder Excluder integriert gefühlt haben. Die grafische Darstellung der Ergebnisse sind in Abbildung 14 und Abbildung 15 aufgeführt. In der verum-tDCS Gruppe ist der Mittelwert etwas niedriger als in der sham-Gruppe, jedoch sind diese Unterschiede statistisch nicht relevant.

4 Ergebnisse

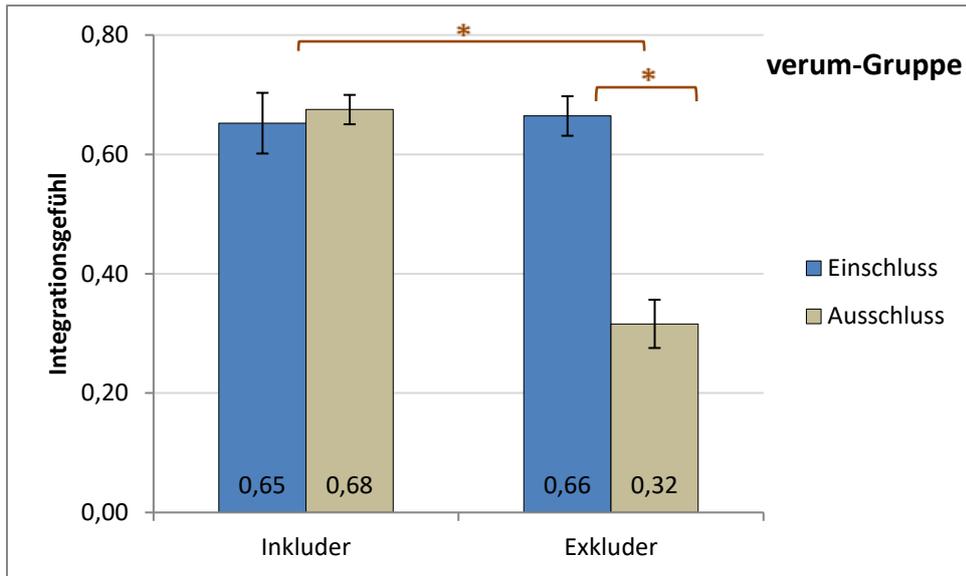


Abbildung 14: Mittelwerte und SEM zum Integrationsgefühl. Signifikante Unterschiede im Integrationsgefühl der verum-Gruppe zwischen Integrationsstatus und Mitspieler (*= $p < 0,05$).

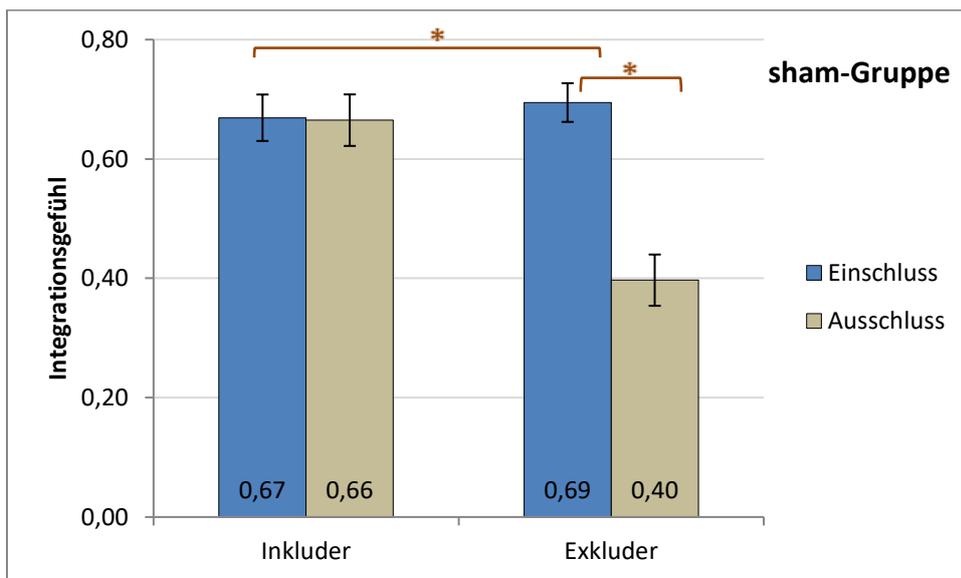


Abbildung 15: Mittelwerte und SEM zum Integrationsgefühl. Signifikante Unterschiede im Integrationsgefühl der sham-Gruppe zwischen Integrationsstatus und Mitspieler (*= $p < 0,05$).

Die Ergebnisse demonstrieren, dass sich die Probanden durch das Verhalten des Excluders in der Ausschlussbedingung deutlich weniger integriert fühlten. Zudem verdeutlichen sie, dass sozialer Ausschluss mithilfe des virtuellen Ballspielsettings simuliert werden kann und Resultate vorheriger Cyberball-Studien gestützt werden können.

ii. Aversive Auswirkungen

Um zu überprüfen, ob sich Unterschiede in den empfundenen aversiven Effekten des Ostrazismus ergeben haben, wurde eine mixed ANOVA berechnet. Zuvor wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. Die Shapiro-Wilk Statistik zeigt normalverteilte Daten an, $D(40)=0,96$, $p=.23_{\text{Einschluss}}$, $D(40)=0,98$, $p=.71_{\text{Ausschluss}}$. Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ($p > .05$). Die mixed ANOVA zeigt keine signifikanten Ergebnisse für den Haupteffekt des Integrationsstatus ($F(1,38)=0,02$, $p=.89$), für den Haupteffekt der Stimulation, $F(1,38)=0,003$, $p=.96$ sowie eine nicht signifikante Interaktion zwischen *Integrationsstatus*Stimulation*, $F(1,38)=0,04$, $p=.84$. Die Ergebnisse legen nahe, dass sich die Angaben zu aversiven Effekten aufgrund des sozialen Ausschlusses trotz unterschiedlichem Integrationsstatus und Stimulationsart nicht signifikant voneinander unterscheiden (Abbildung 16).

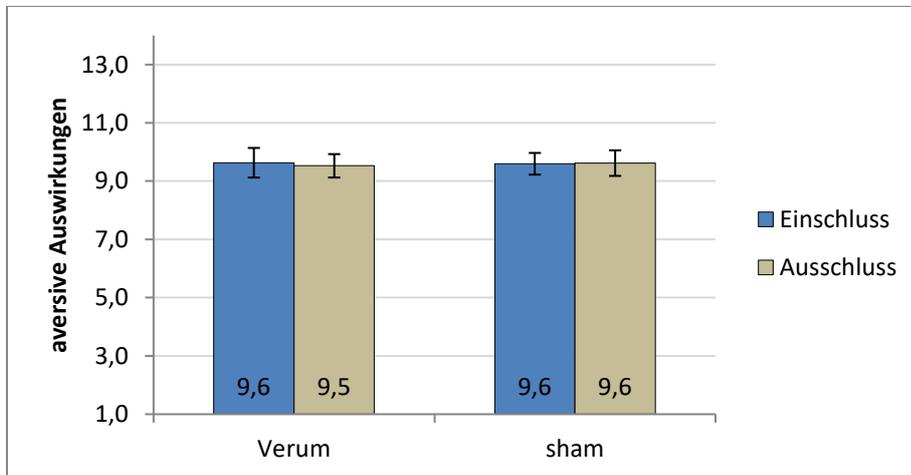


Abbildung 16: Mittelwerte und SEMs des empfundenen Ausmaßes an aversiven Auswirkungen

iii. Kohäsionsgefühl

Zur Beantwortung der Frage, ob sich Unterschiede im Wir-Gefühl, abhängig vom Integrationsstatus und der erhaltenden Stimulationsart, ergeben, wurde eine mixed ANOVA berechnet. Im Test auf Normalverteilung ergeben sich in der Shapiro-Wilk Statistik signifikante Ergebnisse für die Gruppe der Eingeschlossenen, $D(40)=0,89$, $p=.02$ und für die Gruppe der Ausgeschlossenen, $D(40)=0,93$, $p=.00$. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ($p \geq .05$). Die Ergebnisse der mixed ANOVA zeigen bei gegebener Sphärität einen hochsignifikanten Haupteffekt für den Integrationsstatus, $F(1, 38)=13,9$, $p \leq .001$. Die Mittelwerte zeigen ein signifikant höheres Kohäsionsgefühl in der Einschlussvariante an (Mw=8,4, SEM=0,19), als in der Ausschlussbedingung (Mw=7,1, SEM=0,26), Abbildung 17. Der Effekt ist mit $\eta^2=0,26$ als stark zu betrachten und impliziert, dass es einen deutlichen Unterschied im Kohäsionsgefühl zwischen den beiden Gruppen gibt. Das Ergebnis steht demnach im Einklang mit dem Ostrazismus-Modell.

4 Ergebnisse

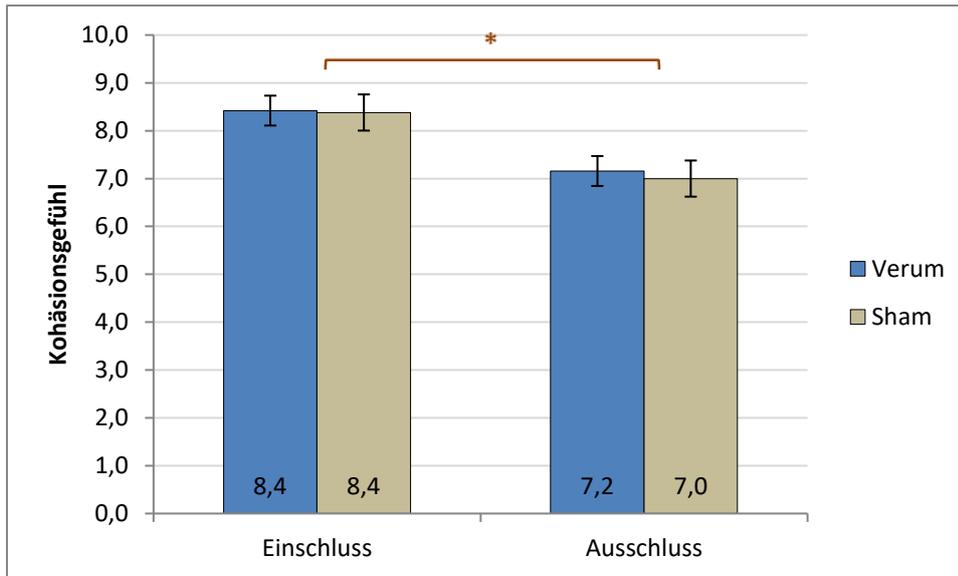


Abbildung 17: Mittelwerte und SEM zum Kohäsionsgefühl. Signifikante Unterschiede im Kohäsionsgefühl zwischen Einschluss- und Ausschlussbedingung, (*= $p \leq .05$).

Der Haupteffekt der Stimulation ist nicht signifikant $F(1,38)=0,105$, $p=.74$. Das bedeutet, dass die Stimulation keinen signifikanten Einfluss auf das Kohäsionsgefühl hatte. Auch die Interaktion *Integrationsstatus*Stimulation* ist nicht signifikant $F(1,38)=0,03$, $p=.86$, was zeigt, dass die Stimulation die Unterschiede im Kohäsionsgefühl zwischen den beiden Gruppen nicht beeinflusst.

iv. Bewertung der Mitspieler

Alle Probanden mussten vor und nach dem Spiel die beiden Mitspieler hinsichtlich der wahrgenommenen Sympathie, Vertrauenswürdigkeit, Attraktivität, Dominanz und Aggressivität bewerten. Dieses Prozedere diente zur Überprüfung einer veränderten interpersonellen Wahrnehmung nach der Erfahrung des partiellen Ausschlusses durch einen der beiden Mitspieler. Zum Vergleich der Unterschiede in den Bewertungen zwischen Prä- und Postrating sowie den beiden Mitspielern wurde eine mixed ANOVA gerechnet. Zur besseren Vergleichbarkeit der Resultate wurden die Berechnungen separat für beide Integrationsbedingungen gerechnet. Für die Einschlussvariante wurde erwartet, dass sich die Bewertungen zwischen Prä- und Post und hinsichtlich der beiden Mitspieler kaum unterscheiden. Für die Ausschlussvariante wurde angenommen, dass nach dem Spiel die Bewertungen für die beiden Mitspieler deutlich anders ausfallen, als vor dem Spiel.

a) Einschlussvariante

Die Ergebnisse zeigen bei angenommener Sphärität und Varianzhomogenität in allen Faktorstufen (Levene-Test, $p \geq .05$) einen nicht signifikanten Effekt der Stimulation, $F(1,37)=2,15$, $p=.15$. Die beiden

4 Ergebnisse

Haupteffekte zeigen nicht signifikante Ergebnisse für den Messzeitpunkt, $F(1,37)=2,77$, $p=.10$ und Mitspieler $F(1,37)=0,01$, $p=.90$. Die Interaktionen *Mitspieler*Zeitpunkt* ist nicht signifikant, $F(1,37)=0,85$, $p=.36$ und impliziert, dass sich die Bewertungen beider Mitspieler über beide Messzeitpunkte nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Resultate bestätigen die Erwartungen, dass sich in der Einschlussvariante die Bewertungen zwischen Prä- und Postmessung sowie zwischen den beiden Mitspielern nicht voneinander unterscheiden. Die Stimulation zeigt keinen Einfluss auf unterschiedliche Bewertungen zu beiden Messzeitpunkten. Für eine bessere Übersichtlichkeit werden die Ergebnisse ohne die zusätzliche Unterteilung in den Gruppen verum vs. sham angegeben (Tabelle 1).

Einschluss

Bewertungen	Includer		Excluder		sign.	ES
	Prä (SEM)	Post (SEM)	Prä (SEM)	Post (SEM)		
<i>Sympathie</i>	0,65 (0,03)	0,68 (0,03)	0,66 (0,03)	0,68 (0,03)	$p=.49$	$\eta^2=.01$
<i>Vertrauenswürdigkeit</i>	0,59 (0,03)	0,60 (0,03)	0,59 (0,03)	0,63 (0,03)	$p=.25$	$\eta^2=.03$
<i>Attraktivität</i>	0,48 (0,03)	0,49 (0,03)	0,48 (0,03)	0,51 (0,03)	$p=.57$	$\eta^2=.01$
<i>Dominanz</i>	0,43 (0,03)	0,34 (0,03)	0,41 (0,03)	0,36 (0,03)	$p=.40$	$\eta^2=.01$
<i>Aggressivität</i>	0,29 (0,03)	0,24 (0,03)	0,28 (0,03)	0,22 (0,03)	$p=.90$	$\eta^2=.00$

Tabelle 1: Zeigt Mittelwerte, SEM, Signifikanzniveau und Effektstärken (ES) der Einschlussvariante. Es haben sich keine signifikanten Interaktionen ergeben.

b) Ausschlussvariante

Die Ergebnisse der Ausschlussvariante zeigen bei angenommener Spherizität und Varianzhomogenität in allen Faktorstufen (Levene-Test, $p>.05$) folgende Ergebnisse: Der Haupteffekt der Stimulation ist nicht signifikant, $F(1,38)=2,5$, $p=.12$. Der Haupteffekt der Mitspieler ist signifikant, $F(1,38)$, $p=.03$ und zeigt zudem eine hohe Effektstärke, $\eta^2=.11$, was darauf hindeutet, dass die beiden Spieler unterschiedlich bewertet wurden. Der Haupteffekt des Zeitpunktes ist nicht signifikant $F(1,38)=0,65$, $p=.80$ und deutet darauf hin, dass sich die Bewertungen zwischen den Messzeitpunkten nicht voneinander unterscheiden. Betrachtet man jedoch die Interaktion *Zeitpunkt*Mitspieler* ergibt sich eine signifikantes Ergebnis, $F(1,38)=5,61$, $p=.02$ mit einer hohen Effektstärke, $\eta^2=.13$. Dieses Ergebnis signalisiert, dass die Bewertungen beider Mitspieler sich abhängig vom Messzeitpunkt unterscheiden. Die Interaktion *Stimulation*Zeitpunkt*Mitspieler* ist nicht signifikant, $F(1,38)=1,1$, $p=.30$, was aufweist, dass die unter Hinzunahme des Faktors Stimulation die Interaktion nicht mehr signifikant ist und die Unterschiede in den Bewertungen beider Mitspieler je nach Messzeitpunkt nicht durch die Stimulation beeinflusst werden. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse ohne eine weitere Einteilung in die Stimulationsgruppen illustriert. Die Mittelwerte offenbaren, dass die ausschließende Person nach dem Spiel erwartungsgemäß als dominanter (Mw=0.48, vorher Mw=0,38) und aggressiver (Mw=0.3, vorher

4 Ergebnisse

Mw=0,27) sowie als weniger sympathisch (Mw=0,51, vorher Mw=0,61) und vertrauenswürdig (Mw=0,60, vorher Mw=0,50) bewertet wurde als vor dem Spiel. Signifikante Interaktionseffekte ergeben sich vor allem für die Skalen Sympathie, Vertrauenswürdigkeit, Attraktivität und Dominanz.

Ausschluss

Bewertungen	Includer		Excluder		sign.	ES
	Prä (SEM)	Post (SEM)	Prä (SEM)	Post (SEM)		
<i>Sympathie</i>	0,70 (0,02)	0,73 (0,02)	0,61 (0,03)	0,51 (0,03)	*p=.00	$\eta^2=.26$
<i>Vertrauenswürdigkeit</i>	0,64 (0,02)	0,66 (0,02)	0,60 (0,03)	0,50 (0,03)	*p=.00	$\eta^2=.23$
<i>Attraktivität</i>	0,57 (0,02)	0,59 (0,02)	0,48 (0,03)	0,45 (0,03)	*p=.01	$\eta^2=.14$
<i>Dominanz</i>	0,31 (0,02)	0,33 (0,02)	0,38 (0,03)	0,48 (0,03)	*p=.03	$\eta^2=.11$
<i>Aggressivität</i>	0,21 (0,02)	0,20 (0,02)	0,27 (0,03)	0,31 (0,03)	p=.08	$\eta^2=.07$

Tabelle 2: Zeigt Mittelwerte, SEM, Signifikanzniveau und Effektstärken (ES) der Ausschlussvariante. Es ergeben signifikante Interaktionen der Haupteffekt Mitspieler*Zeitpunkt (*p≤.05).

Die beiden Ergebnisse stützen die Annahme, dass Ostrazismuserfahrungen auf reflektiver Ebene kognitive Prozesse anstoßen und verändern können. Wie in diesem Beispiel kann der reflektive Prozess als Bewältigungsstrategie erachtet werden, der sich in der Neubewertung von vorherigen Wahrnehmungen und Urteilen niederschlägt.

v. Glaubwürdigkeit des Settings

Am Ende des zweiten Termins wurden alle Teilnehmer zur Glaubwürdigkeit des experimentalen Settings befragt. Das Ergebnis zeigt, dass die Probanden auf einer Skala von 1 (*gar nicht*) – 5 (*sehr*) im Mittel das Internetsetting mit einem Mw=2,5, die Echtheit der Mitspieler mit einem Mw=2,8 und die Glaubwürdigkeit des gesamten Settings mit Mw=3,5 bewerteten. Man kann aus dem Resultat schließen, dass die Teilnehmer am virtuellen Setting mit realen Mitspielern einen gewissen Zweifel hatten.

Zusammenfassend zeigt die Prüfung des modifizierten Cyberball-Paradigmas ein befriedigendes Gesamtergebnis. Der Manipulationscheck kann als bedingt gültig anerkannt werden. Die Probanden haben den partiellen Ausschluss im überwiegenden Maß bemerkt und es zeigen sich signifikante Unterschiede in der empfundenen Ostrazismusintensität zwischen der Einschluss- und Ausschlussbedingung, jedoch gab es einige wenige Teilnehmer, die berichteten nicht ausgeschlossen worden zu sein. Darüber hinaus haben die Personen der Einschlussbedingung die Anzahl der erhaltenden Ballwürfe korrekt (30%), in der Ausschlussbedingung allerdings als zu hoch (25%) eingeschätzt. Trotz einer gewissen zweifelnden Neigung über die Echtheit des Ballspiels zeigen die Resultate der übrigen Kontrollparameter signifikante Ergebnisse für das Integrations- und

4 Ergebnisse

Kohäsionsgefühl sowie für die Bewertungen der Mitspieler, die für die Zuverlässigkeit des Cyberball-Paradigmas, Ostrazismuseffekte auszulösen, sprechen. Die Probanden der Ausschlussgruppe haben sich signifikant weniger durch den Excluder integriert gefühlt und diesem nach dem Spiel auch deutlich dominanter und aggressiver sowie als weniger sympathisch und vertrauenswürdiger bewertet als vor dem Spiel. Dieses Teilergebnis wird zudem durch die Resultate zum Kohäsionsgefühl, mit signifikant niedrigeren Werten in der Ausschlussbedingung, gestützt. Der einzige Kontrollparameter, in welchem sich die Gruppen nicht unterschieden, waren die Angaben zu den aversiven Effekten des Ostrazismus. Jedoch zeigten sich hier keine unerwarteten oder paradoxen Ergebnisse. Daher sprechen zusammengenommen die Resultate für die Gültigkeit des adaptierten Cyberball-Paradigma, sozialen Ausschluss virtuell simulieren zu können.

4.2.2 Prüfung der Annahme negativer Emotionen nach sozialem Ausschluss

Die Ergebnisse werden separat für alle drei Skalen berichtet.

i. Skala positive Emotionen

Die Shapiro-Wilk Statistik des Tests auf Normalverteilung zeigt für die Angaben zu positiven Emotionen signifikante Ergebnisse für alle vier Bedingungen, Einschluss prä, $D(41)=0,78$, $p=0,001$, Einschluss post, $D(41)=0,95$ $p=.49$; Ausschluss Prä, $D(41)=0,94$ $p=.04$ und Ausschluss post, $D(41)=0,94$, $p=.02$. Die Sphärität kann für alle Haupteffekte angenommen werden. Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt keine signifikanten Ergebnisse an ($p > .05$). Die mixed ANOVA ergab für den Haupteffekt des Zeitpunkts ein signifikantes Ergebnis, $F(1,38)=9,96$, $p=.03$, mit einer hohen Effektstärke, $\eta^2=.21$. an. Die Mittelwerte zeigen, dass die Probanden insgesamt zur Prämessung höhere Werte an positiven Emotionen berichteten ($Mw=11,6$, $SEM=0,57$) als in der Postbefragung ($Mw=10,04$, $SEM=0,57$). Es ergeben sich keine signifikanten Haupteffekte für den Integrationsstatus, $F(1,38)=1,88$, $p=.17$ und die Stimulation, $F(1,38)=0,2$ $p=.90$. Die Interaktion zwischen *Zeitpunkt*Integrationsstatus* ist nicht signifikant, $F(1,38)=1,05$, $p=.31$. Das bedeutet, dass der Haupteffekt des Zeitpunktes durch die Hinzunahme des Faktors des Integrationsstatus nicht mehr signifikant ist. Jedoch zeigt sich eine signifikante Interaktion zwischen *Messzeitpunkt*Stimulation*, $F(1,38)=4,68$, $p=.03$. Der Effekt ist mit $\eta^2=.11$ sehr stark. Das bedeutet, dass sich die Angaben zu positiven Emotionen zwischen den Stimulationsgruppen in Abhängigkeit vom Messzeitpunkt signifikant unterscheiden. Die Mittelwerte zeigen für die verum-Gruppe ein höheres Maß an positiven Emotionen in der Postmessung ($Mw=10,9$, $SEM=0,81$) als vor dem Spiel ($Mw=10,6$, $SEM=0,80$). Für die sham-Gruppe ergibt sich ein umgekehrtes Resultat. Die Mittelwerte zeigen ein höheres Maß an berichteten positiven Emotionen vor dem Spiel ($Mw=11,5$, $SEM=0,76$) als als danach ($Mw=10,1$. $SEM=0,77$). Abbildung 18 zeigt die Mittelwerte und

4 Ergebnisse

Standardfehler der Angaben zu positiven Emotionen für beide Stimulationsformen über für die Einschluss- und Ausschlussbedingung.

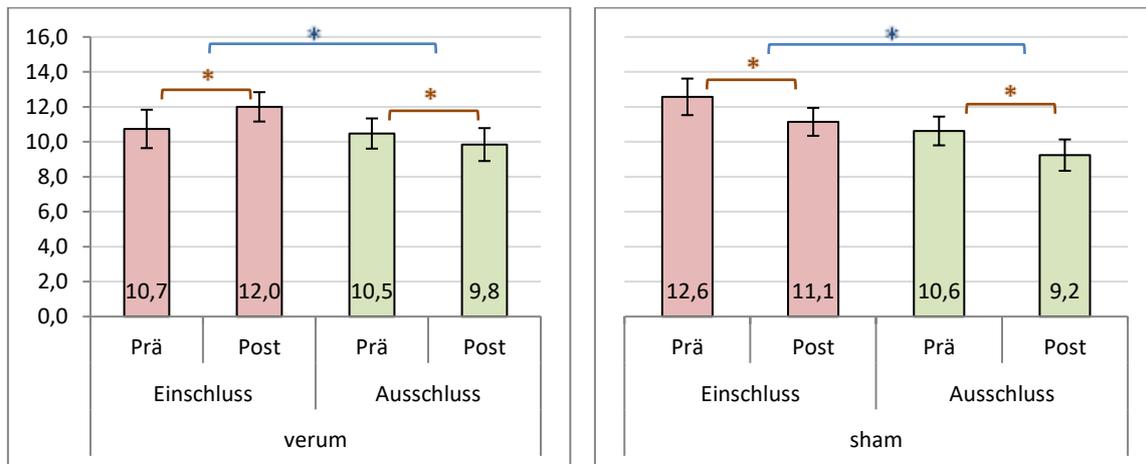


Abbildung 18: Mittelwerte (SEM) der Skala zu positiven Emotionen. Der Effekt des Zeitpunktes und die Interaktion *Integrationsstatus*Stimulation* sind signifikant ($*p<.05$). Die Interaktion zwischen *Zeitpunkt*Integrationsstatus* ist nicht signifikant ($p>.05$).

Des Weiteren ist in der Abbildung ersichtlich, dass Probanden mit einer verum tDCS nach dem Cyberballspiel, unabhängig vom Integrationsstatus, höhere Werte an positiven Emotionen angegeben ($Mw_{\text{Einschluss}}=12,0$, $Mw_{\text{Ausschluss}}=9,8$), als jene mit einer sham-Stimulation ($Mw_{\text{Einschluss}}=11,1$, $Mw_{\text{Ausschluss}}=9,2$). In der Gruppe mit sham-Stimulation geben die Probanden zur Prämessung ein höheres Ausmaß an positiven Emotionen ($Mw_{\text{Einschluss}}=12,6$, $Mw_{\text{Ausschluss}}=10,6$) im Vergleich zur verum-Gruppe an ($Mw_{\text{Einschluss}}=10,7$, $Mw_{\text{Ausschluss}}=10,5$). Es ergibt sich allerdings keine signifikante Interaktion zwischen *Integrationsstatus*Stimulation*, $F(1,38)=,521$, $p=.47$.

ii. Skala selbstbezogene negative Emotionen

Die Shapiro-Wilk Statistik des Tests auf Normalverteilung zeigt für die Angaben zu selbstbezogenen negativen Emotionen hochsignifikante Ergebnisse für alle vier Gruppen, Einschluss_prä, $D(41)=0,54$, $p=.001$, Einschluss_post, $D(41)=0,61$, $p=.001$; Ausschluss_Prä, $D(41)=0,47$, $p=.001$ und Ausschluss_post, $D(41)=0,65$, $p=0,001$. Die Sphärität kann für alle Haupteffekte angenommen werden. Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt keine signifikanten Ergebnisse an ($p >.05$). Die Mixed ANOVA ergab nicht signifikant Haupteffekte für den Integrationsstatus, $F(1,38)=2,62$, $p=.14$ und die Stimulation, $F(1,38)=0,63$, $p=.43$. Die Angaben zu selbstbezogenen negativen Emotionen wurden weder durch den Integrationsstatus, noch durch die Art der Stimulation beeinflusst. Der Haupteffekt der Zeit ist signifikant. Die Mittelwerte zeigen signifikant Unterschiede der Angaben zu selbstbezogenen negativen Emotionen zwischen Prä- und Postbefragung, $F(1,38)=4,49$, $p=.04$ mit einer großen Effektstärke, $\eta^2=.10$. Die Mittelwerte zeigen insgesamt höhere Werte für die Postmessung

4 Ergebnisse

(Mw=6,4, SE=0,33) als für die Prämessung (Mw=6,0, SE=0,32). Die Interaktion zwischen *Zeit*Integrationsstatus* ist signifikant, $F(1,38)=7,28, p=.01$, mit einer hohen Effektstärke von $\eta^2=.16$ und deutet darauf hin, dass sich das Ausmaß an negativen Emotionen zwischen den beiden Messzeitpunkten in Abhängigkeit vom Integrationsstatus unterscheiden. Die Mittelwerte zeigen, dass die Angaben zu selbstbezogenen negativen Emotionen zwischen der Einschluss- und Ausschlussbedingung sowie zwischen den Messzeitpunkten sich signifikant voneinander unterscheiden. In Abbildung 19 wird ersichtlich, dass die Angaben zu selbstbezogenen negativen Emotionen in der Ausschlussbedingung nach dem Spiel am höchsten waren (Mw=6,9, SEM=0.51).

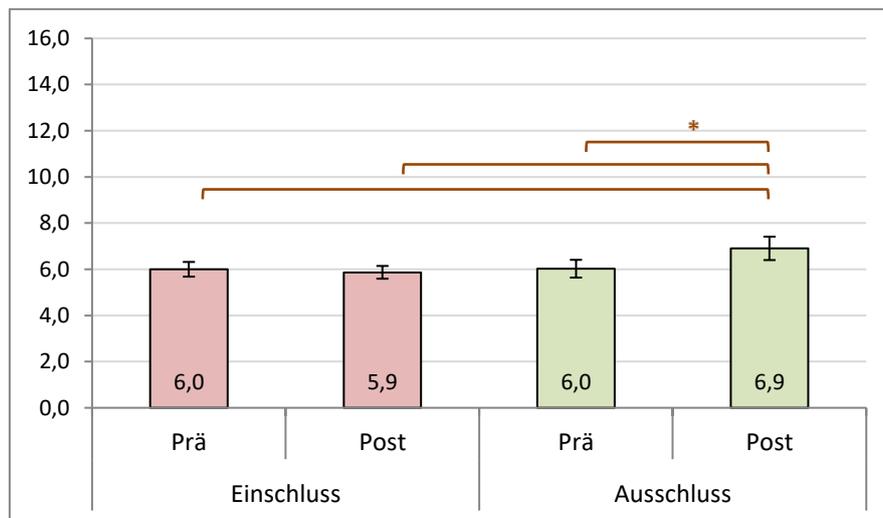


Abbildung 19: Mittelwerte (SEM) der Skala zu selbstbezogenen negativen Emotionen. Die Interaktion der Faktoren *Integrationsstatus* Messzeitpunkt* ist signifikant ($p<.05$)

Das Ergebnis impliziert, dass der partielle soziale Ausschluss zu einem Anstieg an selbstbezogenen negativen Emotionen, unabhängig von der Stimulationsform, geführt hat und steht damit im Einklang mit vorherigen Studienergebnissen (Jobst et al., 2014).

iii. Skala fremdbezogene negative Emotionen

Die Shapiro-Wilk Statistik des Tests auf Normalverteilung zeigt hochsignifikante Ergebnisse für alle vier Gruppen, Einschluss_prä, $D(41)=0,38, p=.001$; Einschluss_post, $D(41)=0,50, p=.001$; Ausschluss_Prä, $D(41)=0,40, p=.001$ und Ausschluss_post, $D(41)=0,42, p=0,001$. Die Sphärität kann für alle Haupteffekte angenommen werden. Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ($p > .05$). In der mixed ANOVA ergaben sich keine signifikanten Haupteffekte für den Integrationsstatus, $F(1,38)=2,03, p=.65$ und die Stimulation, $F(1,38)=0,41, p=.52$. Der Haupteffekt des Messzeitpunktes war marginal signifikant, $F(1,38)=3,55, p=.07$. Die mittlere Effektstärke von $\eta^2=.08$ deutet darauf hin, dass der Unterschied zwischen Prä- und Postbefragung zwar deutlich ist, jedoch nicht statistisch signifikant. Die Mittelwerte zeigen, dass die

4 Ergebnisse

Postwerte etwas höher sind ($Mw_{\text{Einschluss}}=3,5$, $SE=0,20$; $Mw_{\text{Ausschluss}}=3,4$, $SE=0,23$) als die Präwerte ($Mw_{\text{Einschluss}}=3,4$, $SE=0,18$, $Mw_{\text{Ausschluss}}=3,1$, $SE=0,06$) (siehe Abbildung 20). Die Interaktion zwischen *Integrationsstatus***Messzeitpunkt* ist nicht signifikant, $F(1,38)=0,72$, $p=.40$ und bedeutet, dass die Angaben zu fremdbezogenen negativen Emotionen nicht signifikant unterschiedlich zwischen der Prä- und Postmessung je nach Integrationsstatus waren.

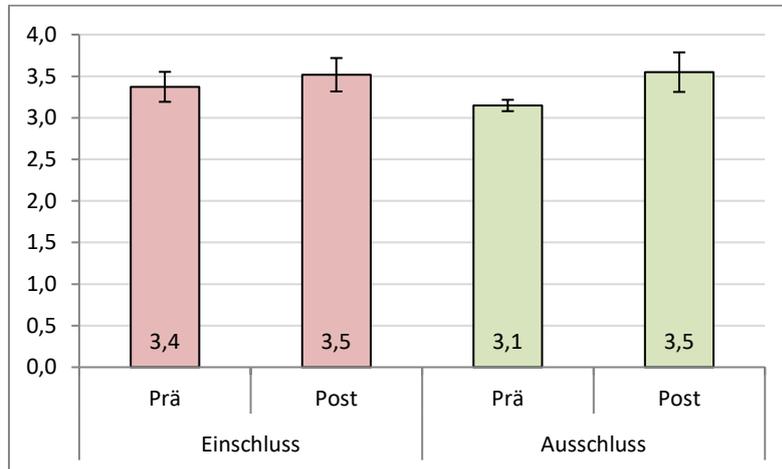


Abbildung 20: Mittelwerte (SEM) der Skala zu fremdbezogenen negativen Emotionen. Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede.

Die Prüfung der Annahme, dass sozialer Ausschluss zu mehr negativen Emotionen führt, kann für die selbstbezogenen negativen Emotionen bestätigt werden. Für das Ausmaß an fremdbezogenen negativen Emotionen ergeben sich für die Ausschluss- aber auch für die Einschlussbedingung höhere Werte zur Postmessung. Für die positiven Emotionen wurde keine signifikante Interaktion zwischen *Messzeitpunkt***Integrationsstatus* festgestellt.

4.2.3 Veränderung des inneren Anspannungslevel (*Assesment of inner tension*)

Die Analyse der Daten ergab für den Shapiro-Wilk Test eine Verletzung der Normalverteilungsannahme für alle vier Gruppen, Einschluss_Prä, $D(36)=0,82$, $p=0,001$; Einschluss_Post, $D(36)=0,71$, $p=0,001$; Ausschluss_Prä, $D(36)=0,80$, $p=0,001$; Ausschluss_Post, $D(36)=0,71$, $p=0,001$. Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ($p > .05$). Die Sphärität ist für alle Haupteffekte gültig. Die mixed ANOVA, mit den Zwischen-Gruppen-Faktoren Integrationsstatus (Einschluss vs. Ausschluss) und dem Innersubjektfaktor Messzeitpunkt (Prä vs. Post) sowie dem Zwischensubjekt-Faktor Stimulation zeigt einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Messzeitpunkt (prä vs. post), $F(1,34)=5,12$, $p=.03$. Die Effektstärke von $\eta^2=0,1$ ist groß. Die Mittelwerte zeigen für die Postmessung geringere Werte ($Mw=12,5$, $SEM=2,6$) als in der Prämessung ($Mw=17,3$,

SEM=3,1) an. Für die weiteren Haupteffekte der Stimulation, $F(1,34)=1,07$, $p=.30$ und des Integrationsstatus, $F(1,34)=0,77$, $p=.38$ resultieren keine signifikanten Ergebnisse. Abbildung 21 zeigt die prozentualen Angaben zum erlebten inneren Anspannungslevel für beide Messzeitpunkte über alle vier Bedingungen.

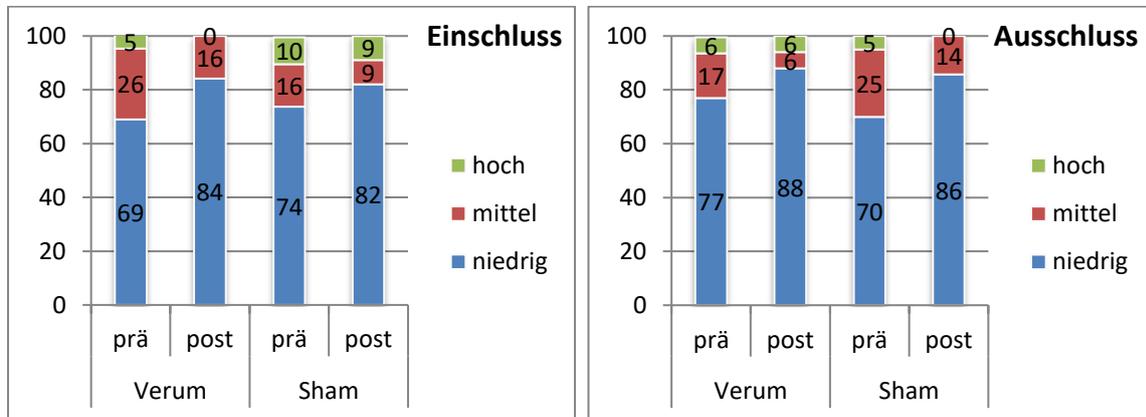


Abbildung 21: Ausmaß an erlebter innerer Anspannung (in%)

Die Verteilungen zeigen, dass mehrheitlich ein niedriges Anspannungslevel für beide Messzeitpunkte in beiden Stimulationsgruppen und bei beiden Integrationsvarianten angegeben wurde. In der Ausschluss- als auch in der Einschlussvariante sowie für die Stimulationsbedingungen nimmt der Anteil an niedrigem Anspannungslevel von der Prä- zur Postmessung zu und gleichermaßen der Anteil an mittlerem Anspannungslevel ab. Dieses Resultat impliziert, dass es zu einem Zuwachs an Entspannung nach dem Spiel kommt. Es kann vermutet werden, dass die Entspannung durch den relativ reizarmen Untersuchungskontext, wie ein ruhiger, abgedunkelter Raum gefördert wurde. In der Einschlussvariante verschwindet in der verum-Gruppe der Anteil an hohem Anspannungslevel von 5% (prä) auf 0% (post); in der sham-Bedingung bleibt er annähernd gleich (von 10% auf 9%). In der Ausschlussvariante bleibt der Anteil an Hochspannung in der verum-Gruppe gleich (6%=> 6%); in der sham-Gruppe reduziert er sich von der Prä- zur Postmessung von 5% auf 0%. Dieses Ergebnis steht daher der Erwartung eines reduzierteren Stresslevels in der verum-Gruppe im Vergleich zur sham-Gruppe entgegen. Da der Effekt der Stimulation jedoch nicht signifikant war, kann dies als Zufall interpretiert werden.

4.3 Prüfung der Forschungshypothesen

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Hauptforschungshypothesen dieser Arbeit überprüft. Dabei wird im ersten Schritt der Frage nachgegangen, inwieweit sich Unterschiede im Spielverhalten über den Verlauf von 10 Minuten zwischen den beiden Stimulationsgruppen ergeben. Das Hauptforschungsinteresse gilt dabei dem beobachtbaren Spielverhalten in der Experimentalbedingung: partieller sozialer Ausschluss. Die Daten werden hinsichtlich eines

differierenden Verhaltens gegenüber den beiden Mitspielern analysiert, die als einschließende Person, *Includer* und als ausschließende Personen, *Excluder* definiert werden. Mögliche Unterschiede im Verhalten sollen unter dem Gesichtspunkt der Stimulation des rVLPFK und ihres möglichen Einflusses auf die das Verhalten in Echtzeit diskutiert werden. Im zweiten Schritt soll überprüft werden, ob die Stimulation einen Effekt auf die Bedürfnisbedrohung hat, in dem Sinne, dass die verum-Stimulation eine lindernde Wirkung auf das Ausmaß erlebter Bedrohung ausübt.

4.3.1 Hypothese 1) zum Effekt der Stimulation auf das Spielverhalten während des Cyberballspiels

Zur Berechnung möglicher Unterschiede im Spielverhalten in Abhängigkeit von der erhaltenden Stimulation (verum vs. sham) wurde eine Mixed ANOVA angewendet, bei der die Baseline und die 10 Messzeitpunkte als Messwiederholungsfaktoren definiert wurden. Als Zwischensubjektfaktor diente die Stimulation. Um zu gewährleisten, dass extremes Spielverhalten aus Gründen mangelnder Motivation oder Ernsthaftigkeit berücksichtigt wird, wurden alle Versuchsteilnehmer entfernt und aus der Analyse ausgeschlossen, bei denen mehr als die Hälfte der Zeit nach Baseline ($x \geq 5$ Minuten) ausschließlich eine Person (z.B. nur *Includer* oder *Excluder*) angespielt wurde. In der Ausschlussvariante haben 3 Personen dieses Ausschlusskriterium erreicht, sodass die Analyse mit 37 Versuchsteilnehmern weitergeführt werden konnte. In der Kontroll- bzw. Einschlussbedingung erfüllte kein Proband das Ausschlusskriterium.

i. Partieller sozialer Ausschluss

Die mixed ANOVA ergab eine Verletzung der Sphärität im Mauchley-Test, $\chi^2(54)=85,03, p=.01$, sodass die Multivariaten Test mit der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($\epsilon=.68$) berichtet werden. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ($p \geq .05$). Für die Haupteffekten ergaben sich keine Signifikanzen für den Innersubjektfaktor des Messzeitpunktes, $F(6,8, 239,9)=0,64, p=.71$ und des Zwischensubjektfaktors der Stimulation, $F(1,35)=1,12, p=.29$. Für die Interaktion zwischen *Messzeitpunkt*Stimulation* ergab sich kein signifikantes Ergebnis, $F(6,8, 239,9)=0,49, p=.49$. Die paarweisen Vergleiche der zehn Messzeitpunkte zueinander zeigen keine signifikanten Unterschiede ($p > .05$). Die Resultate implizieren, dass sich die beiden Gruppen (verum vs. sham) in den Deltawerten über die einzelnen Messzeitpunkte nicht signifikant voneinander unterscheiden. Der Test auf Innersubjektkontraste zeigt einen signifikanten quadratischen Trend an ($p=.01$), der eine signifikante Veränderung des Spielverhaltens in beiden Gruppen in Form einer u-förmigen Kurve signalisiert. Das Verlaufsdiagramm (Abbildung 22) zeigt deutlich mehr Anspielkontakte während des Spiels gegenüber der ausschließenden Person.

4 Ergebnisse

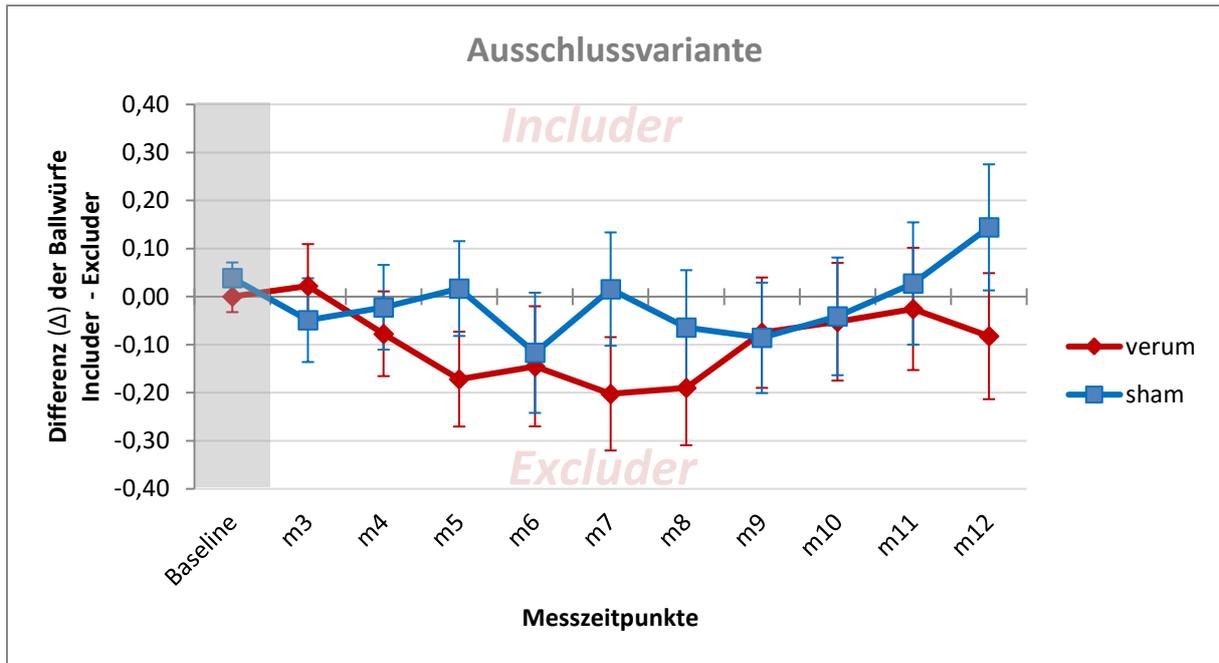


Abbildung 22: Spielverhalten beider Gruppen (verum vs. sham) über 12 Minuten Spielzeit. Angezeigt werden die Deltawerte der Mitspielerpräferenz. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine Präferenz zugunsten des Includers; negative Werte zugunsten des Excluders.

Eine deskriptive Analyse der Spielverläufe zeigt, dass die Deltawerte beider Gruppen während der Baseline-Phase sehr nah beieinander liegen, was darauf hindeutet, dass beide Mitspieler in einem ausgeglichenen Maß von den Probanden angespielt wurden. Die Personen mit verum-Stimulation spielen nach Beginn der partiellen sozialen Ausgrenzung zunächst den Includer vermehrt an, ändern aber von Minute 3 zu 4 ihre Präferenz in Richtung Excluder. Für die restliche Zeit des Spiels zeigen sie eine durchgehende Präferenz für den Excluder, mit der höchsten Anspielrate in Minute 7, $M_w = -0,20$ ($SEM = 0,1$), was einer Differenz von 20% zugunsten der ausschließenden Person entspricht. Das Spielverhalten der verum-Gruppe zeigt eine konstante Neigung den Excluder als Spielpartner zu bevorzugen, wenn auch nicht in einem statistisch bedeutsamen Ausmaß. Im Gegensatz dazu zeigen die Teilnehmer nach sham-Stimulation ein weniger kohärentes Spielverhalten. Gleich nach Einsetzen der partiellen Ausgrenzung spielen sie präferiert den Excluder an, erhöhen jedoch dann im Verlauf von Minute 3 zu Minute 5 die Anspielrate gegenüber dem Includer. In Minute 6 zeigen sie dann wiederum eine stärkere Präferenz für den Excluder und wechseln dann in Minute 7 wieder zum Includer, allerdings in einer verschwindend geringen Rate, um dann erneut für weitere drei Minuten den Excluder vermehrt anzuspielen. Ab Minute 10 wechselt dann erneut die Präferenz zum Includer mit der höchsten Anspielrate von $M_w = 0,14$ ($SEM = 0,1$), was einer Differenz von 14% zugunsten der einschließenden Person entspricht. Diese deutliche Änderung im Spielverhalten könnte in Richtung einer Resignation gegenüber dem fortwährenden Ostrazismus ausgelegt werden. Insgesamt kommt es

4 Ergebnisse

drei Mal zur Angleichung der Spielstrategie beider Gruppen zwischen Minute 3 zu 4 sowie in Minute 6 und 9.

Zur Überprüfung, inwieweit sich der Gesamtdeltawert beider Gruppen (verum vs. sham) voneinander unterscheidet, wurde eine weitere Analyse der Daten mittels t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Der K-S-Test auf Normalverteilung zeigte eine Normalverteilung der Daten beider Gruppen zum Zeitpunkt der Baseline und über den Spielverlauf, (Baseline, $D(37)=0,98$, $p=.97$; Spielverlauf, $D(37)=0,95$, $p=.95$). Varianzhomogenität ist gemäß Levene-Test gegeben ($p=.64$). Die Ergebnisse des t-Tests zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppendedtas an, $t(35)=-1,1$, $p=.28$, $d=0,35$. Im Durchschnitt zeigen die verum-Probanden einen etwas höheren Gesamtwert ($Mw_{\text{Delta}}=-0,09$, $SEM=0,05$) mit einer durchschnittlich ausgeprägten Präferenz für den Excluder als die Teilnehmer mit einer sham-Stimulation ($Mw_{\text{Delta}}=-0,003$, $SEM=0,05$). Der mittlere Gesamtdelta annähernd null spiegelt wider, dass die Teilnehmer mit der sham-Stimulation im Durchschnitt ein homogeneres Spielverhalten gegenüber beiden Mitspielern (Includer vs. Excluders) zeigten. Abbildung 23 stellt den Mittelwert aller Deltas beider Gruppen für den partiellen Ausschluss im Vergleich zur Baseline. Das Verhalten der verum-Gruppe kann als eine prosoziale Bewältigungsstrategie im Sinne der Wiederherstellung der sozialen Zugehörigkeit interpretiert werden kann.

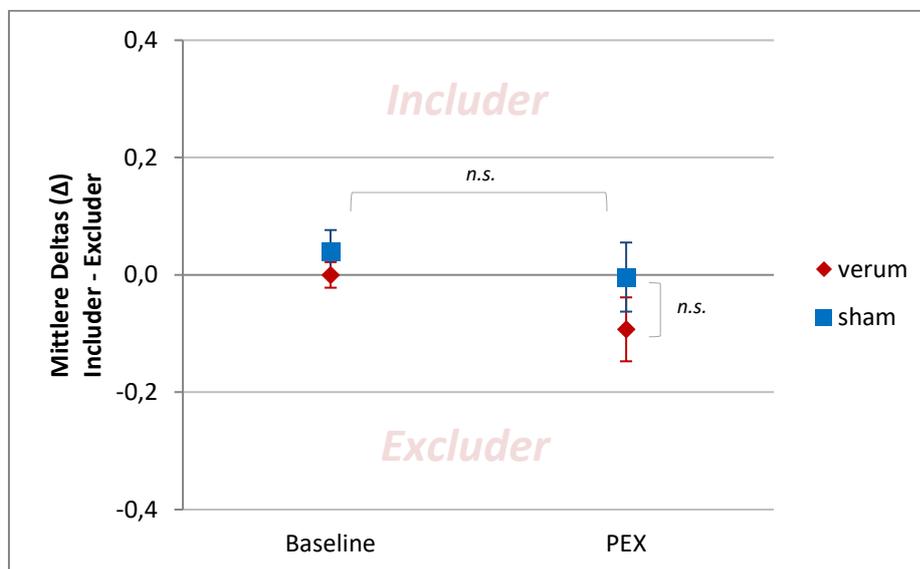


Abbildung 23: Spielverhalten gesamt für beide Stimulationsgruppen. PEX=partielle Exklusionsphase. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine überwiegende Präferenz für den Includer; negative Werte für den Excluder.

ii. Sozialer Einschluss

Die Analyse der mixed ANOVA ergab eine Verletzung der Sphäritätsannahme im Mauchley-Test, $\chi^2(54)=83,00$, $p=.007$, sodass die Multivariaten Test mit der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($\epsilon=.69$) berichtet werden. Die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß dem Levene-Test für alle Variablen erfüllt ($p \geq .05$). Der Haupteffekt des Messzeitpunktes ist nicht signifikant $F(6,9, 265,7)=1,06$, $p=.39$. Die paarweisen Vergleiche zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den 10 Messzeitpunkten ($p > .05$). Der Haupteffekt der Stimulation ist nicht signifikant, $F(1,38)=1,2$, $p=.28$, was darlegt, dass die Stimulation keinen Unterschied im Spielverhalten zwischen den Gruppen hervorgerufen hat. Die Interaktion *Messzeitpunkt*Stimulation* ist nicht signifikant, $F(6,9, 265,7) = 0,94$, $p=.49$ und bedeutet, dass sich das Spielverhalten über die Zeit zwischen den beiden Gruppen nicht unterscheidet. Im Test der Innersubjektkontraste ergibt sich für die Interaktion *Messzeitpunkt*Stimulation* kein signifikanter linearer ($p=.29$), quadratischer ($p=.35$) oder kubischer Trend ($p=.97$). Die Ergebnisse stehen im Einklang mit der Vorannahme, dass sich keine bedeutsamen Unterschiede im Spielverhalten über die Zeit und in Abhängigkeit von der Stimulationsform ergeben. Das Spielverhalten beider Gruppen ist in Abbildung 24 dargestellt.

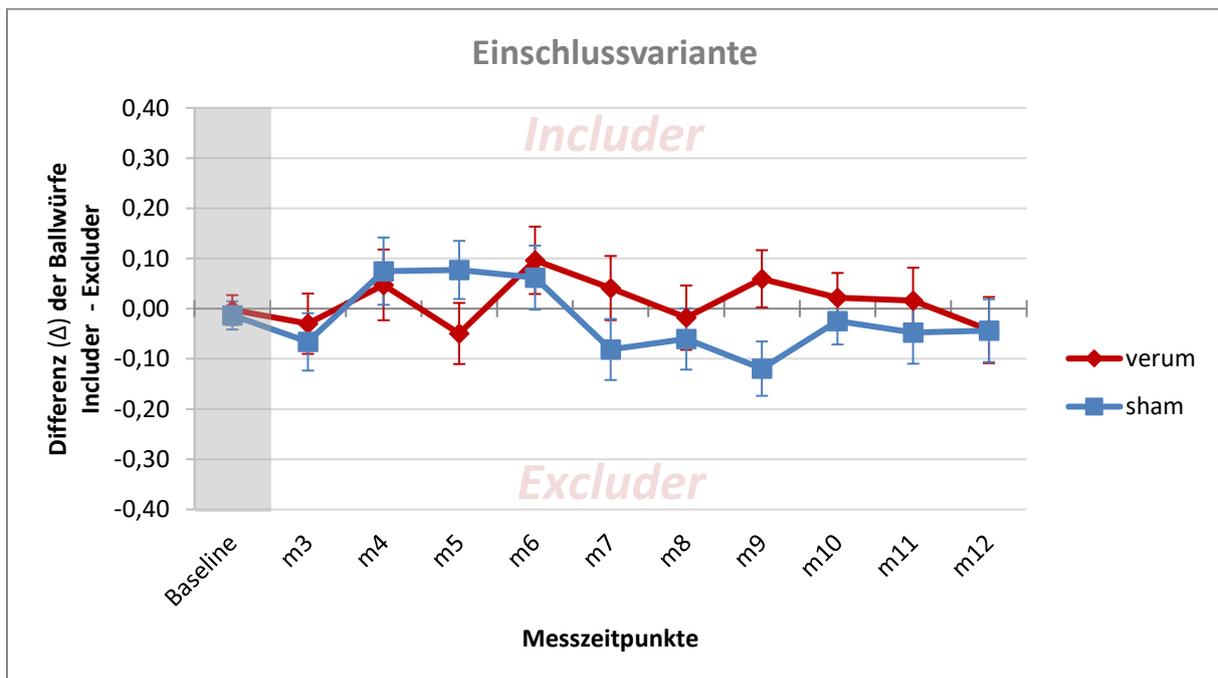


Abbildung 24: Spielverhalten beider Gruppen (verum vs. sham) über 12 Minuten Spielzeit. Angezeigt werden die Deltawerte der Mitspielerpräferenz. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine Präferenz zugunsten des Includers; negative Werte zugunsten des Excluders.

Das Liniendiagramm zeigt den erwarteten oszillierenden Verlauf im Spielverhalten zum Includer und Excluder für beide Gruppen mit sehr geringen Differenzen. In Minute 9 zeigt sich der größte Unterschied im Spielverhalten mit einer Präferenz für den Includer in der Verum-Gruppe ($Mw=0,06$,

4 Ergebnisse

SEM=0,05) und einer Präferenz für den Excluder in der sham-Gruppe (Mw= -0,12, SEM=0,05). Die Differenz beträgt $\Delta=0,18$, was einem prozentualen Unterschied von 18% entspricht. Es ergeben sich in Minute 6 und 12 Angleichungen in den Spielstrategien. Die Deltawerte der einzelnen Minuten zeigen nur geringe und zudem statistisch nicht signifikante Unterschiede, sodass für beide Gruppen ein homogenes, den Erwartungen entsprechendes Spielverhalten angenommen werden kann.

Um die Gruppenmittelwerte der Deltas beider Gruppen miteinander zu vergleichen wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben angewendet. Der K-S-Test auf Normalverteilung zeigte eine Normalverteilung der Daten beider Gruppen zum Zeitpunkt der Baseline ($D(40)=0,96, p=.97$) und über den Spielverlauf ($D(40)=0,98, p=.97$). Der Levene-Test ist nicht signifikant ($p=.89$), die Varianzen sind homogen. Im t-Test ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gesamtdeltas der beiden Gruppen, $t(38)=0,96, p=.33, d=-.02$. In Abbildung 25 sind die Mittelwerte aller Deltas beider Gruppen dargestellt, die beide annähernd Null sind: $Mw_{\text{verum}}=0,01$ (SEM=0,02); $Mw_{\text{sham}}=-0,007$ (SEM=0,03). Dieses Ergebnis zeigt, dass die Teilnehmer durchschnittlich sehr ausgewogen beide Mitspieler angespielt haben. Die Differenz von 0,03 bei einem 95%-igen Konfidenzintervall [-0,03, 0,10] ist nicht signifikant, $p=.33$.

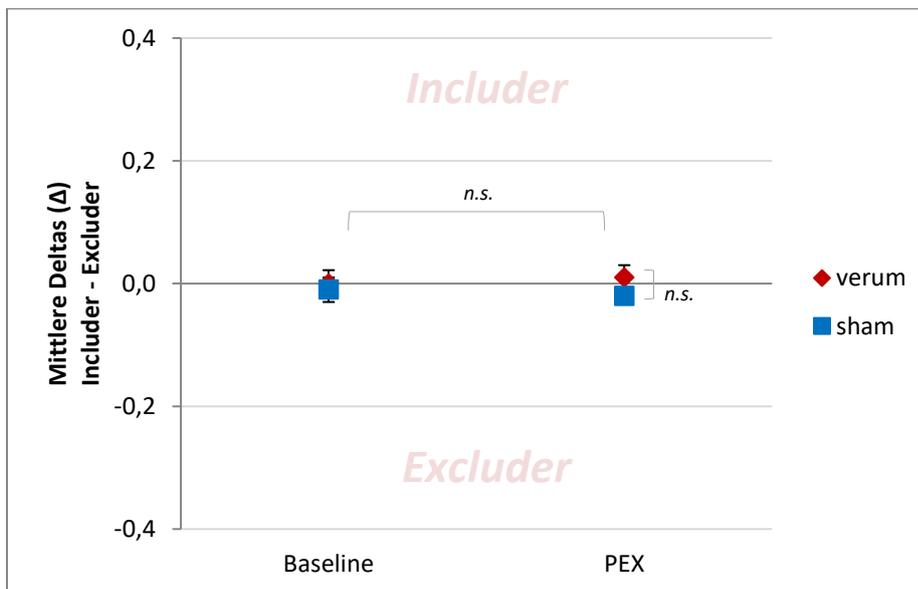


Abbildung 25: Spielverhalten gesamt für beide Stimulationsgruppen. PEX=partielle Exklusionsphase. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine überwiegende Präferenz für den Includer; negative Werte für den Excluder

Zusammengefasst ergeben sich für die Experimentalbedingung entgegen der Erwartungen keine statistisch bedeutsamen Unterschiede im Spielverhalten der verum-Gruppe im Vergleich zur sham-Gruppe. Lediglich auf deskriptiver Ebene lassen sich einige Unterschiede mit einer ausgeprägteren prosozialen Spielstrategie für die Gruppe mit der verum-Stimulation erkennen. Vor diesem

Hintergrund kann die Forschungshypothese, dass eine verum-tDCS über dem rVLPFK zu einem signifikant veränderten Spielverhalten in der sozialen Ausschlussbedingungen im Vergleich zur sham-Stimulation führt, nicht bestätigt werden. Basierend darauf soll im weiteren Verlauf untersucht werden, inwieweit sich das Spielverhalten innerhalb der Gruppen zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante unterscheidet.

iii. Verum-Gruppe

Die Ergebnisse der mixed ANOVA zeigen für den Mauchly-Test eine Verletzung der Sphärität für den Faktor Messzeitpunkte, $\chi^2(54) = 73,62$, $p = .05$, sodass die Multivariaten Test mit der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($\epsilon = .56$) berichtet werden. Die Analyse der Daten ergab einen statistische Trend, $F(5,6, 105,5) = 3,85$, $p = .06$, dass Unterschiede im Spielverhalten zwischen beiden Integrationsbedingungen (Einschluss vs. Ausschluss) bestehen. Die Effektstärke ist hoch, $\eta^2 = .18$, sodass der Unterscheid im allgemeinen Wertenniveau zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante als sehr deutlich erachtet werden kann. In Minute 6 und 7 zeigt sich eine deutliche Divergenz zwischen den Linienpunkten. Zur Überprüfung der Unterschiede in den Ballwurfhäufigkeiten zwischen der Einschluss- und Ausschlussbedingung wurde ein t-Test für verbundene Stichproben mittels Bootstrap berechneten Standardfehlern (1000 Ziehungen) berechnet. Die Prüfung der Daten auf Normalverteilung zeigte in der Shapiro-Wilk-Statistik ein signifikantes Ergebnis für die Einschlussbedingung in Minute 6, $D(18) = 0,88$, $p = .03$. Die übrigen Daten zeigen eine Normalverteilung auf: Ausschluss, Minute 6, $D(18) = 0,97$, $p = .55$ und Minute 7, $D(18) = 0,95$, $p = .46$; Einschluss, Minute 7, $D(18) = 0,94$, $p = .34$. Das Ergebnis des t-Tests zeigte für Minute 6, dass die Differenz von -0,22 bei einem 95%igen Konfidenzintervall $[-.51, .04]$ nicht signifikant ist, $t(17) = -1,51$, $p = .15$, $d = 0,5$. Für Minute 7 ist die Differenz von -0,23 bei einem 95%igen Konfidenzintervall $[-.46, -.03]$ nicht signifikant, $t(17) = -1,90$, $p = .87$, $d = 0,5$. Es zeigen sich zwar mittlere Effektstärken, allerdings unterscheiden sich die Deltamittelwerte statistisch nicht signifikant. Zudem zeigt sich, dass die Interaktion zwischen *Integrationsstatus***Messzeitpunkte* nicht signifikant war, $F(5,6, 105,5) = 0,603$, $p = .81$. Die Resultate zeigen, dass das Spielverhalten der Probanden mit verum-tDCS zwischen Kontroll- und Experimentalbedingung über die 10 Messzeitpunkte Unterschiede aufweist, die jedoch nicht signifikant werden (Abbildung 26).

4 Ergebnisse

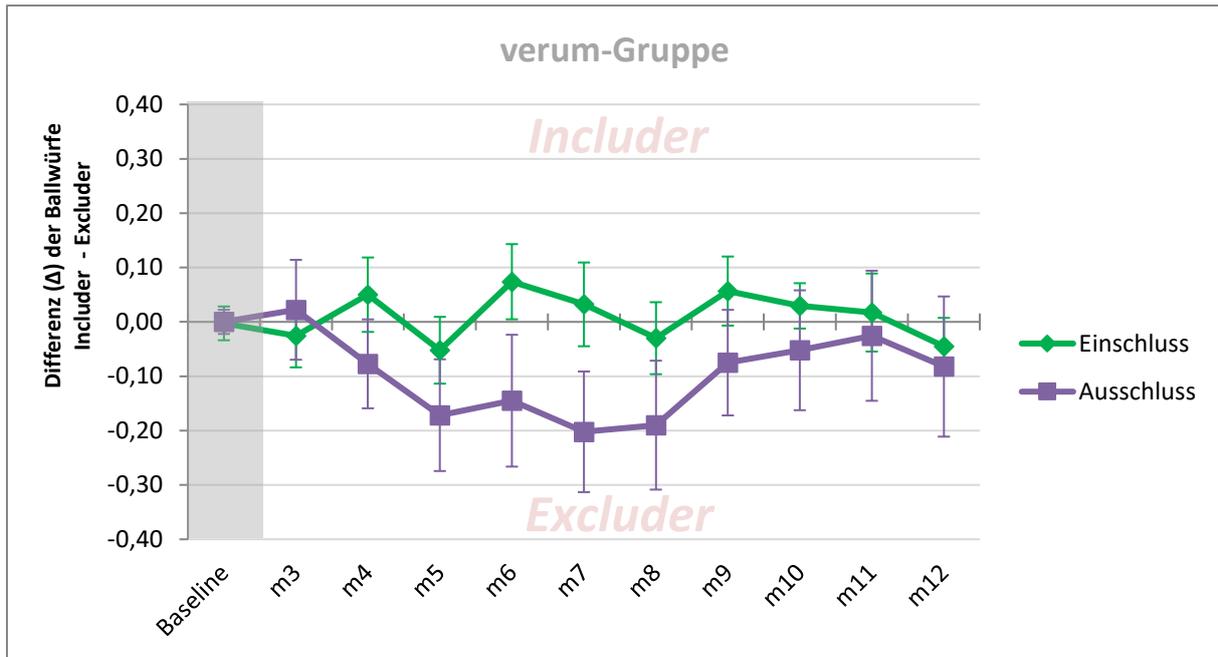


Abbildung 26: Spielverhalten in der verum-Gruppe in beiden Integrationsvarianten. Angezeigt werden die Deltawerte der Mitspielerpräferenz. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine Präferenz zugunsten des Includers; negative Werte zugunsten des Excluders.

Das Diagramm zeigt divergent verlaufende Linien zwischen Einschluss- und Ausschlussbedingung. Es wird deutlich, dass während der Ausschlussbedingung der Excluder überwiegend präferiert wurde (Minuten 4 bis 12), mit einer maximalen Anspielrate in Minute 7 ($M_w = -0,20$, $SEM = 0,1$, entspricht einer 20%igen Differenz zugunsten des Excluders). Insgesamt ergibt sich nur zu Anfang zwischen Minute 3 zu 4 eine Überschneidung in der Spielstrategie, was ein ähnliches Spielverhalten repräsentiert. In der Einschlussbedingung schneidet die Linien insgesamt 6-mal die Nulllinie, was erwartungsgemäß keine konstante Präferenz für einen der beiden Mitspieler signalisiert.

Zum Vergleich des Gesamtmittelwertes aller Deltas beider Integrationsbedingungen wurde ein t-Test für verbundene Stichproben mit Bootstrap berechneten Standardfehlern (1000 Ziehungen) gerechnet. Zuvor wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. In der Shapiro-Wilk-Statistik ergab sich eine Verletzung der Normalverteilungsannahme für die Einschlussbedingung: $D(18) = 0,87$, $p = .02$. Die Daten der Ausschlussbedingung sind normalverteilt: $D(18) = 0,92$, $p = .14$. Die mittleren Deltas beider Integrationsbedingungen unterschieden sich nicht signifikant voneinander, $t(17) = 1,75$, $p = .98$, $d = -.05$. $M_w_{\text{Einschluss}} = 0,01$, $SD = 0,02$; $M_w_{\text{Ausschluss}} = -0,09$, $SD = 0,05$. Die Differenz von 0,1 bei einem 95%-igen Konfidenzintervall $[-0,00, 0,21]$, ist nicht signifikant, $p = .12$. Abbildung 27 zeigt die Gesamtmittelwerte der Deltas.

4 Ergebnisse

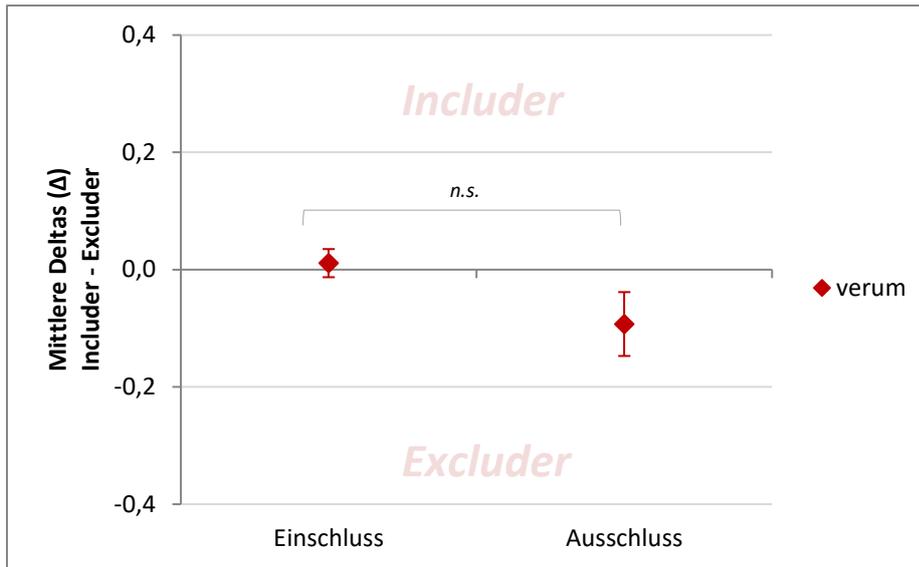


Abbildung 27: Vergleich zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante in der verum-Gruppe. Angezeigt werden die Deltawerte der Mitspielerpräferenz. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine Präferenz zugunsten des Includers; negative Werte zugunsten des Excluders.

iv. Sham-Gruppe

Die Resultate der mixed ANOVA zeigen eine Verletzung der Sphärität im Mauchly-Test, $\chi^2(54)=83,00$, $p=.05$, sodass die Multivariaten Test mit der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($\epsilon=.58$) berichtet werden. Die Haupteffekte der Messzeitpunkte, $F(5,7, 107,15)=0,89$, $p=.54$, des Integrationsstatus, $F(5,7, 107,15)=0,001$, $p=.97$ sowie die Interaktion *Messzeitpunkte * Integrationsstatus* sind nicht signifikant, $F(5,7, 107,15)=0,75$, $p=.67$. Die Tests der Innersubjektkontraste zeigen einen signifikanten kubischen Trend an ($p=.04$), der impliziert, dass das Spielverhalten der sham-Gruppe im Verlauf mehrere Richtungsänderungen aufweist (siehe Abbildung 28).

4 Ergebnisse

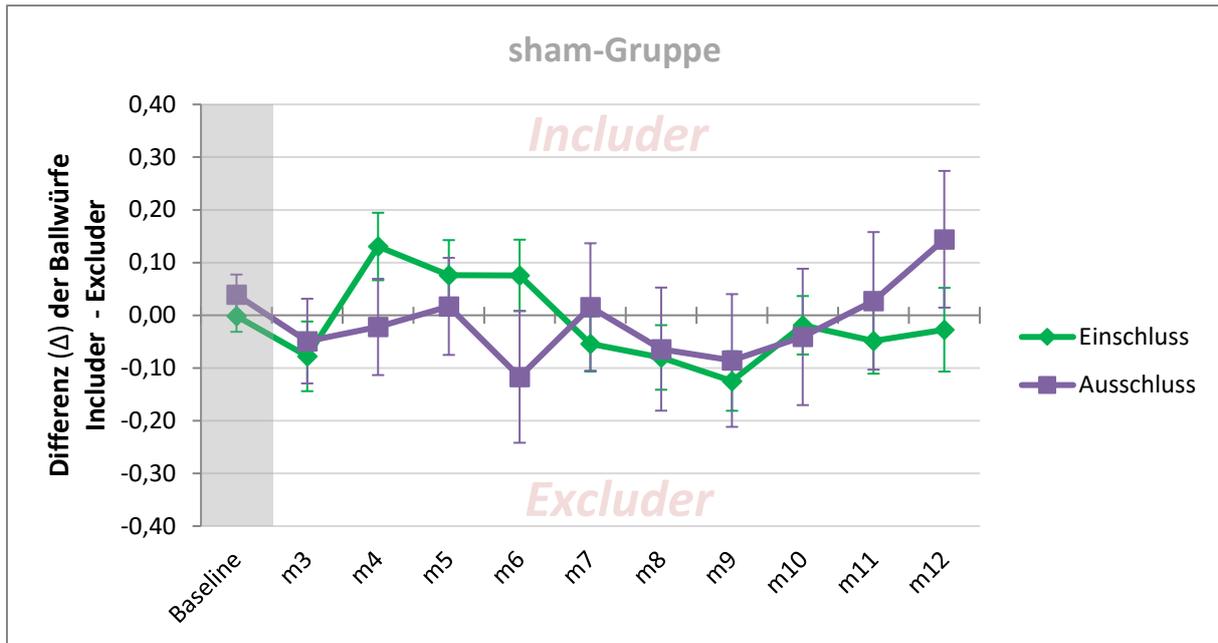


Abbildung 28: Spielverhalten in der sham-Gruppe für beide Integrationsvarianten. Angezeigt werden die Deltawerte der Mitspielerpräferenz. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine Präferenz zugunsten des Includers; negative Werte zugunsten des Excluders.

Das Liniendiagramm illustriert einen annähernd kongruenten Verlauf des Spielverhaltens in beiden Integrationsbedingungen. Die größten Differenzen sind in Minute 4 ($Mw_{\text{Einschluss}}=0,13$, $SEM=0,06$; $Mw_{\text{Ausschluss}}=-0,02$, $SEM=0,1$, was einer Differenz von 15%), Minute 6 ($Mw_{\text{Einschluss}}=0,07$, $SEM=0,06$; $Mw_{\text{Ausschluss}}=-0,11$, $SEM=0,1$, $\Delta=0,18$, ca. 18%) und in Minute 12 ($Mw_{\text{Einschluss}}=-0,03$, $SEM=0,08$; $Mw_{\text{Ausschluss}}=0,14$, $SEM=0,13$, $\Delta=0,17$, ca. 17%). In der Ausschlussbedingung zeigt sich nach Einsetzen der sozialen Ausgrenzung bis zu Minute 9 eine alternierend verlaufende Linie. Ab Minute 9 steigt die Linie stetig vom Bereich des Excluders in den des Includers, mit einer maximalen Anspielrate von 0,14 (14%) zum Includer in Minute 12. In der Einschlussbedingung zeichnet sich auch ein wechselhafter Verlauf ab, jedoch mit annähernd gleichen Präferenzen. In der ersten Minute wird der Excluder bevorzugt, dann ändert sich die Präferenz hin zum Includer, verbleibt dort bis Minute 6, wechselt dann erneut zum Excluder und bewegt sich in Minute 10 approximativ zur Nulllinie, was ein ausgewogenes Spielverhältnis zu beiden Mitspielern widerspiegelt. Danach sinkt die Linie erneut etwas ab. Zwischen Minute 6 und 7 sowie zwischen 9 und 10 kommt es zu einer Überschneidung der beiden Linien, was auf eine Angleichung der Spielstrategie hindeutet.

Zum Vergleich des Gesamtmittelwertes aller Deltas beider Integrationsbedingungen wurde ein t-Test gerechnet. Unter Annahme der Normalverteilung (K-S-Test, $D(19)=0,98$, $p=.97_{\text{Einschluss}}$; $D(19)=0,96$, $p=.95_{\text{Ausschluss}}$) zeigte der Vergleich beider mittleren Deltas kein signifikantes Ergebnis an, $t(18)=p=.84$, $d=.05$. Die mittleren Deltas beider Integrationsbedingungen unterschieden sich nicht signifikant

4 Ergebnisse

voneinander, $Mw_{\text{Einschluss}}=-0,01$, $SD=0,02$; $Mw_{\text{Ausschluss}}=-0,00$, $SD=0,05$ (Abbildung 29). Die Differenz von 0,1 bei einem 95%-igen Konfidenzintervall $[-0,10, 0,07]$, ist nicht signifikant, $p=.84$.

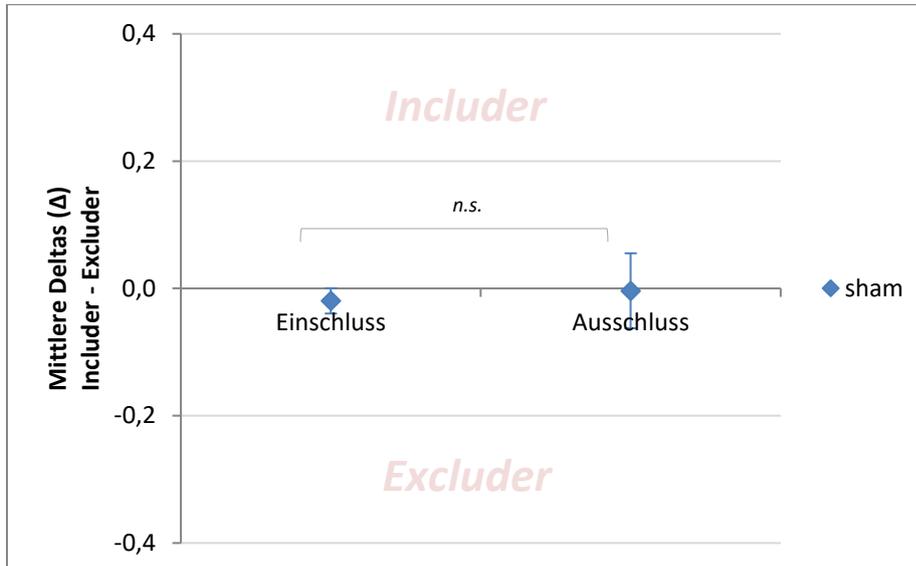


Abbildung 29: Vergleich zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante in der sham-Gruppe. Angezeigt werden die Deltawerte der Mitspielerpräferenz. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine Präferenz zugunsten des Includers; negative Werte.

v. Sozialer Einschluss vs. partieller sozialer Ausschluss

Unter der Berücksichtigung, dass der Effekt der Stimulation sich nicht signifikant auf das Spielverhalten in beiden Integrationsvarianten ausgewirkt hat, wird abschließend untersucht inwieweit sich das Spielverhalten in der Experimentalbedingung von der Kontrollbedingung unterschieden hat. Dafür wurde eine ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Als Innersubjektfaktoren wurden die elf Messzeitpunkte sowie die Integrationsbedingung eingegeben. Die Analyse zeigt im Mauchley-Test eine Verletzung der Spherizität für den Faktor Messzeitpunkt, $\chi^2(54)=78,05$, $p=.02$ und für die Interaktion *Messzeitpunkt*Integrationsstatus*, $\chi^2(54)=82,26$, $p=.001$, sodass die Multivariaten Test mit der Greenhouse-Geisser-Korrektur ($\epsilon=.69_{\text{Messzeitpunkt}}$, $\epsilon=.69_{\text{Messzeitpunkt*Integrationsstatus}}$) berichtet werden. Die Tests der Innersubjekteffekte zeigen keine signifikanten Haupteffekte für den Integrationsstatus, $F(10)=1,94$, $p=.17$, den Messzeitpunkt, $F(10)=0,64$, $p=.77$ sowie für die Interaktion *Messzeitpunkt*Integrationsstatus*, $F(10)=.99$, $p=.44$. Die Ergebnisse illustrieren, dass es keine bedeutsamen Unterschiede im Spielverhalten zwischen der Einschluss- und der Ausschlussvariante über den Spielverlauf gibt. Jedoch ergibt der Test der Innersubjektkontraste eine signifikante Interaktion zwischen Minute 3 zu 4 und dem Integrationsstatus, $F(1)=3,82$, $p=.05$. Der Effekt ist mit $\eta^2=.09$ im mittleren Bereich. Zudem wird in Minute 6 eine deutliche Divergenz zwischen den Linienpunkten ersichtlich. Zur Überprüfung der Unterschiede in den Ballwurfhäufigkeiten zwischen der Einschluss- und Ausschlussbedingung wurde ein t-Test für verbundene Stichproben mittels Bootstrap

4 Ergebnisse

berechneten Standardfehlern (1000 Ziehungen) berechnet. Die Prüfung der Daten auf Normalverteilung zeigte in der Shapiro-Wilk-Statistik signifikante Ergebnisse für die Einschlussbedingung in Minute 4, $D(37)=0,82$, $p=.001$ und Minute 6, $D(37)=0,93$, $p=.04$, an. In der Ausschlussbedingung ergab sich keine Verletzung der Normalverteilungsannahme, Minute 4, $D(37)=0,96$, $p=.31$, Minute 6, $D(37)=0,95$, $p=.17$. Für Minute 4 ist die Differenz von -0,14 bei einem 95%igen Konfidenzintervall [-.29, .002] marginal signifikant, $t(36)=-1,89$, $p=.06$. Der Effekt liegt mit $d=.04$ annähernd im mittleren Bereich. Für Minute 6 ist die Differenz von -0,21 bei einem 95%igen Konfidenzintervall [-.38, -.02] signifikant, $t(36)=-2,12$, $p=.04$. Der Effekt liegt mit $d=.05$ im mittleren Bereich. Dieses Teilergebnis steht im Einklang mit den Beobachtungen aus der Studie von Dewald-Kaufmann et al. (2017), die in den ersten 3 Minuten nach Einsetzen der sozialen Ausgrenzung einen signifikanten Unterschied im Spielverhalten zwischen sozialer Einschluss- und Ausschlussbedingung feststellen konnten. Abbildung 30 zeigt die Differenzen im Verhalten beider Spielbedingungen.

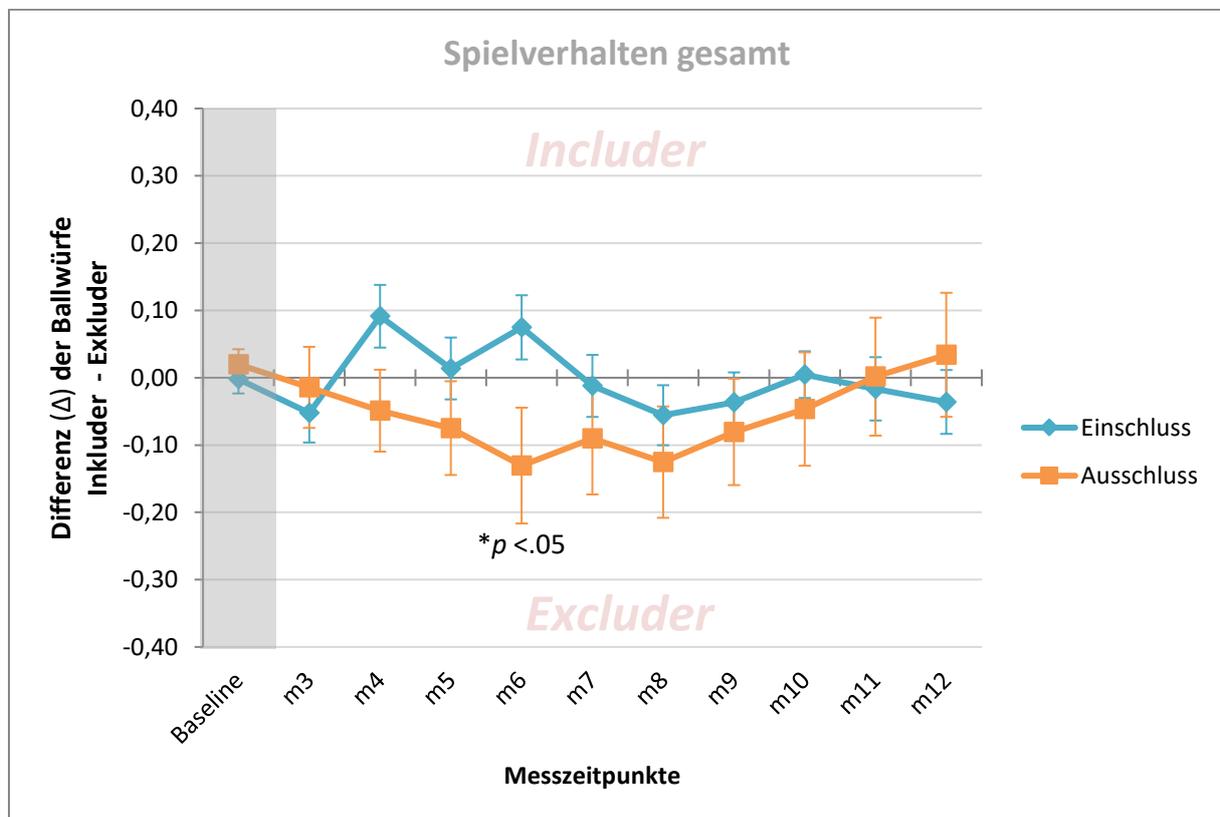


Abbildung 30: Spielverhalten gesamt in Kontroll- und Experimentalbedingung.

Es ist ersichtlich, dass von Minute 3 zu 4 das Spielverhalten divergent auseinandergeht. In der Einschlussbedingung wird der Includer vermehrt angespielt, während in der Ausschlussbedingung der Excluder weiterhin präferiert wird. Diese Präferenz bleibt auch über den Spielverlauf bis zu Minute 10 bestehen, was als Versuch der sozialen Integration durch prosoziales Verhalten gedeutet werden kann. In den letzten beiden Minuten 11 und 12 sind die Datenpunkte approximativ bei null, was darauf

4 Ergebnisse

hindeutet, dass sowohl Includer und Excluder gleichermaßen angespielt werden. Insgesamt zeigen die Probanden in der Einschlussvariante eine etwas weniger ausgeprägte Präferenz für den einen oder anderen Mitspieler, die höchste Anspielfferenz liegt in Minute 4 bei $MW=0,09$, zugunsten des Includers. In der Ausschlussvariante liegen die höchsten Anspielferzen in Minute 6 und 8 mit einer Differenz von jeweils 13% ($MW=0,13$) zugunsten des Excluders.

Zum Vergleich des Gesamtmittelwertes aller Deltas beider Integrationsbedingungen wurde ein t-Test für verbundene Stichproben mit Bootstrap (1000 Ziehungen) gerechnet. Zuvor wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. Im K-S-Test ergab sich eine Verletzung der Normalverteilungsannahme für die Ausschlussbedingung, $D(40)=0,94$, $p=.03$. Die Einschlussbedingung zeigte normalverteilte Daten, $D(40)=,96$ $p=.14$. Die Differenz von 0,064 bei einem 95%igen Konfidenzintervall $[-0,03, 0,15]$, ist nicht signifikant, $t(39)=1,65$, $p=.18$, $d=-.03$. Die mittleren Deltas beider Integrationsbedingungen unterschieden sich nicht signifikant voneinander, $Mw_{\text{Einschluss}}=-0,005$, $SD=0,02$; $Mw_{\text{Ausschluss}}=-0,069$, $SD=0,05$. Abbildung 31 zeigt die Gesamtmittelwerte der Deltas. Es wird ersichtlich, dass die Stichprobe insgesamt den Excluder sowohl in der Einschluss- als auch in der Ausschlussbedingung ein wenig mehr präferiert.

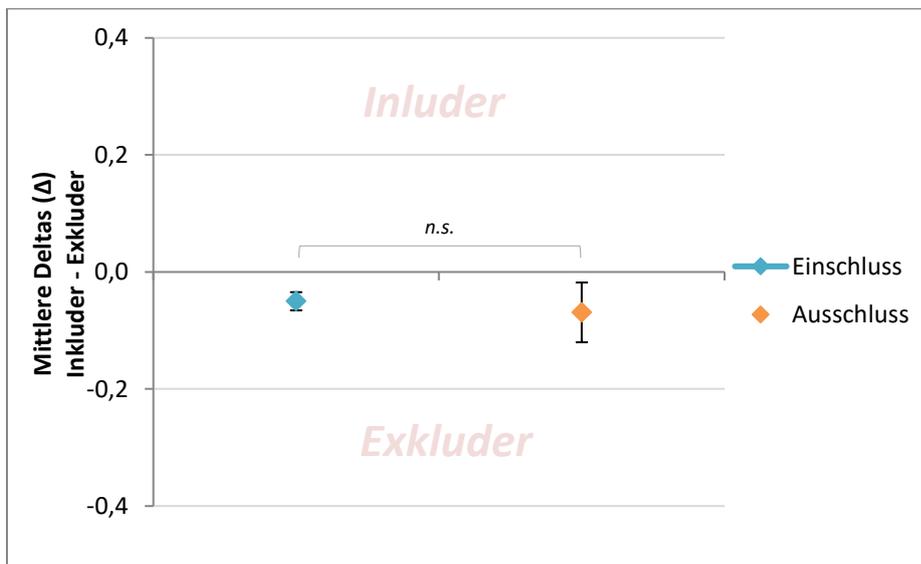


Abbildung 31: Vergleich des Spielverhaltens zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante. Angezeigt werden die Deltawerte der Mitspielerpräferenz. Positive Werte in der Y-Achse repräsentieren eine Präferenz zugunsten des Includers; negative Werte.

Zusammengefasst konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede im Spielverhalten zwischen der sham- und Verum-Gruppe festgestellt werden. Die hohe Effektstärke in der verum-Gruppe zeigt jedoch, dass es einen deutlichen Unterschied im Spielverhalten zwischen Ausschluss- und Einschlussbedingung gab, wenn auch statistisch nur marginal signifikant. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Analyse unzureichend statistisch trennscharf war, sodass bei einer

Erhöhung der Fallzahl die Effekte das Signifikanzniveau von 5 Prozent unterschritten werden könnte. Der Vergleich des Spielverhaltens aller Probanden zwischen Einschluss- und Ausschlussvariante konnte vorherige Studienergebnisse hinsichtlich einer signifikant unterschiedlichen Spielweise in der Ausschlussbedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung geringfügig bestätigen. Es ergab sich lediglich ein Effekt des Ostrazismus in Minute 3 und 6 beim Vergleich Einschluss- vs. Ausschlussvariante.

4.3.2 Hypothese 2a) zum Effekt der Stimulation auf die Bedürfnisbedrohung (Need-Threat-Model)

Zur Untersuchung der Frage, ob sich das Ausmaß der Bedrohung auf die vier fundamentalen Bedürfnisse nach Zugehörigkeit, Selbstwert, sozialer Bedeutung und sozialer Kontrolle in den beiden Varianten (Eingeschlossen vs. Ausgeschlossen) innerhalb der Personen und zwischen den Stimulationsgruppen unterscheidet, wurden mixed ANOVAs durchgeführt.

i. Zugehörigkeitsbedürfnis

Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt für die Einschlussbedingung ein signifikantes Ergebnis an, $p=.01$. Unter Annahme der Sphärität zeigen die Ergebnisse, dass der Haupteffekt des Integrationsstatus hochsignifikant ist, $F(1,38)=12,47$, $p=.001$. Das Ergebnis zeigt eine hohe Effektstärke, $\eta^2=0,24$. Das bedeutet, dass sich das Ausmaß der Bedürfnisbedrohung zwischen der Einschluss- und Ausschlussvariante bedeutsam voneinander unterscheidet. Der Haupteffekt der Stimulation zeigt auch ein signifikantes Ergebnis, $F(1,38)=6,53$, $p=.01$; $\eta^2=0,14$. Es haben sich Unterschiede im Zugehörigkeitsgefühl in Abhängigkeit von der Stimulationsform ergeben. Die Mittelwerte zeigen, dass sich die Probanden insgesamt mit der verum-tDCS mehr bedrohter gefühlt haben ($Mw=2,4$, $SEM=0,09$), als die Probanden mit der sham Stimulation ($Mw=2,1$, $SEM=0,09$), Abbildung 32.

4 Ergebnisse

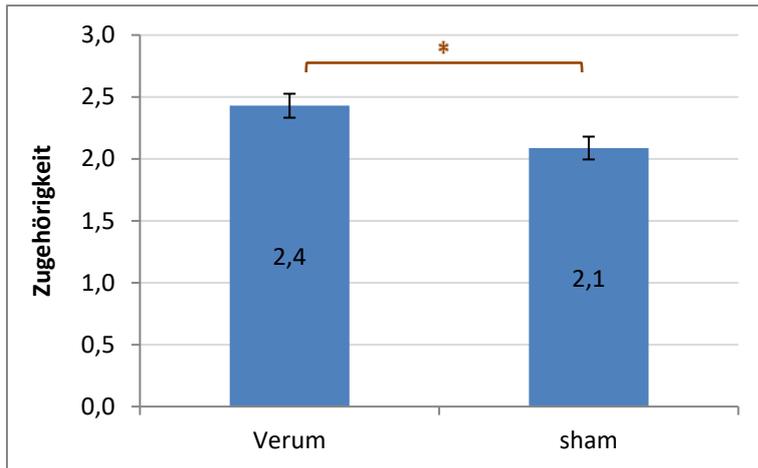


Abbildung 32: Mittelwerte und SEM beider Stimulationsgruppen. Der Effekt der Stimulation auf das Ausmaß der empfundenen Bedürfnisbedrohung nach Zugehörigkeit ist signifikant, ($*=p\leq.05$). Höhere Werte stehen für mehr Bedürfnisbedrohung.

Allerdings liefert die Hinzunahme des Faktors des Integrationsstatus keine signifikante Interaktion zwischen *Integrationsstatus*Stimulation*, $F(1,38)=0,07$, $p=.79$, $\eta^2=.002$, was darauf hindeutet, dass sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen der Einschluss- und der Ausschlussbedingung in Abhängigkeit von der Stimulation ergeben haben. Die Mittelwerte in Abbildung 33 signalisieren, dass sich die Probanden beider Gruppen in der Ausschlussvariante in ihrem Bedürfnis nach Zugehörigkeit mehr bedroht gefühlt haben ($Mw=2,7_{\text{verum}}$; $2,4_{\text{sham}}$) als in der Einschlussvariante ($Mw=2,1_{\text{verum}}$; $1,7_{\text{sham}}$). Jedoch zeigen die Personen der verum-Gruppe insgesamt höhere Werte sowohl für die Ausschluss- als auch für die Einschlussbedingung als die sham-Gruppe.

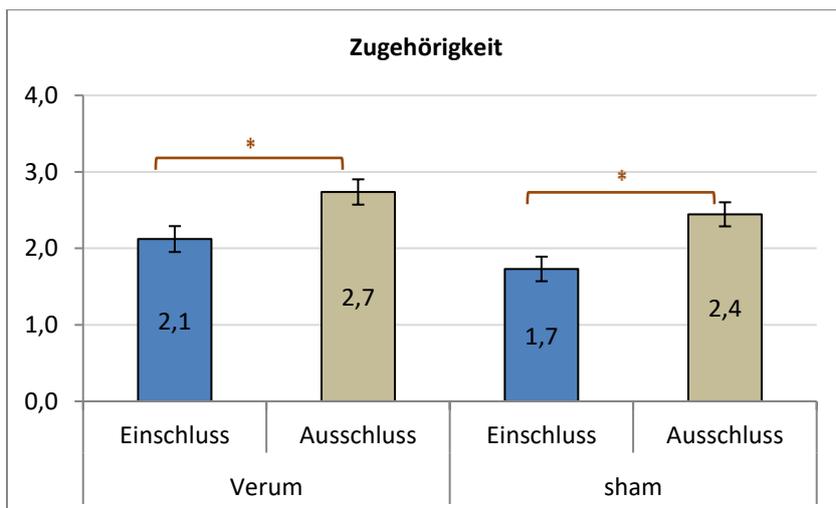


Abbildung 33: Mittelwerte und SEM der Zugehörigkeitsskala. Höhere Werte stehen für mehr Bedürfnisbedrohung.

ii. Bedürfnis nach Selbstwert

Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt kein signifikantes Ergebnis an, $p \geq .05$. Der Haupteffekt des Integrationsstatus ist bei angenommener Sphärität hochsignifikant, $F(1,38)=24,701$, $p=.001$, mit einer hohen Effektstärke, $\eta^2=0,34$. Der Haupteffekt der Stimulation, $F(1,38)=0,78$, $p=.38$ und die Interaktion *Integrationsstatus*Stimulation*, $F(1,38)=0,85$, $p=.36$, sind nicht signifikant. In beiden Gruppen fühlten sich die Probanden in der Ausschlussvariante in ihrem Bedürfnis nach Selbstwert mehr bedroht (Mw=3,2_{verum}; 2,9_{sham}) als in der Einschlussvariante (Mw=3,8_{verum}; 3,8_{sham}), Abbildung 34.

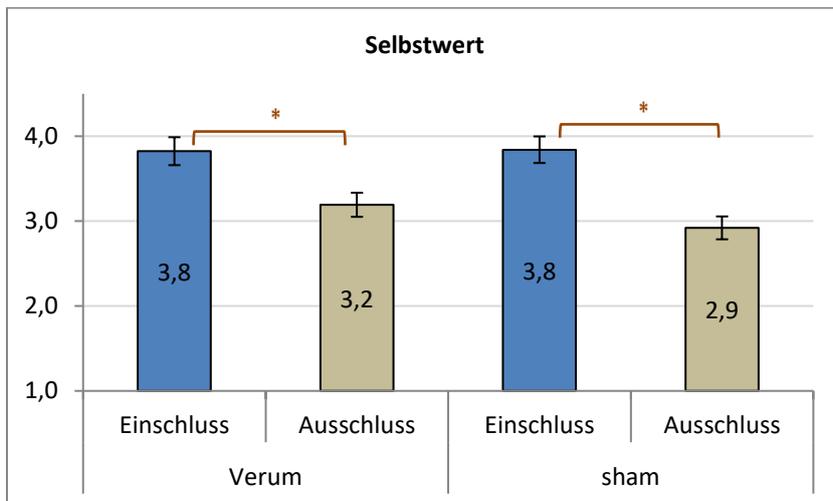


Abbildung 34: Mittelwerte und SEM der Selbstwertskala. Niedrige Werte stehen für mehr Bedürfnisbedrohung.

iii. Bedürfnis nach sozialer Bedeutung

Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen ist nicht signifikant, $p \geq .05$. Der Haupteffekt des Integrationsstatus wird angenommener Sphärität signifikant, $F(1,38)=3,81$, $p=.05$. Die Stärke des Effekts liegt im mittleren Bereich, $\eta^2=0,09$. Der Haupteffekt der Stimulation, $F(1,38)=2,56$, $p=.12$ und die Interaktion *Integrationsstatus*Stimulation* sind nicht signifikant, $F(1,38)=0,11$, $p=.74$. Die Mittelwerte (Abbildung 35) geben an, dass sich die Probanden beider Gruppen in der Ausschlussvariante in ihrem Bedürfnis nach sozialer Bedeutung mehr bedroht fühlten als in der Einschlussbedingung.

4 Ergebnisse

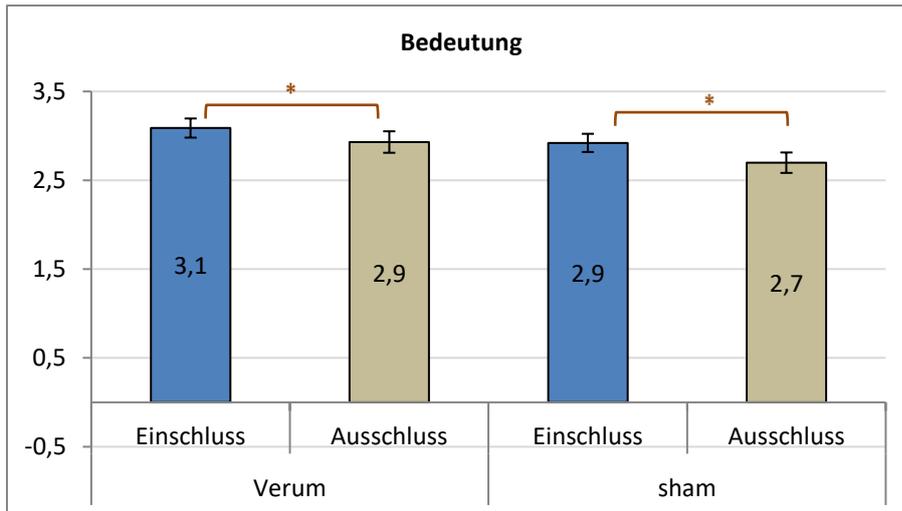


Abbildung 35: Mittelwerte und SEM der Skala für soziale Bedeutung. Niedrige Werte stehen für mehr Bedürfnisbedrohung.

iv. Bedürfnis nach sozialer Kontrolle

Der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen zeigt für die Einschlussbedingung ein signifikantes Ergebnis an, $p=.46$. Der Haupteffekt des Integrationsstatus ist bei angenommener Spherizität hochsignifikant, $F(1,38)=11,79$, $p=.001$, mit einer großen Effektstärke, $\eta^2=0,23$. Der Haupteffekt der Stimulation, $F(1,38)=0,07$, $p=.80$ und die Interaktion *Integrationsstatus*Stimulation*, $F(1,38)=0,27$, $p=.61$ waren nicht signifikant. Die Mittelwerte (Abbildung 36) illustrieren, dass die Probanden beider Gruppen sich in der Ausschlussvariante in ihrem Bedürfnis nach Kontrolle mehr bedroht fühlten als während der Einschlussvariante.

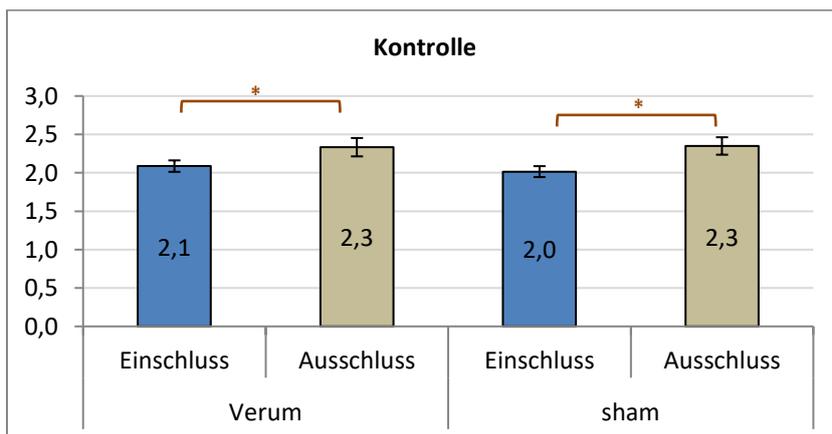


Abbildung 36: Mittelwerte und SEM der Skala für soziale Kontrolle. Höhere Werte stehen für mehr Bedürfnisbedrohung.

Die Ergebnisse stehen im Konsensus mit dem Need-Threat-Modell von Williams (2009). Es hat sich bestätigt, dass die Probanden sich in der Ausschlussvariante deutlich mehr bedroht in ihren Bedürfnissen fühlen als in der Einschlussvariante. Der Effekt der Stimulation konnte nur für das

Bedürfnis nach Zugehörigkeit nachgewiesen werden. Die erwartete signifikante Interaktion zwischen *Stimulation*Integrationsstatus* konnte für keine der vier Bedürfniskategorien nachgewiesen werden. Insgesamt liegen die Effektstärken des Ostrazismus auf die Bedürfnisbedrohung im hohen Bereich für Zugehörigkeit: $\eta^2=0,24$, für den Selbstwert: $\eta^2=0,39$, für soziale Kontrolle: $\eta^2=0,23$ und im mittleren Bereich für soziale Bedeutung mit $\eta^2=0,09$. Die Stärke der Effekte deckt sich dementsprechend mit den Resultaten vorheriger Studien zum Need-Threat-Modell (z.B. Zadro, Williams & Richardson, 2004, Hartgerink et al., 2015). Zusammengefasst konnte dargelegt werden, dass durch die Simulation des partiellen sozialen Ausschlusses eine klare Bedürfnisbedrohung evoziert wurde. Der Effekt der Stimulation konnte nicht einheitlich nachgewiesen werden.

4.3.3 Hypothese 2b) zum Effekt der Stimulation auf Stressreaktionen

Vor dem Hintergrund der Annahme, dass sozialer Ausschluss zu sozialem Stress führt, wurde die Pulsfrequenz als objektiver Stressindikator in das Experiment integriert. Die Cyberballtestung umfasste zwei separate Termine, bei denen die Teilnehmer jeweils zu Anfang auf mögliche Verhaltensweisen, wie die Einnahme von Betablockern, Zigaretten- und Kaffeekonsum und Sport, die die Pulsfrequenz beeinflussen können, befragt wurden. In Summe waren es bei 40 Teilnehmern 80 Termine.

Die Auswertung der Häufigkeiten ergab, dass einmal (1/80) an dem Termin mit der Ausschlussvariante vorher Betablocker eingenommen wurden. Des Weiteren einmal (1/80) vor dem Termin mit der Einschlussvariante eine Zigarette geraucht und einmal (1/80) vor dem Termin mit der Ausschlussvariante Kaffee getrunken zu haben. An 5 von 80 Terminen wurde die Frage, ob Sport vorher betrieben wurde, bejaht, wobei es sich meist um die Anfahrt mit dem Fahrrad handelte.

Zur weiteren Analyse, ob sich signifikante Unterschiede in der Pulsfrequenz innerhalb der Probanden (Einschluss vs. Ausschluss) in Abhängigkeit von der Stimulationsart ergeben, wurde eine mixed ANOVA gerechnet. Zuvor wurden die Daten auf Normalverteilung geprüft. Die Shapiro-Wilk Statistik des Tests auf Normalverteilung zeigt für beide Gruppen gerade noch nicht signifikante Ergebnisse an (Einschluss: $D(40)=0,95$, $p=.06$; Ausschluss, $D(40)=0,95$, $p=.06$). Eine Normalverteilung der Daten kann daher noch angenommen werden. Homogenität der Varianzen kann gemäß Levene-Test für alle Gruppen angenommen werden ($p > .05$). Sphärität ist gegeben. Der Haupteffekt des Integrationsstatus ist nicht signifikant, $F(1,38)=0,66$, $p=.42$, was bedeutet, dass es keine signifikanten Unterschiede in den Pulsfrequenzen zwischen Einschluss- und Ausschlussbedingung gibt. Der Haupteffekt der Stimulation ist nicht signifikant, $F(1,38)=1,48$, $p=.23$. Die erwartete Interaktion zwischen *Integrationsstatus*Stimulation* ist nicht signifikant, $F(1,38)=0,08$, $p=.78$. Dennoch fällt bei der

4 Ergebnisse

Betrachtung der Mittelwerte (Tabelle 3) auf, dass die Probanden der Ausschlussvariante im Durchschnitt 10 bpm (Mw= 846, SEM=18,5) mehr hatten, als die Gruppe der Eingeschlossenen (Mw=836 , SEM=18,5). Allerdings ist der Unterschied statistisch unbedeutend ($\eta^2=.02$).

	verum	sham	<i>Gesamt</i>
Einschluss	858 (26,8)	815 (25,8)	835
Ausschluss	864 (23,5)	828 (22,4)	845
Gesamt	861	821	

Tabelle 3: Mittelwerte (Sd) der Herzraten beider Gruppen unter beiden Stimulationsarten. Die Unterschiede sind nicht signifikant.

Die tiefergehende Betrachtung der Pulsfrequenz offenbart, dass im Durchschnitt die Probanden mit der verum-Stimulation eine höhere Pulsfrequenz (861 bpm) hatten, als jene mit der sham-Stimulation (821 bpm). Es ergeben sich zwar keine statistisch relevanten Unterschiede und die Effektstärke ist mit $\eta^2=.04$ klein, aber in Hinblick auf Vermutungen, dass eine extrazephalere Elektrode, z.B. auf der Schulter, einen Einfluss auf die vegetative Aktivität des Hirnstamms nimmt, (Vandermeeren, Jamart & Ossemann, 2010) stellt dieses Ergebnis eine interessante Beobachtung dar.

Darüber hinaus kann angenommen werden, dass die Unannehmlichkeit der Stimulation durch Nebenwirkungen wie kribbeln, brennen, Kopfschmerzen und so fort generell mit einer Erhöhung der Pulsfrequenz zusammenhängen, wodurch sich möglicherweise kaum Unterschiede zwischen den Integrationsvarianten ergeben haben. Vor diesem Hintergrund wurde eine Korrelation zwischen den beiden Variablen CRQ und der Pulsfrequenz berechnet. Die explorative Datenanalyse zeigt in der Shapiro-Wilk-Statistik eine Verletzung der Normalverteilungsannahme für den CRQ an, $D(40)=0,9$, $p=.003$ sowie für die Variable Pulsfrequenz, $D(40)=0,9$, $p=.04$. Eine Analyse der Box-Plots zeigte einen Ausreißer für die Stichprobe CRQ und zwei Ausreißer für Pulsfrequenz. Die Daten der Ausreißer wurden für die Berechnung der Korrelation durch den jeweiligen Gruppenmittelwert ersetzt. Zur Berechnung der Korrelation wurde das nicht-parametrischen Verfahren der Rangkorrelation nach Spearman verwendet. Die Ergebnisse zeigen eine nicht signifikante, schwache Korrelation zwischen der Unannehmlichkeit der Stimulation (CRQ) und der Pulsfrequenz, $r=0,1$, $p=.52$. Das Ergebnis stützt die Annahme, dass das aversive Setting der Stimulation mit einer erhöhten Pulsfrequenz zusammenhängt nicht.

4.3.4 Erhebung der Verhaltensintention (Assessment of behavioral intention)

Mit dieser Erhebung wird überprüft, inwieweit sich Verhaltensabsichten je nach erlebten Integrationsstatus und unter Berücksichtigung der Stimulationsart ergeben. Die Intentionen werden in

4 Ergebnisse

sieben Kategorien differenziert: Angenehme Aktivitäten, Ausschluss ansprechen, Selbstschädigung, Flucht, Aggression gegen Andere, passives Verhalten, Aufklärung vom Versuchsleiter verlangen.

	verum		sham		gesamt
	Einschluss	Ausschluss	Einschluss	Ausschluss	
angenehme Aktivitäten	51	37	50	44	182
Ausschluss ansprechen	0	6	0	5	11
Selbstschädigung	1	0	0	0	1
Flucht	2	0	1	2	5
fremdgerichtete Aggressionen	0	0	0	0	0
Passivität	21	18	21	24	84
Aufklärung verlangen	10	12	10	7	39

Tabelle 4: Häufigkeiten der Verhaltensintentionen aufgeteilt nach Stimulationsart

Tabelle 4 illustriert, dass durchschnittlich am häufigsten die Intention nach angenehmen Aktivitäten, passiven Aktivitäten und das Verlangen einer Aufklärung angegeben wurden. Die passiven Aktivitäten wurden öfter in der Gruppe der Ausgeschlossenen mit der sham-Stimulation angegeben. Des Weiteren geben die Personen der Einschlussvariante an, mehr Lust auf angenehme Aktivitäten zu haben als Personen, die den partiellen sozialen Ausschluss erlebt haben. Diese neigen mehr dazu den Ausschluss zu thematisieren; verlangen jedoch weniger häufig nach einer Aufklärung, wenn sie eine sham-Stimulation erhalten haben. Fremdgerichtete aggressive Intentionen werden nicht genannt. Eine Person der Einschlussvariante gab an, Selbstschädigendes tun zu wollen; in diesem Fall etwas riskantes tun zu wollen. Sowohl in der Einschluss- als auch Ausschlussvariante wurde jeweils zweimal angegeben die Intention zu haben, einfach verschwinden zu wollen.

4.3.5 Explorative Prüfung des Zusammenhangs zwischen Personenvariablen und Spielverhalten

4 Ergebnisse

Unter der Berücksichtigung, dass die Stimulationen keinen Einfluss auf das Spielverhalten hat, soll in der nachfolgenden Überprüfung der Frage, ob Personenvariablen wie Zurückweisungsempfindlichkeit, subjektive Einsamkeit, Resilienz, Mobbing Erfahrung, Neurotizismus oder Selbstwert das Verhalten während der experimentellen Ausschlussvariante beeinflussen. Zunächst wurden die Daten der Ausschlussvariante auf Normalverteilung getestet. Der Test ergab für die Spieldaten der Experimentalbedingung keine Verletzung der Normalverteilungsannahme. Die Shapiro-Wilk-Statistik zeigt kein signifikantes Ergebnis, $D[37]=0,95$, $p=.09$. Der Test auf Normalverteilung für die Zusatzfragebögen ergab in der Shapiro-Wilk-Statistik folgende Ergebnisse:

Fragebögen	<i>D</i>	df	<i>p</i>
RSQ	0,98	40	.80
Einsamkeitsgefühl	0,91	40	.004
Emotionale Isolation	0,83	40	.001
Soziale Isolation	0,91	40	.004
Resilienz	0,98	40	.64
Mobbing	0,83	40	.001
Neurotizismus	0,98	40	.001
Selbstwert	0,91	40	.004

Tabelle 5: Ergebnisse Test auf Normalverteilung

Die Ausreißeranalyse mittels Boxplots zeigte für die Skala emotionale Isolation einen Ausreißer, für die Skala soziale Isolationen zwei Ausreißer und für den Mobbingfragebogen 3 Ausreißer. Zur Korrektur wurden daher die Ausreißerwerte durch den jeweiligen Gesamtmittelwert der Gruppe ersetzt. Die deskriptive Analyse der Daten ergab folgendes Ergebnis:

4 Ergebnisse

Fragebögen	MW	Sd
RSQ	12,4	4,1
Einsamkeitsgefühl	5,4	4,43
Emotionale Isolation	1,8	2,09
Soziale Isolation	4,5	2,95
Resilienz	4,1	0,91
Mobbing	4,1	3,39
Neurotizismus	45,1	10,05
Selbstwert	2,4	0,4

Tabelle 6: Mittelwerte und Standardabweichungen der Zusatzfragebögen

Die Teilnehmer dieser Studie zeigen im Mittel eine etwas erhöhte Zurückweisungsempfindlichkeit als die gesunden Teilnehmer der beiden Berenson Studien (2009, 2011). Für die Einsamkeitsskala erreichen die Teilnehmer im Durchschnitt niedrige Werte Einsamkeitswerte für alle drei Subskalen: Einsamkeitsgefühle $M_w=5,4$ von möglichen 27 Punkten, emotionale Isolation $M_w=1,8$ von möglichen 15 Punkten und soziale Isolation $M_w=4,5$ von möglichen 18 Punkten. Für die Resilienzskala ergibt sich auf einer Skala von 0-5 ein Durchschnittswert von $M_w=4,1$, was eine hohe Resilienz hindeutet. Der durchschnittliche T-Wert der Neurotizismusskala liegt mit 45,1 im Durchschnittsbereich. Die Angaben zum Selbstwertfragebogen zeigen mit einem Durchschnittswert von $M_w=2,4$ auf einer Antwortskala von 0-3 Punkten eine hohe Zustimmung zu einem gesunden Selbstwert an. Das Ergebnis des Fragebogens zu belastenden Sozialerfahrungen bzw. Mobbing zeigt, dass die Teilnehmer im Durchschnitt 4,1 belastende Erfahrungen zwischen 6 und 18 Jahren gemacht haben.

Zur Klärung der Frage, ob bestimmte Personenvariablen mit dem Spielverhalten in der Experimentalbedingung zusammenhängen, wurden linear Mixed Models berechnet. Das Ergebnis zeigte, dass der Prädiktor des Messzeitpunktes des Spielverhaltens nicht signifikant vorhersagt, $F(1,400)=4,2$, $p=.46$. Die Anpassung des Modells durch variierende Intercepts über die Subjekte brachte einen signifikanten Effekt auf das Modell. Die Varianz in den Intercepts ist mit $Var_{(u_{0j})}=0,05$, $\chi^2(1)=83,04 > \text{krit. Wert}=6,63$, $p \leq .01$ signifikant. Die weitere Integration variierender Slopes ergab knapp keine signifikante Verbesserung, $Var_{(u_{0j})}=0,001$, $\chi^2(1)=3,46 < \text{krit. Wert}=3,84$, $p \geq .05$. Die Ergebnisse des Basismodells zeigen, dass der Effekt der Messzeitpunkte trotz variierender Intercepts und Slopes das Spielverhalten nicht vorhersagt, $F(1, 68,49)=3,71$, $p=.44$ (Tabelle 7).

4 Ergebnisse

Parameter	<i>b</i>	SE _{<i>b</i>}	95% Konfidenzintervall
Messzeitpunkt	0,01	0,01	-0,01, 0,02

Tabelle 7: Ergebnisse der Mixed Modell Analyse

Nachfolgend wurden die Ergebnisse der Zusatzbefragung in das Basismodell integriert, um zu überprüfen, ob bestimmte Personencharakteristika einen Einfluss auf das Spielverhalten während der sozialen Ausgrenzung nehmen. Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der einzelnen Mixed Modell Analysen. Es konnte für keine der eingegebenen Personenvariablen ein signifikanter Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Spielverhalten in der partiellen sozialen Ausschlussbedingung festgestellt werden.

Kovariaten	<i>F</i>	df	<i>p</i>	<i>b</i>	SE _{<i>b</i>}	95%-KI
<i>Zurückweisungsempfindlichkeit</i>	0,44	1	.13	-0,01	0,01	-0,04 – 0,01
<i>Einsamkeitsgefühle</i>	0,31	1	.57	-0,01	0,02	-0,05 – 0,02
<i>Emotionale Isolation</i>	0,001	1	.94	0,002	0,03	-0,06 – 0,07
<i>Soziale Isolation</i>	0,32	1	.57	0,01	0,02	-0,03 – 0,06
<i>Resilienz</i>	0,88	1	.35	0,05	0,06	-0,05 – 0,15
<i>Mobbing Erfahrung</i>	2,6	1	.11	-0,01	0,002	-0,01 – 0,001
<i>Neurotizismus</i>	0,1	1	.76	-0,001	0,005	-0,01 – 0,01
<i>Selbstwert</i>	0,01	1	.44	0,001	0,001	-0,01 – 0,02

Tabelle 8: Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Personenvariablen und Spielverhalten während der Ausschlussvariante.

5 Diskussion

5.1 Zusammenfassung der Hauptergebnisse

Mit dieser Studie wurde der Einfluss einer einmaligen Hirnstimulation mittels tDCS über dem rechten VLDPK auf das Spielverhalten während einer virtuellen sozialen Ausschlusssituation untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die tDCS keinen Einfluss auf das Spielverhalten hatte, weder unter Experimental-, noch unter Kontrollbedingungen. Allerdings konnte beobachtet werden, dass auf behavioraler Ebene die Probanden mit einer verum-tDCS die Tendenz zeigten den Excluder vermehrt anzuspielden. Diese Verhaltensneigung wird im Rahmen des Ostrazismusmodells (Williams, 2009, siehe Kapitel 1.1.4) mit prosozialen Bewältigungsstrategien zur Wiederherstellung der Gruppenzugehörigkeit assoziiert. Der Vergleich des Spielverhaltens innerhalb der beiden Stimulationsgruppen offenbarte für die Personen mit einer verum-tDCS einen Trend unter Experimentalbedingungen (partieller sozialer Ausschluss) ein anderes Spielverhalten zu zeigen, als unter Kontrollbedingungen (sozialer Einschluss). Jedoch konnte auf statistischer Ebene kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Spielminuten festgestellt werden, der auf die Anwendung unterschiedlicher Spielstrategien hingedeutet hätte. Allerdings zeigte auch hier die Betrachtung behavioraler Daten, dass der Excluder während der sozialen Ausschlussphase tendenziell öfter angespielt wurde als unter Kontrollbedingungen. Ähnliche Ergebnisse konnten für die sham-Gruppe nicht konstatiert werden. Darüber hinaus ergab der Vergleich des Spielverhaltens während Einschluss- und Ausschlussbedingung, ungeachtet der Stimulationsgruppenzugehörigkeit, einen marginal signifikanten Unterschied in Minute 4 und einen signifikanten Unterschied in Minute 6. Dieses Ergebnis impliziert ein verändertes Verhalten während der sozialen Ausschlussvariante im Vergleich zur Kontrollbedingung. Die Betrachtung der Spielverläufe zeigte die klare Tendenz der Probanden, den Excluder während der sozialen Ausschlussphase öfter anzuspielden als den Includer. Daher steht dieses Teilergebnis im Einklang mit vorherigen Studienergebnissen zum Einsatz prosozialer Verhaltensstrategien während der sozialen Ausgrenzungserfahrung (vgl. Dewald-Kaufmann et al., 2017, Williams, Cheung & Choi, 2000). Des Weiteren konnte in dieser Studie mithilfe der Kontrollparameter wie dem Manipulationscheck, Sense of inclusion (Integrationsgefühl), aversive Auswirkungen und das Kohäsionsgefühl demonstriert werden, dass das adaptierte Cyberball-Paradigma Ostrazismuseffekte hervorruft. Auch die Cyberball-spezifischen Messinstrumente wie der NTQ-Fragebogen und die Emotionsskala zeigten, dass die Konfrontation mit einer partiellen sozialen Ausgrenzungserfahrung ausreichte, um eine Bedrohung der vier fundamentalen Bedürfnisse sowie negative Emotionen zu evozieren. Ein Effekt der tDCS auf das Ausmaß der Bedürfnisbedrohung sowie auf die negativen Emotionen konnte nicht festgestellt werden. Die Exploration, inwieweit Zusammenhänge zwischen bestimmten Personeneigenschaften und dem Spielverhalten während der

sozialen Ausschlussbedingung bestehen, ergab keine signifikanten Vorhersagen. Das Spielverhalten wurde nicht von bestimmten Personeneigenschaften wie Neurotizismus, Mobbing Erfahrungen, Selbstwert, Resilienz, Zurückweisungsempfindlichkeit und Einsamkeit beeinflusst. Darüber hinaus konnte zur Durchführbarkeit einer tDCS mit extrazephaler Elektrode dargelegt werden, dass keine ernsthaften Nebenwirkungen durch die tDCS ausgelöst wurden und die Teilnehmer das tDCS Verfahren insgesamt als nicht unangenehm empfunden haben.

5.2 Diskussion der Methoden

5.2.1 Transkranielle Gleichstrom Stimulation

Die Hirnstimulation mit dem Verfahren der tDCS wurde in dieser Studie angewendet, um einen neuromodulativen Effekt auf den rechten VLDPK auszulösen. Laut Williams ist jedem Menschen ein inhärentes neuronales Alarmsystem inne, das darauf spezialisiert ist selbst sublimale Ostrazimustendenzen instantan zu detektieren, um dann mit einer reflexhaften Schmerz- und Stressreaktionen (z.B. Leary et al., 1998; Williams & Zadro, 2004) darauf zu reagieren. Dieser automatische Mechanismus wurde in dem Ostrazismus-Modell von Williams (2009) ausführlich dargestellt (siehe Kapitel 1.1.4) und konnte im weiteren Verlauf auch im Rahmen des Cyberball-Paradigmas simuliert und repliziert werden (Williams, 2002, 2007; Williams & Jarvis, 2006; Williams & Jarvis, 2006; Williams, Cheung & Choi, 2000; Hartgerink et al., 2015). Die Studien von Eisenberger et al. (2003) und Riva et al. (2012, 2015b) zeigten, dass die Cyberball-induzierte Schmerzhaftigkeit des sozialen Ausschluss durch eine tDCS über dem VLDPK gelindert werden konnte. Vor diesem Hintergrund wurde für das Cyberball-Paradigma angenommen, dass sich Effekte der Stimulation auf das reflexive Spielverhalten unter Experimentalbedingungen auswirken und konsequenterweise in einer veränderten Spielweise, zum Beispiel die vermehrte Anwendung prosozialer Strategien, im Vergleich zur sham-Stimulation resultieren. Zudem wurde angenommen, dass ausgeschlossene Probanden mit einer verum-Stimulation ein niedrigeres Maß an Ausgrenzungserleben und aversiven Effekten sowie ein höheres Wir-Gefühl verspüren als unter Kontrollbedingung und in der sham-Gruppe. Des Weiteren wurde davon ausgegangen, dass die physiologische Stressreaktion, repräsentiert durch die Pulsfrequenz und das Ausmaß innerer Anspannung nach dem Spiel unter den ausgeschlossenen Probanden mit einer verum-Stimulation niedriger ist, als in der Kontrollvariante oder der sham-Gruppe. In Bezug auf das Need-Threat-Modell (Williams, 2009) wurde erwartet, dass die verum-tDCS, im Gegensatz zur sham-Stimulation, einen Effekt auf die empfundene Bedürfnisbedrohung sowie auf den emotionalen Status nach der sozialen Ausgrenzungserfahrung hat. Demzufolge sollten sich nach dem Spiel in der Ausschlussvariante mit verum-Stimulation weniger

negativere Emotionen als Ausdruck des emotionalen Stresses ergeben, als mit sham-Stimulation oder in der Einschlussvariante. Insgesamt konnte jedoch weder für das Cyberball-Paradigma, noch für das Need-Threat-Modell ein bedeutender Effekt der Stimulation oder signifikante Interaktionen auf die abhängigen Variablen (AV) festgestellt werden. Die tDCS-Stimulation war daher nicht ursächlich für eine veränderte Spielweise unter Experimentalbedingungen oder einer veränderten emotionalen Bewältigung der sozialen Ausgrenzungserfahrung. Konträr zu diesem Ergebnis konnten in anderen tDCS-Cyberballstudien deutliche Effekte der Hirnstimulation aufgezeigt werden. In den drei weiter oben beschriebenen Studien von Riva und Kollegen (Riva et al., 2012, 2015a, 2015b) konnten mittlere ($d=0,51$) bis hohe ($d=1,04$) Effektstärken für den Einfluss einer tDCS auf die AV unter den ausgeschlossenen Probanden erreicht werden. Darüber hinaus konnte auch in einer weiteren, bisher nicht erwähnten Cyberball-Studie von Kelley, Eastwick, Harmon-Jones und Schmeichel (2015) ein signifikanter Effekt der tDCS mit annähernd großer Effektstärke ($d=0,72$) konstatiert werden. Dabei wurde der Frage nachgegangen, inwieweit eine tDCS über dem linken dorsolateralen Präfrontalkortex das Ausmaß an Eifersucht (AV) mit einem gegen- und einem gleichgeschlechtlichen Mitspieler erhöht (Kelley et al., 2015). Das Ergebnis zeigte, dass ausgeschlossene Personen mit einer tDCS signifikant eifersüchtiger waren als jene, die eine Placebostimulation erhielten. Rekurrierend auf diese Studien ist es überraschend, dass in der vorliegenden Studie keine deutlichen tDCS Effekte erreicht werden konnten. Zum Vergleich der Studien sind nachfolgend die Angaben zur Stichprobe und den Stimulationsparametern tabellarisch aufgeführt:

5 Diskussion

Studie	Stichprobe	Studiendesign	Positionierung	Lokalisation	Elektrodengröße	Stromstärke	Dauer	Scheinstim.	Start Cyberball
Hier vorliegend	n=40, ♂=14; ♀=26 <i>Alter:</i> Mw=28,1, Sd=6,4; <i>Nach Bereinigung:</i> n=18 verum n=19 sham	Inner- und Zwischensubjekt- Vergleich	Anode auf F6, Kathode auf kontralateralen Deltamuskel	10-20 EEG System	Anode und Kathode jeweils 35cm ² ($\pm 0,03\text{mA/cm}^2$)	1mA 15 sek. ramp-in and out	20 min.	Je 30 Sekunden zu Anfang und Ende, mit 15 sek. ramp-in and out	5 min vor Ende der Stimulation
Riva et al., 2012	n=79, ♂=33, ♀=46 <i>Alter:</i> Mw=22,3, Sd=3,1 Keine Angaben zum <i>n</i> der beiden Stimulationsgrupp en	Zwischensubjekt- Vergleich	Anode auf F8, Kathode kontralateral supraorbital	10-20 EEG System	Anode: 25cm ² ($\pm 0,06\text{mA/cm}^2$) Kathode: 35cm ² ($\pm 0,04\text{mA/cm}^2$)	1,5 mA 15 sek. ramp-in and out	15 min.	Je 15 Sekunden zu Anfang und Ende	5 min vor Ende der Stimulation
Riva et al., 2015a	n=80, ♂=16, ♀=64 <i>Alter:</i> Mw=23,1, Sd=4,3 Keine Angaben zum <i>n</i> der beiden Stimulationsgrupp en	Zwischensubjekt- Vergleich	Anode auf F6 Kathode kontralateral supraorbital	10-20 EEG System	Anode: 25cm ² ($\pm 0,06\text{mA/cm}^2$) Kathode: 35cm ² ($\pm 0,04\text{mA/cm}^2$)	1,5 mA 15 sek. ramp-in and out	20 min.	Je 15 Sekunden zu Anfang und Ende	5 min vor Ende der Stimulation

5 Diskussion

Riva et al., 2015b	n=82, ♂=32, ♀=50 <i>Alter:</i> Mw=21,9, Sd=3,5 Keine Angaben zum <i>n</i> der beiden Stimulationsgruppen	Zwischensubjekt -Vergleich	Kathode auf F6 Anode kontralateral supraorbital	10-20 EEG System und Verifikation der F6 Position als rVLPFK mittels fMRT Scans basierter Neuronavigation mit Nexstim	Anode: 25cm ² (±0,06mA/cm ²) Kathode: 35cm ² (±0,04mA/cm ²)	1,5 mA 15 sek. ramp-in and out	20 min.	Je 15 Sekunden zu Anfang und Ende	5 min vor Ende der Stimulation
Kelley et al., 2015	N=117, ♂=54, ♀=63 Keine Angaben zum Alter; <i>Nach Bereinigung:</i> n=33 sham n=59 verum	Zwischensubjekt -Vergleich	Anode auf F3 (linker DLPFK) Kathode auf F4 (rechter DLPFK)	10-20 EEG System	Anode und Kathode jeweils 35cm ² (±0,05mA/cm ²)	2 mA 5 sek. ramp- in and out	20 min.	Je 5 Sekunden zu Anfang und Ende	5 min vor Ende der Stimulation

Tabelle 9: Übersicht zu Studien mit der parallelen Anwendung des Cyberball-Paradigmas und der tDCS

Hinsichtlich der Stichprobengröße lässt sich aus der Tabelle entnehmen, dass bei den übrigen Studien der Stichprobenumfang wesentlich größer war. In den Riva Studien wurden doppelt so viele ($n=79-82$) und in der Kelley Studie annähernd dreimal so viele Probanden ($n=117$) rekrutiert. Der Unterschied in den Fallzahlen ist jedoch einem differenten Studiendesign geschuldet. Während in dieser Studie ein Inner- und Zwischensubjektfaktor-Design angewendet wurde, umfasst der Aufbau der anderen Studien ein Zwischengruppen-Vergleich (Einschluss vs. Ausschluss und sham vs. verum) ohne den Innersubjekt-Faktor zu integrieren. Die Probanden wurde dabei jeweils der Einschluss- oder Ausschlussbedingung und dann nochmals der sham- oder verum-Gruppe randomisiert zugeteilt. Dem entgegengesetzt ergibt sich in dieser Studie aufgrund des Innersubjekt-Faktor-Designs, bei dem jeder Proband zweimal getestet wurde, eine Anzahl von 80 Beobachtungen, weshalb das N der Beobachtungen dieser Studie vergleichbar mit den Studien von Riva et al. (2012, 2015a, 2015b) ist. Zudem ergab die Poweranalyse eine berechnete Fallzahl von 40 Personen. Zusammengenommen kann daher davon ausgegangen werden, dass ein Stichprobenumfang von $N=40$ ausreichte, um eine angemessene Teststärke erreichen zu können. Die weitere Betrachtung legt methodische Unterschiede in der Montage und der Beschaffenheit der Elektroden offen. In dieser Arbeit wurde der rVLPFK als Zielregion mit der EEG-Position F6 für die Hirnstimulation ausgewählt, um einen Effekt auf die Emotionsregulation während des sozialen Ausschluss-Paradigmas hervorzurufen. Die Rationale dahinter basiert auf den Resultaten von Eisenberger et al. (2003), Riva et al., (2012, 2015a, 2015b) sowie weiteren wissenschaftlichen Berichten über die Beteiligung des rechten ventralen und rechten ventrolateralen präfrontalen Kortex bei der Regulation empfundener physischer und emotionaler Schmerzzustände (Petrovic, Kalso, Petersson et al., 2002; Lieberman et al., 2004, 2007), die vorwiegend durch negative soziale Erfahrungen wie beispielsweise soziale Ausgrenzung ausgelöst werden (Hariri, Bookheimer & Mazziotta, 2000; Masten, Eisenberger, Borofsky et al., 2009). In den beiden Studien von Riva und Kollegen wurde zum einen anodal über F6 (Riva et al., 2015a) und zum anderen kathodal über F6 (Riva et al., 2015b) während des Cyberball-Paradigmas stimuliert. In beiden Fällen konnte ein deutlicher Effekt der tDCS über dem rVLPFK auf die Emotionsregulation dargelegt werden, die sich erwartungsgemäß in einem weniger aggressiven unter anodaler tDCS und einem Zuwachs an negativen Emotionen und verletzten Gefühlen unter kathodaler Stimulation niederschlugen. Damit konnte der modulatorische Effekt der tDCS über dem rVLPFK sowohl für die anodale als auch kathodale Stimulation demonstriert werden. An dieser Stelle sei angemerkt, dass in der Letzten der drei Studien (Riva et al., 2015b) neuronavigiert die F6 Position als geeignete Position zur Stimulation des rVLPFK für zumindest einige Testpersonen auf Basis von fMRT Scans verifiziert wurde. Unter diesem Gesichtspunkt ist eine mögliche Einschränkung dieser Studie die fehlende computergestützte, fMRT-Scan-basierte Lokalisierung des rVLPFK auf individueller Basis, die eine exakte Stimulation der gewünschten Hirnregion gewährleisten würde. Stattdessen erfolgte die

Berechnung des rVLPFK unter Anwendung des internationalen 10-20-EEG-Systems (Jasper, 1958), welches im Vergleich zur modernen Neuronavigation nur eine approximative Lokalisation der gewünschten Zielregion ermöglicht und daher als Methode die individuellen Gegebenheiten von Schädel- und Hirnstrukturen nicht berücksichtigen kann. Nichtsdestoweniger konnten auch in den übrigen Studien (Riva et al., 2012, Riva et al., 2015a; Kelley et al., 2015), trotz fehlender Neuronavigation, klare Effekte der präfrontalen tDCS abgebildet werden. Demzufolge kann für diese Studie geschlussfolgert werden, dass die Position der Anode auf F6 zur Stimulation des rVLPFK geeignet war, um zumindest tDCS Effekte auf kleiner bis mittlerer Ebene auf das Spielverhalten oder dem Ausmaß an Bedürfnisbedrohung erwarten zu können. Des Weiteren zeigt der Vergleich der Elektrodengröße und die Berechnung der jeweiligen Stromdichte, dass in dieser Arbeit bei einer Elektrodenfläche von jeweils 35cm^2 und einer Stromintensität von 1 mA eine niedrigere Stromdichte ($0,03\text{mA}/\text{cm}^2$ Anode und Kathode) erzielt wurde, als in den übrigen Studien ($0,06\text{mA}/\text{cm}^2$ Anode und $0,04\text{mA}/\text{cm}^2$ Kathode, siehe Riva et al., 2012, 2015a, 2015b; beziehungsweise $0,05\text{mA}/\text{cm}^2$ Anode und Kathode, siehe Kelley et al., 2015). Obgleich augenscheinlich der Schluss nahe liegen mag, dass die erzielte Stromdichte von $0,03\text{mA}/\text{cm}^2$ möglicherweise zu niedrig war, werden in dem state-of-the-art Artikel von Nitsche (2008) insgesamt 60 Studien aufgelistet, bei denen auch mit einer Stromdichte von $0,03\text{mA}/\text{cm}^2$ gearbeitet wurde. Diese umfassen neben der Stimulation motorischer Areale, wie die primäre motorische Rinde (M1) auch andere Zielregionen wie den visuellen Kortex, den mediotemporalen Kortex (V5) und den präfrontalen Kortex. Basierend auf diesen Arbeiten kann unter Berücksichtigung der allgemeinen Empfehlungen (Nitsche & Paulus, 2000; Nitsche et al., 2008; Antal et al., 2017) davon ausgegangen werden, dass die applizierte Stromdichte von $0,03\text{mA}/\text{cm}^2$ für beide Elektroden ausreichend war, um Effekte der Stimulation erwarten zu können. Des Weiteren zeigt die Gegenüberstellung, dass der größte Unterschied zwischen dieser und den anderen genannten Studien in der Platzierung der Kathode liegt. Diese wurde in dieser Studie, im Gegensatz zu den anderen Studien, nicht zephal, sondern extrazephal auf dem kontralateralen Deltamuskel angelegt, mit der Begründung, dass dies die Fokalität der Stimulation erhöhe (siehe Nitsche et al., 2008) und dadurch eventuell bessere Effekte hervorgerufen werden können. In den anderen Studien erfolgte die Montage beider Elektroden jeweils zephal mit bi-lateraler Elektrodenplatzierung, wobei die Referenzelektrode entweder an der kontralateralen Orbita (Riva et al., 2012, 2015a, 2015b) oder symmetrisch bipolar-balanciert an der homologen kontralateralen Stelle, z.B. F3 / F4 (Kelley et al., 2015) befestigt wurde. Daher liegt die Vermutung nahe, dass eventuell Eigenheiten der Montage die tDCS Effekte beeinflusst haben könnten. Einige Wissenschaftler betonen die unterschätzte Rolle der Referenzelektrode bei den physiologischen Vorgängen tDCS-indizierter Neuromodulation. In der Arbeit von Nasserri und Kollegen (Nasserri, Nitsche & Ekhtiari, 2015) wird darauf hingewiesen, dass entgegen der traditionellen Annahme, dass nur die Anode die *aktive* Elektrode sei, die Referenzelektrode gleichermaßen Einfluss

auf die Wirkung der Neurostimulation nehmen kann und daher keineswegs als *inaktive* Elektrode zu betrachten sei. Auch in einer vorherigen Publikation wird der Referenzelektrode weiteremehr als nur die Bestimmung der elektrische Feldorientierung zugesprochen (Brunoni, Nitsche, Bolognini et al., 2012). Die Autoren beziehen sich in ihren Aussagen auf Modellierungsstudien (Bikson, Datta, Rahman et al., 2010), in denen gezeigt werden konnte, dass die Elektrodenposition der Referenzelektrode den gesamten Stromfluss, auch unter der vermeintlichen aktiven Elektrode beeinflusst. Laut Bikson et al. (2010) ist die Position der Stimulationselektroden nicht nur für den Stromfluss, sondern auch für die Verteilung sogenannter induzierter *elektrischer Felder* im Gehirn verantwortlich. Bikson und Kollegen (2010) gehen dementsprechend davon aus, dass diese induzierten elektrischen Felder bzw. kortikalen Ströme die neuronale Erregbarkeit während der Gleichstrom-Stimulation modulieren und in weiterer Folge auch verhaltensbedingte und klinische Ergebnisse determinieren können (Bikson et al., 2010). In Bezug darauf schlussfolgern Brunoni und Kollegen (2012), dass trotz einer festen Position der aktiven Elektrode am Kopf, die alleinige Änderungen der Position der Referenzelektrode, gleichgültig ob zephale oder extrazephal, ausreichte, um den Stromfluss direkt unter der aktiven Elektrode zu verändern und damit den kortikalen Stromfluss subtil zu modulieren (Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Einen weiteren interessanten wissenschaftlichen Beitrag zu dieser Annahme liefert die Arbeit von Moliadze und Kollegen (2010), die sich in ihrer Forschung mit der Rolle der Position und Entfernung der Referenzelektrode beschäftigt haben. Dabei wurde die Wirksamkeit verschiedener tDCS Montagen mit zephalen und extrazephalen Referenzelektroden auf die nachhaltige Veränderung (bis zu 30 Minuten nach Stimulationsende) der kortikalen Erregbarkeit mittels TMS induzierter MEPs untersucht. Dazu variierte das Forscherteam die Lateralität (ipsi- vs. kontralateral) und die Distanz (zephal vs. extrazephal) der Referenzelektrode, während die aktive Elektrode immer über dem primären motorischen Kortex (M1) montiert war. Die Ergebnisse zeigten, dass der Abstand zwischen den beiden Elektroden negativ mit der Dauer und dem Ausmaß der tDCS-induzierten Nachwirkungen korreliert (Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Im Detail bedeutet das, dass bei einer Intensität von 1mA, die Stimulation mit einer kontralateralen Referenzelektrode an der Stirn, der Stimulation mit einer kontralateralen Referenzelektrode am Oberarm, überlegen war. Es konnten signifikant höhere MEPs während und nach der Stimulation gemessen werden, wenn die Referenzelektrode an der kontralateralen Stirn platziert war (Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Die Autoren resümieren, dass die Stimulation mit der Referenzelektrode über der kontralateralen Stirn zu einer höheren kortikalen Erregbarkeit führt, im Vergleich zu einer Stimulation mit der Referenzelektrode über den kontralateralen Oberarm (Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Allerdings ist zu erwähnen, dass die Fallzahl nur n=9 betrug und keine Effektstärken der signifikanten Ergebnisse angegeben wurden, weshalb die Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren sind. Für die hier vorliegende Studie sind jedoch die Ergebnisse anhaltender kortikaler Erregbarkeit einer tDCS *nach* Stimulationsende relevant, da die

eigentliche Manipulation durch das Cyberball-Paradigma, unter Berücksichtigung der Ratings der Mitspieler und der 2-minütigen Baseline-Phase, erst *nach* der Stimulation begonnen hat. In der Studie von Moliadze (2010) zeigt die Betrachtung der Messzeitpunkte, dass bis zu 30 Minuten nach Stimulationsende signifikante Unterschiede in den MEPs zwischen den Gruppen, kontralaterale Stirn vs. Oberarm, festzustellen waren. Für den kontralateralen Oberarm konnten keine signifikanten Veränderungen der MEPs im Vergleich zur Baseline für keinen der fünf Messzeitpunkte nach der Stimulation (0, 5, 10, 20, 30 Minuten nach Stimulation) festgestellt werden. Dieses Ergebnis impliziert, dass mit einer Stromintensität von 1 mA und einer extrazephalen Referenzelektrode am kontralateralen Oberarm die Effekte der tDCS aufgrund der Distanz zwischen Anode und Kathode eventuell verloren gegangen sind (Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Allerdings ist auch hier wieder anzumerken, dass in der genannten Studie der motorische Kortex stimuliert wurde und nicht präfrontale Regionen wie in der vorliegenden Arbeit. Demzufolge ist den Ergebnisse der Moliadze-Studie (2010) eine gewisse Plausibilität zur Erklärung, warum kein signifikanter tDCS Effekt in der vorliegenden Studie nachgewiesen werden konnte, zu entnehmen, jedoch sind die Ergebnisse nicht pauschal auf alle tDCS-Montagen generalisierbar, besonders unter der Berücksichtigung der kleinen Fallzahl (n=9) und der fehlender Angabe der Effektstärken. In einem weiteren Experiment, zur Frage, ob eine Anpassung der Stromintensität von 1 mA auf 2 mA die beobachteten Distanzeffekte ausgleichen kann, führten Moliadze und Kollegen (2010) zwei weitere Versuche durch. Zur Überprüfung möglicher Lateralitätseffekte wählte das Forscherteam folgende Gruppenvergleiche aus: a) aktive Elektrode über *linken* M1 – Referenzelektrode auf *kontralateralem* Oberarm vs. aktive Elektrode über *rechten* M1 – Referenzelektrode auf *ipsilateralem* Oberarm. Zur Überprüfung von Distanzeffekten: b) aktive Elektrode über *rechten* M1 – Referenzelektrode auf *ipsilateralem Oberarm* vs. *ipsilateralem Unterarm*. Die Ergebnisse zeigten für den Versuch a), dass beide Montagen (ipsi- und kontralateral) gleichermaßen zu einer Erhöhung der MEPs im Vergleich zur Baseline während und nach der Stimulation beitrugen. Es konnten daher keine signifikanten Unterschiede in der Lateralität beobachtet werden, jedoch konnte für die ipsilaterale Montage zu drei Messzeitpunkten signifikant höhere MEPs im Vergleich zur kontralateralen Montage festgestellt werden. Das *n* belief sich diesmal auf 12 Testpersonen. Für den zweiten Versuch b) ergaben sich signifikante Unterschiede in den MEPs über den gesamten Beobachtungszeitraum (10 Min während tDCS, 30 min nach tDCS). Insgesamt führte die Stimulation mit der Referenzelektrode am ipsilateralen Oberarm zu größeren MEPs als am ipsilateralen Unterarm, was für Distanzeffekte spricht. Die Unterschiede konnten sogar bis 20 Minuten nach Stimulationsende festgestellt werden. Die Autoren ziehen den Schluss daraus, dass eine extrazepitale Elektrode zwar deutliche tDCS Effekte im Sinne einer erhöhten kortikalen Erregbarkeit hervorrufen kann, dies konnte jedoch nur mit einer höheren Stromintensität (2mA) erreicht werden (Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Daher empfehlen die Autoren bei Stimulation mit einer

extrazephalen Referenzelektrode die Stromintensität entsprechend anzupassen, um identische (Nach-) Effekte wie mit einer zephalen Referenzelektrode zu induzieren (Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Das *Nn* dieser beiden Versuche waren 7 Testpersonen. Basierend auf diesen Erkenntnissen kann für diese hier vorliegende Studie argumentiert werden, dass das Ausbleiben von tDCS Effekten möglicherweise einer zu weiten Distanz zwischen den Elektroden in Kombination mit einer zu geringen Stromintensität von 1 mA geschuldet war. In den Vergleichsstudien wurde jeweils eine bi-zephale Montage angewendet (Riva et al., 2012, 2015a, 2015b; Kelley et al., 2015 und mit 1,5 mA über 15 Minuten (Riva et al., 2012) bzw. 1,5mA über 20 Minuten (Riva et al., 2015a, 2015b) sowie 2 mA über 15 Minuten (Kelley et al., 2015) stimuliert. Dementsprechend kann vermutet werden, dass eine Stimulation mit 1 mA für eine zephale Montage ausreichend gewesen wäre, jedoch für eine Montage mit einer extrazephalen Referenzelektrode zu gering war, um über die Distanz Effekte hervorzurufen. Im Rekurs auf die Ergebnisse der Moliadze-Studie (2010) mit 1 mA, wie auch den Empfehlungen anderer Wissenschaftler, in Human-Studien mit Stromstärken zwischen 1 – 2 mA zu arbeiten (z.B. Bikson, Grossman, Thomas et al., 2016), kann davon ausgegangen werden, dass die in dieser Studie applizierten 1 mA mit den Stromstärken anderer experimenteller Studien übereinstimmt. In der Studie von Nitsche und Paulus (2001) konnte gezeigt werden, dass die Effekte einer 9-13 minütigen anodalen tDCS mit einer schwachen Stromstärke von 1 mA noch bis zu 90 Minuten nach Stimulationsende nachgewiesen werden konnten. In einer späteren Vergleichsstudie, bei der die Effekte einer 2 mA *versus* 1 mA starken tDCS verglichen wurden, konnte belegt werden, dass die kathodale tDCS mit 1 mA erwartungsgemäß die Erregbarkeit herabsetze (vgl. Nitsche & Paulus, 2000). Zudem zeigte sich jedoch, dass nicht nur eine anodale sondern, entgegen der Erwartung, auch eine kathodale tDCS mit 2 mA die neuronale Erregbarkeit erhöhte (Batsikadze, Moliadze, Paulus et al., 2013). Daher schlussfolgerten die Autoren, dass eine Erhöhung der tDCS Intensität nicht zwingend mit einer Verbesserung der Effektivität einhergeht. Darüber hinaus heben sie hervor, dass es sogar zu einer Umkehrung der Erregungsbereitschaft der Neuronen kommen kann (Batsikadze et al., 2013). An dieser Stelle sei angemerkt, dass beide Studien (Batsikadze et al., 2013; Nitsche & Paulus, 2001) sich nur auf Ergebnisse der Modulierbarkeit der Neurone des motorischen Kortexes beziehen. Daher können keine Aussagen über die Dosis-Wirkungsbeziehung von Stromintensitäten am ventrolateralen präfrontalen Kortex getroffen werden. Ob ähnliche Langzeit-Effekte auch bei Stimulation anderer Hirnregionen, wie etwa dem präfrontalen Kortex, auftreten, bleibt vor diesem Hintergrund fraglich. Schlussendlich kann auf Basis der genannten wissenschaftlichen Resultate und Empfehlungen das Fazit gezogen werden, dass die fehlenden tDCS Effekte vermutlich auf Distanzeffekte zurückgeführt werden können und daher in zukünftigen tDCS-Cyberballstudien berücksichtigt werden sollten. Unter dem Blickwinkel möglicher Distanzeffekte können die Ergebnisse der beiden zu Anfang zitierten Studien mit einer extrazephalen Elektrodemontage neu interpretiert werden. In dem Experiment von Vandermeeren et al. (2010) zur

Frage, ob eine tDCS mit 1 mA und einer extrazephalen Elektrode am kontralateralen Oberarmmuskel zu Veränderungen in, von Hirnstamm regulierten autonomen Körperfunktionen wie Atemfrequenz, Blutdruck und Herzrate führt, ergaben sich keine signifikanten Ergebnisse. Dagegen konnte in der Studie von Mrakic-Sposta et al. (2008), in der gleichsam eine Montage mit der extrazephalen Elektrode am kontralateralen Oberarmmuskel angewendet und mit einer Stromstärke von 2 mA stimuliert wurde, eine signifikante Reduktion in der Tourette-Symptomatik bei beiden untersuchten Patienten erzielt werden. Unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Beobachtungen von Moliadze et al. (2010) kann vermutet werden, dass die signifikanten bzw. nicht signifikanten Ergebnisse eventuell auf den Einfluss möglicher Distanzeffekte zurückzuführen sind. Es wäre daher interessant zu überprüfen, ob sich die Ergebnisse mit der Umkehrung der Stromintensitäten (1 mA => 2 mA, und 2 mA => 1 mA) replizieren lassen. Ausgehend davon, wäre es auch für die tDCS-Cyberballforschung interessant zu untersuchen, ob entweder eine bizepitale Montage mit einer Stromintensität von 1 mA; oder die Steigerung auf 2 mA bei einer extrazephalen Montage der Referenzelektrode am ipsilateralen anstatt des kontralateralen Oberarms zu signifikanten Stimulationseffekten auf das Spielverhalten und das Ausmaß an Bedürfnisbedrohung führen würde.

Die Nebeneinanderstellung der restlichen Stimulationsparameter, wie die der sham-Bedingung oder auch der Start der Verhaltensmanipulation 5 Minuten vor Ende der Stimulation ergeben keine weiteren nennenswerten Unterschiede zwischen dieser Arbeit und den Vergleichsstudien. Die Präparation und Applikation der Schwammelektroden wurde gemäß den allgemeinen Vorgaben (vgl. Antal et al., 2017) vorgenommen. Die Stimulationsparameter von 1 mA für 20 Minuten mit einer Elektrodengröße von 35cm² entsprach den Empfehlungen von Nitsche und Paulus (Nitsche et al., 2008; Paulus, 2011). Als einen weiteren kritischen Punkt ist die Tatsache zu nennen, dass tDCS-induzierte Nacheffekte bisher nur für die Stimulation über dem motorischen Kortex mithilfe TMS-induzierter Messung des am jeweiligen Zielmuskel evozierten MEPs (siehe Rossini, Barker, Berardelli et al., 1994) nachgewiesen werden konnten (bspw. Nitsche & Paulus, 2000; Moliadze, Antal & Paulus, 2010). Die Frage, ob auch eine präfrontale Stimulation Nacheffekte in Form einer besseren kognitiven oder auch emotionsregulierenden Leistung hervorruft, ist mit der Messung einer veränderten kortikospinalen Erregbarkeit an einem Zielmuskel nicht überprüfbar. Aus diesem Grund nutzen neuere Ansätze zur Untersuchung neuromodulativer tDCS-Effekte an präfrontalen Regionen bildgebende Verfahren wie Konnektivitäts- oder auch Ruhenetzwerkanalysen mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) sowie Hirnstrommessungen auf Basis eines Elektroenzephalogramms (EEG). Einen Überblick über relevante Studien zum Zusammenhang zwischen präfrontaler Stimulation mittels tDCS und möglichen Effekten auf Kognitionen und Verhalten liefert der Artikel von Wörsching, Padberg, Ertl-Wagner et al. (2016). Die Autoren heben hervor, dass trotz heterogener Ergebnisse und Kritik (z.B. Horvath, Forte & Carter, 2015) die Studienlage insgesamt dafür spricht, dass eine präfrontale tDCS

modulatorisch auf neuronale Netzwerke wirkt (Wörsching et al., 2016). Ergebnisse aus Ruhenetzwerk- und Konnektivitätsanalysen implizieren, dass die Stimulation präfrontaler Areale beispielsweise die aufgabenbasierte Leistungsfähigkeit verbessert, indem die neuronale Bahnung oder auch Konnektivitätsverstärkung durch die Stimulation erleichtert werden (Meinzer, Antonenko, Lindenberg et al., 2012; Meinzer, Lindenberg, Antonenko et al., 2013; Weber, Messing, Rao et al., 2014). Darüber hinaus konnte in der Test-Retest-Studie von Wörsching, Padberg, Helbich et al. (2017) illustriert werden, dass tDCS zu einer Veränderung der Konnektivität des Ruhenetzwerkes führt. Die Wissenschaftler randomisierten 20 gesunde Probanden in zwei Gruppen, aktive vs. sham-tDCS. Jeder Proband erhielt drei Stimulationen über dem linken DLPFK mit jeweils einer Woche Pause dazwischen. Zudem wurden zur Baseline und während jeder Stimulation fMRT Messungen im Ruhezustand vorgenommen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Effekte der aktiven tDCS auf die funktionelle Konnektivität im Innersubjekt-Vergleich schlechter reproduzierbar waren und daher eine geringere Test-Retest-Reliabilität aufwiesen, als in der sham-Gruppe (Wörsching et al., 2017). Dies impliziert, dass die Wirkung der tDCS nicht nur auf interindividueller, sondern auch auf intraindividuelle Ebene weniger eine Konsistenz als vielmehr eine hohe Variabilität aufweist. Die Autoren merken an, dass auch in anderen Studien variable Effekte der tDCS auf kortikospinal evozierte MEPs aufgezeigt werden konnten (Chew, Ho & Loo, 2015; Dyke, Kim, Jackson et al., 2016; Horvath, Vogrin, Carter et al., 2016) und liefern damit einen weiteren wissenschaftlichen Beitrag zur Debatte über variable Effekte tDCS-induzierter Neuromodulation. Vor diesem Hintergrund erscheint es umso wichtiger, nicht nur die Ursachen auf Grundlagen-basierter Forschung tiefergehend zu untersuchen, sondern auch besonders unter der Berücksichtigung der Studienergebnisse von Eisenberger et al. (2003) und Riva et al. (2012), zukünftig auch die neuronalen Korrelate einer präfrontalgesteuerten Emotionsregulation profunder zu erforschen, sowie im weiteren Verlauf die Möglichkeiten einer tDCS-induzierten Modulation emotionsregulierender Areale zu eruieren. Dieses könnte beispielsweise zu neuen Ansatzpunkten bei der Behandlung von affektiven Störungen, Störungen der Impulskontrolle oder der Borderline-Persönlichkeitsstörung verhelfen. Die tDCS könnte dazu genutzt werden, Lernprozesse im intra- und interpersonellen Kontext, wie zum Beispiel den Erwerb einer funktionalen Emotionsverarbeitung und dessen angemessener Emotionsausdruck, zu unterstützen.

Abschließend können auf Basis dieser Studie zudem Aussagen zur Durchführbarkeit und Sicherheit einer tDCS mit einer extrazephalen vorgenommen werden. Insgesamt gaben die Probanden beider Gruppen (sham und verum) an, die Stimulation als nicht unangenehm erfahren zu haben; schwerwiegende Nebenwirkungen wurden nicht genannt. In Bezug auf die Anwendbarkeit einer extrazephalen Elektroden mit der Kathode auf dem Deltamuskel konnte beobachtet werden, dass der Herzschlag der Personen mit verum-tDCS etwas höher war, wenn auch statistisch nicht signifikant, als bei Personen mit sham-Stimulation. Vandermeeren und Kollegen (2010) legten in ihrer Studie dar, dass

eine tDCS-Stimulationen mit extrazephaler Kathode keinen Einfluss auf die Pulsfrequenz nimmt. Die Ergebnisse zur Anwendung einer extrazephalen Montage decken sich mit denen der Vandermeeren Studie. Dementsprechend kann die extrazephalere Platzierung als sichere Methode erachtet werden. Zusammengefasst können vorherige Feststellungen zur Durchführbarkeit der tDCS und Anwendung als sanftes Verfahren mit einem Unbedenklichkeitsprofil (Antal et al., 2017; Brunoni et al., 2011) bestätigt werden.

5.2.2 Prüfung des Cyberball-Paradigmas

Bei der Prüfung des Cyberball-Paradigmas unter Berücksichtigung des Ostrazismus-Modells (Williams, 2009) ergaben sich zum Teil kontroverse Ergebnisse. Für die stimulationsunabhängige Prüfung des Cyberball-Paradigmas wurden Vorannahmen zu evozierten Ostrazismuseffekten weiterstgehend bestätigt. Die Ergebnisse des Manipulation Checks offenbarten zunächst ein unklares Bild, da einige Probanden berichteten, den Ausschluss nicht bemerkt zu haben. Zudem schätzen die Probanden der Ausschlussvariante die erhaltenen Bälle mit rund 25% als etwas zu hoch ein. In den Studien von Riva und Kollegen (2015a, 2015b, 2012) wurde die Ballwurfhäufigkeit im Rahmen des Manipulationschecks jeweils korrekt eingeschätzt, weshalb es verwundert, dass die Probanden dieser Studie zu verzerrten Einschätzung kamen. Dieser Umstand kann vermutlich dadurch erklärt werden, dass die Probanden nur partiell ausgegrenzt wurden, wodurch sie weiterhin 50% aller Bälle vom Includer zugepasst bekamen. Dementsprechend ist es möglich, dass das Gefühl *ausgegrenzt zu werden*, verzögert bewusst oder auch weniger intensiv wahrgenommen wurde, da die explizite retrospektive Bemessung des Integrationsstatus und der Ballpässe zum geringen Teil einer Fehleinschätzung unterliegen könnte. Eine wichtige Bemerkung an dieser Stelle ist, dass einige Probanden während der Auflösung überrascht berichteten, dass sie zwar das Gefühl hatten, dass sich der eine Mitspieler etwas anders verhielt, dieses Verhalten jedoch nicht als soziale Ausgrenzung empfanden, sondern eher als Eigenheit des Mitspielers abgetan haben. Zur tiefergehenden Prüfung der Validität des adaptierten Cyberball-Paradigmas wurden daher weitere Kontrollparameter zum wahrgenommenen Ostrazismus herangezogen. Hier ergab sich ein eindeutigeres Bild. Für das *Integrationsgefühl*, welches für beide Mitspieler separat erhoben wurde, zeigte sich, dass sich die Probanden von der ausschließenden Person deutlich weniger integriert fühlten als von dem Includer. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass der soziale Ausschluss im Gegensatz zum Manipulation Check auf emotionaler beziehungsweise reflexiver Ebene detektiert wurde (vgl. Williams, 2007). Die prozentuale Einschätzung der Ballpässe im Manipulationscheck erforderte eine eher kognitive Betrachtung des Geschehens, die dem reflektieren Stadium zugeschrieben werden kann (Williams, 2007). Möglicherweise beeinflussten situative Variablen, wie das Verhalten des Includers oder auch Personenvariablen das rationale Urteil. Diese

Erklärung erscheint unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Hartgerink et al. (2015) plausibel, die nachweisen konnten, dass Erhebungen mittels Selbstauskünften nach dem Cyberballspiel anfällig für Kontexteinflüsse sind. Darüber hinaus zeigte sich, dass der ausschließende Mitspieler nach dem Spiel deutlich an Sympathie, Vertrauenswürdigkeit und Attraktivität verlor sowie als dominanter und aggressiver beurteilt wurde. Diese Veränderung der Bewertungen kann als Anpassung kognitiver Prozesse auf die Ostrazismuserfahrung, im Sinne einer reflektiven Bewältigung gedeutet werden (vgl. Williams, 2007). Unter Hinzunahme der Ergebnisse der Emotionsskala, die klar offenbarten, dass die Probanden in der Ausschlussvariante ein höheres Maß an negativen Emotionen nach dem Spiel berichteten als in der Einschlussvariante sowie ein signifikant niedrigeres Kohäsionsgefühl in der Ausschlussvariante, kann geschlussfolgert werden, dass eine reflexive Reaktion auf den simulierten partiellen sozialen Ausschluss erreicht werden konnte. Für den Kontrollparameter *aversive Effekte* ergaben sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden Integrationsvarianten. Das Ausmaß an aversiven Konsequenzen wurde beispielsweise mit Fragen wie: „ich fühlte mich nicht existent“, oder „Ich fühlte, dass die anderen Spieler alles entschieden haben“, erhoben. Da jedoch der Includer auch in der Ausschlussvariante weiterhin dem Probanden die Bälle zusasste und die Fragen nicht separat für Includer und Excluder gestellt wurden, kann argumentiert werden, dass das weiterhin integrierende Verhalten des Includers den Schaden trotz partieller sozialer Ausgrenzung begrenzte und daher auf rationaler Ebene zu weniger stark ausgeprägten Urteilen führte.

Die Überprüfung der physiologischen Stressreaktion lieferte nicht signifikante Ergebnisse, sowohl für die Pulsfrequenz als auch für das Maß innerer Anspannung. Auch der Effekt der Stimulation auf die physiologische Stressreaktion war nicht signifikant. Dem entgegengesetzt konnte in einer anderen Cyberball-Studie (De Rubeis, Sutterlin, Lange et al., 2016) gezeigt werden, dass die Pulsfrequenz signifikant höher nach dem Cyberballspiel als davor war. Allerdings wurde der totale Ausschluss mit 0% Ballwürfen nach Baseline von beiden Mitspielern angewendet. Zudem handelte es sich bei den Probanden um Personen mit einer depressiven Erkrankung und es wurde unterschieden inwieweit der individuelle Bindungsstil einen Einfluss auf das Stresslevel und den Umgang mit Ostrazismus hat. Depressive Personen mit einem sicher-gebundenen Stil zeigten am wenigsten Veränderungen in der Pulsfrequenz als depressive Personen mit einem desorganisierten Bindungsstil. Aufgrund des partiellen Ausschlusses und der Annahme, dass die Probanden dieser Studie an keiner klinisch bedeutsamen psychischen Belastung litten, kann vermutet werden, dass klinisch gesunde Personen dem Ostrazismus eine weniger ausgeprägte psychophysiologische Angriffsfläche bieten als Depressive und Personen mit negativen frühen Beziehungserfahren. Darüber hinaus konnte in der Studie von Jobst und Kollegen (2015) demonstriert werden, dass der Kortisolspiegel als objektiver Stressparameter sowohl bei der Gruppe der Depressiven als auch in der Gruppe der Gesunden nicht signifikant gestiegen ist, obwohl gleichsam das totale Ausschluss-Paradigma zum Einsatz kam. Dies

signalisiert, dass die Auswirkungen von Ostrazismus auf psychophysiologischer Ebene einer Inkonsistenz unterliegen könnten, die wiederum von anderen, bisher nicht systematisch erforschten Faktoren abhängt, wie zum Beispiel die individuell psychische Konstitution oder auch bestimmte Kontextvariablen. Dennoch berichten die Autoren, dass die Ergebnisse der Emotionskala und des Fragebogens zur Bedürfnisbedrohung (NTQ) auf eine signifikant höhere emotionale Stressreaktion bei den Ausschlossenen Depressiven hindeuten als bei den ausgeschlossenen Gesunden (Jobst et al., 2015). Basierend auf den vorherigen Ergebnissen kann demzufolge für diese Studien hypothetisiert werden, dass das *partielle* Ausschluss-Paradigma im Gegensatz zum *totalen Ausschluss* zu wenig bedrohlich war, als dass es bei gesunden Probanden in einer deutlichen physiologischen Stressreaktion resultiert. Evidenz für diese Schlussfolgerung liefert die Studie zum Zusammenhang von Kontrollentzug und Aggressionen von Warburton und Kollegen (2006), die weiter oben beschrieben wurde (Kapitel 2.2, Seite 40 ff.). Die Autoren machten eine interessante Entdeckung zur lindernden Wirkung des Zugehörigkeitsgefühls auf das Aggressionspotential. Es offenbarte sich, dass Probanden, die zuvor in die Einschlussbedingung randomisiert wurden, sich trotz des nachfolgenden Kontrollentzuges kaum aggressiv zeigten, im Gegensatz zu jenen Teilnehmern, die in der Ausschlussbedingung waren. Die Autoren stellen die Vermutung an, dass der kurze, positive Moment des *Zugehörigseins* ausreichte, um negative Effekte wie Aggression, ausgelöst durch den Kontrollentzug, zu nivellieren. Auf Basis dieser Erkenntnis kann für diese Studie angenommen werden, dass der partielle soziale Ausschluss auch immer mit einer partiellen sozialen Integration einhergeht. Somit macht der Proband weiterhin die *positive* Erfahrung von zumindest einem Mitspieler eingeschlossen zu werden. Dadurch wird das Bedürfnis nach Zugehörigkeit fortwährend, wenn auch nur zur Hälfte, erfüllt und eine *befriedende* Wirkung kann erzeugt werden. Es ist daher der Schluss zulässig, dass sich die negativen Effekte des sozialen Ausschlusses aufgrund dieser Konstellation nicht so drastisch in der physiologischen Stressreaktion niederschlagen, wie in anderen Cyberball-Studien mit dem totalen Ausschluss-Paradigma. Hervorzuheben ist allerdings, dass die emotionale Stressreaktion (Emotionskala und NTQ) gleichsam wie in der Studie von Jobst et al. (2015) klar erkennbar ist. Diese Beobachtung steht auch im Einklang mit Feststellungen früherer Studien zur Wirkung von Ostrazismus, in denen die Wissenschaftler zu dem Schluss kamen, dass soziale Ausgrenzung zu negativen Emotionen und Leid führt (Williams & Nida, 2011; Baumeister & Leary, 1995; Allen & Badcock, 2003). Neben der Veränderung auf emotionaler Ebene, lässt sich auch auf Verhaltensebene ein erkennbarer Unterschied feststellen. Personen nach der partiellen sozialen Ausgrenzungserfahrung gaben an weniger Lust auf angenehme Aktivitäten zu haben als in der sozialen Einschlussvariante. Zudem verspüren sie mehr den Impuls den Ausschluss anzusprechen, was möglicherweise als Versuch der Kontrollwiederherstellung im Sinne des Need-Threat-Modells (Williams, 2009) verstanden werden kann. Ausgehend von den Ausführungen von Allen & Badcock (2003) zum Zusammenhang zwischen sozialer Ausgrenzung und

Depressionen, kann erwartet werden, dass die Probanden nach der Ausschlussvariante vermehrt passive Verhaltensintentionen als Ausdruck eines resignativen Bewältigungsversuches angaben. Jedoch zeigten die Ergebnisse, dass auch in der Einschlussvariante ein ähnlich hohes Maß an passiven Verhaltenswünschen berichtet wurde. Allerdings umfasste das passive Verhalten Aktivitäten wie „eine Zigarette rauchen“, „mich ablenken“ und „gar nichts tun“, was nicht unbedingt mit den resignativen Verhaltensbeschreibung gleichzusetzen ist. Diese spontanen Angaben könnten auch aufgrund von Unentschlossenheit, was man im Anschluss an die Testung machen will, entstanden sein.

5.3 Diskussion der Hauptergebnisse

Die Ergebnisse zur Prüfung der primären Forschungshypothese lassen erkennen, dass sich keine statistisch signifikanten Unterschiede im Spielverhalten während der sozialen Ausschlussvariante in Abhängigkeit von der Stimulationsform ergeben haben. Zudem zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten, die eine wesentliche Veränderung über den 10-minütigen Spielverlauf widerspiegelt hätten. Mögliche Einflussfaktoren auf das Ausbleiben deutlicher Stimulationseffekte wurden weiter oben unter dem Aspekt der Montage und der Elektrodenabstände bereits diskutiert. Auf der anderen Seite konnten Ostrazismuseffekte auf das Spielverhalten konstatiert werden, wenn der Zwischensubjekt-Faktor *Stimulationsgruppe* unberücksichtigt blieb. Dadurch ergab sich ein signifikanter Unterschied im Spielverhalten unter Ausschlussbedingungen im Vergleich zur Einschlussvariante. Nach Einsetzen der partiellen sozialen Ausgrenzung zeigten sich in Minute 4 und 6 signifikante Unterschiede im Spielverhalten. Dieses Teilergebnis steht mit den Studienergebnissen von Dewald-Kaufmann und Kollegen (2017) im Einklang, die zeigten, dass in den ersten drei Minuten nach Einsetzen der partiellen Ausgrenzung ein signifikanter Unterschied im Spielverhalten gegenüber dem Includer vs. Excluder beobachtbar war. Jedoch wird beim näheren Vergleich ersichtlich, dass während der partiellen Ausschluss Bedingung das prosoziale Verhalten, gemessen an der Ballwurfhäufigkeit zum Excluder, wesentlich niedriger ausfiel als in der Testung von Dewald-Kaufmann et al. (2017). In ihrer Studie konnten Deltawerte von bis zu -0,6 erreicht werden, was zeigt, dass die Teilnehmer den Excluder relativ häufiger angespielt haben als in dieser Studie, mit maximalen Anspielraten von -0,2 in der verum-Gruppe und -0,1 in der sham-Gruppe. Die vergleichsweise niedrigen Anspielraten deuten an, dass die Teilnehmer in dieser Studie insgesamt weniger stark ausgeprägte prosoziale Verhaltensstrategien anwendeten als die Teilnehmer in der Studie von Dewald-Kaufmann et al. (2017). Eine mögliche Ursache für die Unterschiede in der prosozialen Verhaltensneigung könnte der zeitliche Aufwand sein. Im Gegensatz zu dieser Arbeit, mussten die Teilnehmer der andere beiden Studien nur einmal erscheinen, um entweder nur die Ausschlussbedingung (Jobst et al., 2014, 2015) oder beide Varianten, Einschluss- und

Ausschlussbedingung ohne Pause direkt nacheinander zu spielen (Dewald-Kaufmann et al., 2017). Diese Vorgehensweise kann vermutlich dazu beitragen, dass der Teilnehmer weniger Zeit hatten kritisch über den Sinn und Zweck der Studie nachzudenken sowie die Echtheit des virtuellen Settings infrage zu stellen. Für die hier vorliegende Studie waren die Teilnehmer dazu angehalten zweimal am Untersuchungsort zu erscheinen, mit einem zeitlichen Mindestabstand von 24 Stunden. Zudem konnten die Probanden nicht sofort das Spiel beginnen, sondern mussten vorher die Anlegeprozedur der Stimulations- und auch EKG-Elektroden sowie die Stimulation von 15 Min abwarten, bevor sie das eigentliche Experiment beginnen konnten, was in einer Wartezeit von ungefähr 25 Minuten resultierte. Zudem betrug die Spielzeit 12 Minuten, im Gegensatz zu nur 3 Minuten (Jobst et al., 2014, 2015) beziehungsweise 5 Minuten (Dewald-Kaufmann et al., 2017). Unter Berücksichtigung des zeitlichen Aufwandes und der wiederholten, reizarmen und monotonen Spieldarbietung sowie einer relativ langen Spieldauer von 12 Minuten, kann vermutet werden, dass die Motivation am zweiten Tag möglicherweise geringer ausgeprägt war. Diese Untersuchungsbedingungen könnten zumindest bei einigen Probanden zu Ernüchterungseffekten geführt haben. Im Rekurs auf diese Hypothese wurde eine nachfolgende statistische Analyse mittels t-Test für abhängige Stichproben mit Bootstrap (1000 Ziehungen) korrigierten Konfidenzintervallen für alle 10 Messzeitpunkte durchgeführt, um zu überprüfen, ob sich die Spielweise zwischen den Tagen unterscheidet. Die Ergebnisse zeigten jedoch, dass das Spielverhalten sowohl in der Einschluss- als auch in der Ausschlussvariante unter Berücksichtigung der Reihenfolge (Tag 1 vs. Tag 2) für keine der 11 Spielminuten signifikanten Unterschiede aufwies ($p > .05$), siehe Tabelle 10 und Tabelle 11.

EINSCHLUSS

Spielminuten	Tag 1		Tag 2		<i>p</i>	KI
	Mw	SE	Mw	SE		
m3	-0,01	0,05	-0,10	0,07	.28	-0,06 - 0,25
m4	0,07	0,07	0,05	0,06	.77	-0,15 - 0,21
m5	-0,03	0,07	0,07	0,05	.26	-0,25 - 0,07
m6	0,09	0,06	0,07	0,07	.84	-0,15 - 0,21
m7	-0,03	0,06	-0,01	0,06	.83	-0,18 - 0,15
m8	-0,05	0,05	-0,03	0,07	.78	-0,19 - 0,14
m9	-0,07	0,05	0,01	0,07	.36	-0,23 - 0,09
m10	0,02	0,05	-0,03	0,04	.42	-0,08 - 0,18
m11	0,01	0,07	-0,05	0,05	.52	-0,12 - 0,23
m12	-0,01	0,05	-0,09	0,08	.42	-0,10 - 0,27

Tabelle 10: Mittelwerte und Standardfehler des Spielverhaltens in der Einschlussvariante

AUSCHLUSS

Spielminuten	Tag 1		Tag 2		<i>p</i>	KI
	Mw	SE	Mw	SE		
m3	0,07	0,09	-0,09	0,09	.22	-0,09 - 0,42
m4	0,01	0,06	-0,19	0,10	.11	-0,04 - 0,43
m5	-0,08	0,10	-0,10	0,11	.92	-0,26 - 0,32
m6	-0,07	0,12	-0,19	0,12	.47	-0,21 - 0,45
m7	0,04	0,11	-0,23	0,13	.12	-0,05 - 0,62
m8	-0,10	0,13	-0,23	0,10	.46	-0,19 - 0,45
m9	0,05	0,12	-0,20	0,10	.13	-0,07 - 0,56
m10	0,02	0,12	-0,14	0,13	.41	-0,17 - 0,54
m11	0,00	0,13	-0,02	0,12	.93	-0,32 - 0,35
m12	0,08	0,13	-0,05	0,13	.48	-0,21 - 0,51

Tabelle 11: Mittelwerte und Standardfehler des Spielverhaltens in der Ausschlussvariante

Obwohl keine Unterschiede im Spielverhalten zwischen Tag 1 und 2 festgestellt werden konnten, sollten dennoch in zukünftigen Cyberballtestungen, die auf zwei Tage verteilt und mit einer relativ langen Spieldauer konzipiert sind, der Hinweis auf die Wichtigkeit einer ernsthaften Spielweise nicht vernachlässigt werden, besonders um dem Ausschluss von Datensätzen aufgrund von

Motivationsmangel oder Langeweile vorzubeugen. Darüber hinaus sind auch Geschlechtereffekte als potentieller Einflussfaktor auf das Spielverhalten diskutierbar. In Bezugnahme auf das Ostrazismusmodell von Williams (Williams, 2007; siehe Kapitel 1.1.4), welches besagt, dass jeder Mensch ein immanentes Warnsystem gegenüber Ausgrenzungstendenzen besitzt, kann angenommen werden, dass Männer wie Frauen gleichermaßen *instinkthaft* (vgl. reflexives Stadium, Kapitel 1.1.4b) auf Ostrazismus reagieren und daher Geschlechtereffekte keine oder nur eine geringe Rolle spielen müssten. Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse von Riva et al. (2015b) gestützt, in welcher 50 weibliche und 32 männliche Probanden teilnahmen. Die Varianzanalyse zeigte keine signifikanten Haupteffekte oder Interaktion des Faktors *Geschlecht*, weshalb die Autoren entschieden diese Zwischensubjekt-Variable in nachfolgenden Analysen nicht zu integrieren. Vor diesem Hintergrund wurde in dieser hier vorliegenden Arbeit nachfolgend überprüft, ob der Faktor Geschlecht einen Einfluss auf das Spielverhalten unter der Experimentalbedingung hatte. Die Ergebnisse der Mixed ANOVA zeigten keinen signifikanten Haupteffekt des Geschlechts, $F(1, 35)=0,13$, $p=.71$, $\eta^2=0,004$ sowie keine signifikante Interaktion mit den Messzeitpunkten, $F(9, 315)=0,59$, $p=.79$, $\eta^2=0,017$, was auf eine unterschiedlich Spielweise zwischen den einzelnen Minute je nach Geschlechtszugehörigkeit hingedeutet hätte. Damit steht das Ergebnis im Einklang mit den Annahmen über die universelle Empfänglichkeit von Ostrazismuseffekten nach Williams (Williams, 2009; Williams & Nida, 2011; Williams, 2007; Williams, 2002) sowie mit den Ergebnissen von Riva et al. (2015b). Die Geschlechtszugehörigkeit hat keinen Einfluss auf die Spielweise unter Bedingungen sozialer Ausgrenzung. Auch wenn sich zusammengenommen keine bedeutsamen inferenzstatistisch Unterschiede ergeben haben, sind zumindest auf deskriptiver Ebene interessante Abweichungen im Spielverhalten erkennbar. In der verum-Gruppe zeigte sich während des partiellen sozialen Ausschlusses deutlich, dass diese eine konstante Präferenz für die ausschließende Person demonstrierten, die sich in der sham-Gruppe nicht zeigte. Das Verhalten der verum-Gruppe liefert daher, im Sinne des Ostrazismus-Modells, Hinweise auf prosoziale Verhaltenstendenzen zur Wiederherstellung der Integration. In Gegensatz dazu ließen die Teilnehmer der sham-Gruppe ein mehr alternierendes Verhalten als Reaktion auf den partiellen Ostrazismus erkennen. Um dieser Beobachtung weiter nachzugehen wurde eine weitere anschließende Mixed ANOVA durchgeführt, um zu untersuchen, inwieweit die Mitspielerpräferenz einen Einfluss auf das Spielverhalten hatte. Es sollte nachfolgend der Frage nachgegangen werden, ob die Stimulation die Mitspielerpräferenz (Excluder vs. Includer) unter Experimentalbedingungen beeinflusst. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde der Einfluss der Faktoren *Mitspielerpräferenz* sowie die Interaktionen zwischen *Mitspielerpräferenz*Stimulation* und *Präferenz*Messzeitpunkte* auf das Spielverhalten berechnet. Die Mitspielerpräferenz wurde pro Teilnehmer ermittelt, in dem gezählt wurde, wie oft dieser pro Minute entweder den Excluder oder den Includer angespielt hat. Betrag die Differenz der Summe zwischen

den Mitspielern nur ein Punkt oder weniger, wurde dies als Unentschieden interpretiert; beide Mitspieler wurden gleichermaßen oft angespielt. Bei einer Differenz gleich oder größer 2 Punkte wurde dies als Präferenz des einen oder anderen Mitspiels gewertet. Die Deskriptive Analyse ergab folgende Präferenzen (Tabelle 12):

Präferenz für...	Verum (n=18)	Sham (n=19)
Excluder	9	7
Includer	3	7
beide	6	5

Tabelle 12: Mitspielerpräferenzen aufgeteilt in Stimulationsgruppen in der Ausschlussbedingung

Die Ergebnisse der Tabelle zeigen, dass der Excluder eher von den Teilnehmern der verum-Gruppe präferiert wurde, als von den Teilnehmern der sham-Gruppe. Diese bevorzugten vermehrt den Includer. In beiden Gruppen gibt es jedoch auch 6 bzw. 5 Probanden, die keinerlei Präferenz zeigten. Die Ergebnisse der Homogenitätstests zeigten keine Verletzung der Sphärität ($p=.19$) und der Annahme gleicher Gruppenvarianzen, Levene-Tests ($p > .05$). Die Ergebnisse der Mixed ANOVA Analyse zeigen einen hochsignifikanten Haupteffekt der *Präferenz*, $F(2, 31)=15,59$, $p=.001$, mit einer hohen Effektstärke, $\eta^2=0,5$. Ein Bonferroni-korrigierter post-hoc Test zeigt signifikante Unterschiede in der Präferenz zwischen dem Excluder und dem Includer $-0,44$, 95%-KI $[-0,62, -0,25]$). Das für die zu überprüfende Fragestellung relevantere Ergebnis zeigt jedoch eine nicht signifikante Interaktion zwischen *Präferenz*Stimulation*, $F(2, 31)=0,09$, $p=.91$, was bedeutet, dass die Stimulation keinen Einfluss auf die Präferenz des einen oder anderen Mitspielers hat. Der Haupteffekt der Stimulation war nicht signifikant, $F(1, 31)=0,01$, $p=.90$. Die Interaktion *Präferenz*Messzeitpunkt* ist hochsignifikant, $F(18, 279)=2,37$, $p=.002$, mit einer hohen Effektstärke $\eta^2=0,13$ und liefert die Erkenntnis, dass die Präferenzen der Teilnehmer sich über die Messzeitpunkte signifikant voneinander unterschieden. Der Excluder wurde insgesamt 16-mal bevorzugt, der Includer 10-mal und 11-mal beide gleichermaßen. Abbildung 37 zeigt die durchschnittlichen Anspielraten für den Excluder und Includer. Die weitere Analyse der Daten mittels einfaktorieller ANOVA, zeigte für Minute 7 einen hochsignifikanten Unterschied in den Anspielraten, $F(2, 36)=18,94$, $p=.001$, mit einer großen Effektstärke, $r=0,72$. Ein Bonferroni-korrigierter post-hoc Test zeigt hochsignifikante Unterschiede in der Präferenz zwischen dem Excluder und dem Includer $-0,84$, 95%-KI $[-1,2, -0,48]$).

5 Diskussion

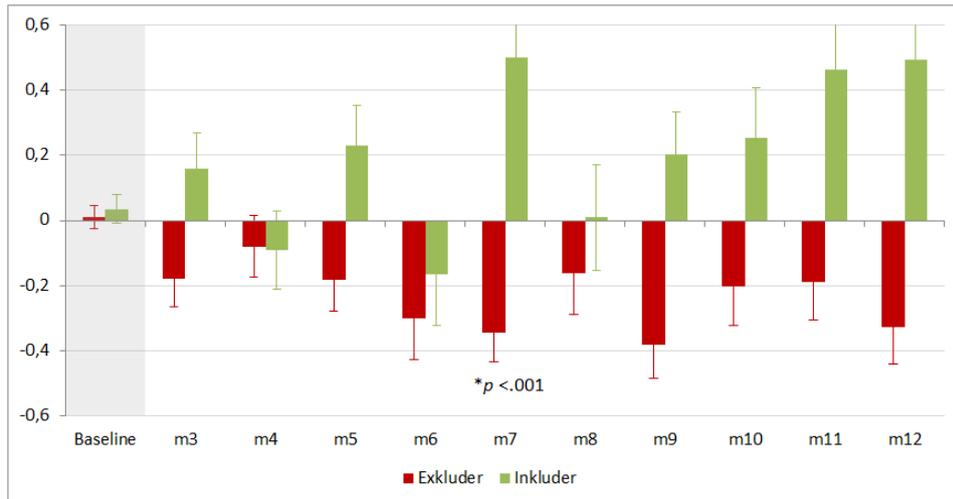


Abbildung 37: Deltas der Ballwurfhäufigkeiten pro Minute

Die Resultate zu den Präferenzen demonstrieren, dass unter Bedingungen der partiellen sozialen Ausgrenzung insgesamt der Excluder im Vergleich zum Includer bevorzugt angespielt wurde. Die Präferenz für den Excluder wurde in diesem Kontext durch eine tDCS über dem rVLPFK nicht determiniert. Dennoch untermauern die Ergebnisse die Annahme, dass das vermehrte Anspielen des Excluder der Wiederherstellung der sozialen Integration dient (Dewald-Kaufmann et al., 2017) und stehen im Einklang mit dem Postulat Williams', dass Ostrazismus die kurzfristige Anwendung prosozialer Strategien fördert, um die Bedürfnisse nach Zugehörigkeit und Selbstwert zu schützen (Williams & Nida, 2011). Auch wenn der Effekt der tDCS nicht nachgewiesen werden konnte, ließ sich zumindest in den Häufigkeitsvergleich herauslesen, dass die Teilnehmer der verum-Gruppe eine höhere Tendenz zeigten, den Excluder anzuspielen. Daher kann, unter Berücksichtigung bisheriger Forschungsergebnisse zu den emotionsregulierenden Effekten einer tDCS über dem rVLPFK (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; Riva et al., 2012, 2015a, 2015b), spekuliert werden, dass die verum-tDCS eventuell eine höhere Beständigkeit in der Anwendung der prosozialen Bewältigungsstrategie fördern kann. Davon ausgehend könnte eine tDCS über dem rVLPFK möglicherweise resignativen Tendenzen vorbeugen und den betreffenden Personen zu mehr Beharrlichkeit in der Bewältigung von belastenden (sozialen) Situationen verhelfen. Ausgehend von dieser Behauptung, wäre es interessant in weiteren Studien die Wirkung einer tDCS über dem rVLPFK auf die emotionsgesteuerte Bewältigungskompetenz zum Beispiel in interpersonellen Konfliktsituationen oder aber auch von anderen Belastungssituationen, beispielsweise in Bezug auf das Arbeitsgedächtnis oder Reaktionsschnelligkeit während eines psychologischen Belastungs- und Stresstest tiefergehend zu untersuchen. Darüber hinaus veranschaulicht der Vergleich des Spielverhaltes innerhalb der Gruppe, dass bei den Teilnehmern mit verum-Stimulation eine Veränderung im Spielverhalten zwischen Einschluss- und Ausschlussbedingung ersichtlich wurde,

wenn auch nur marginal statistisch signifikant. Deshalb wäre es interessant, diese Beobachtung weiter wissenschaftlich zu untersuchen, möglicherweise mit einer bizephalen Elektrodenmontage und einer nur einmalig erfolgenden Cyberball-Konfrontation. Zudem könnte man das *partielle vs. totale* Ausschluss-Paradigma gegeneinander unter Stimulationsbedingungen testen, um zu untersuchen inwieweit sich die Bewältigungsstrategien unterscheiden.

Des Weiteren zeigen die Resultate zum Need-Threat-Modell (Williams, 2009) ein eindeutiges Bild für den Vergleich zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe. Obwohl in dieser Studie nicht mit einem totalen Ausschluss-, sondern einem partiellen sozialen Ausschluss-Paradigma gearbeitet wurde, konnten dennoch zuverlässig Ostrazismuseffekte auf das Ausmaß der Bedürfnisbedrohung repliziert werden. Die erwartete Annahme, dass durch die Anwendung des Cyberball-Paradigmas deutliche Unterschiede in der Bedürfnisbedrohung zwischen der Einschluss- und Ausschlussvariante hervorruft, konnte mit überwiegend hohen Effektstärken bestätigt werden. Die Ergebnisse stehen daher im Einklang mit den Ergebnisse anderer Studien (Jobst et al., 2014, 2015; Williams, 2009), in denen gezeigt werden konnte, dass ausgeschlossene Probanden sich signifikant mehr in ihren Bedürfnissen nach Zugehörigkeit, Selbstwert, Bedeutsamkeit und Kontrolle bedroht fühlten, als eingeschlossene Probanden. Darüber hinaus ergab sich ein signifikanter Effekt der Stimulation auf das Ausmaß an Zugehörigkeitsempfinden. Probanden mit einer verum-Stimulation fühlten sich insgesamt mehr in ihrem Zugehörigkeitsbedürfnis bedrohter als Personen mit einer sham-Stimulation. Dieser Effekt konnte jedoch in der Interaktion mit dem Integrationsstaus nicht nachgewiesen werden. Aufgrund der fehlenden Interaktion konnten vorherige Resultate zur emotionsregulierenden Wirkung einer, über dem rVLPFK angewendeten, tDCS (Eisenberger, Lieberman & Williams, 2003; Riva et al., 2012, 2015a, 2015b) in dieser Form nicht repliziert werden. Auch die weitere Prüfung des Einflusses einer tDCS auf die übrigen Bedürfnisse ergab keine statistisch bedeutsamen Ergebnisse. Mögliche Gründe dafür wurden bereits weiter oben, im Hinblick auf das Verhältnis zwischen Elektrodendistanz und Stromintensität, diskutiert. Daher wäre es auch für diese Fragestellung wissenschaftlich interessant mit angepassten Stimulationsparameter (bizephale Montage oder erhöhte Stromintensität bei extrazephaler Referenzelektrode) den Effekt einer tDCS auf das Ausmaß der Bedürfnisbedrohung nach einer sozialen Ausgrenzungserfahrung zu untersuchen. Auch hier wäre das Experiment *partieller vs. totaler* sozialer Ausschluss eine weitere interessante Variation im Kontext der Cyberball-Forschung.

Die Exploration hinsichtlich möglicher Zusammenhänge zwischen Personeneigenschaften wie Zurückweisungsempfindlichkeit, Einsamkeit, Resilienz, Mobbing Erfahrungen, Selbstwert und Neurotizismus erbrachten keine signifikanten Ergebnisse, obwohl in der Literatur gezeigt werden konnte, dass besonders die Angst vor Zurückweisung (Downey et al., 2004; Zadro, Boland & Richardson, 2006) und Einsamkeit (Allen & Badcock, 2003; Zadro, Williams & Richardson, 2004) im

Zusammenhang mit einer ungünstigeren Ostrazismus Bewältigung assoziiert sind. Möglicherweise konnten keine relevanten Zusammenhänge festgestellt werden aufgrund des psychisch unauffälligen Stichprobenprofils, wie man anhand der Ergebnisse zum Neurotizismus, Resilienz, Einsamkeit oder Selbstwert erkennen konnte. Es kann angenommen werden, dass die Testung mit gesunden Teilnehmern zu weniger starken Zusammenhängen geführt hat, als man beispielsweise für psychisch Erkrankte, Personen mit Depressionen oder Borderline Patienten annehmen kann. Basierend auf den Ergebnissen zu unterschiedlich ausgeprägten Mitspielerpräferenzen wurde nachfolgend der Frage nachgegangen, ob die Präferenz für den Excluder bzw. Includer eventuell mit den Personenvariablen der Zurückweisungsempfindlichkeit und Einsamkeit im Zusammenhang stehen könnte. Dafür wurde eine Korrelation mit dem nicht-parametrischen Verfahren der Rangkorrelation nach Spearman berechnet. Die Daten wurden zuvor auf Normalverteilung getestet und anschließend mittels Box-Plots Analyse um Ausreißer bereinigt. Die Ergebnisse zeigten keine signifikante Korrelation zwischen den Mitspielerpräferenzen und der Zurückweisungsempfindlichkeit, $r=0,86$, $p=.59$, sowie keine signifikante Korrelation zwischen den Mitspielerpräferenzen und der subjektiv empfundenen Einsamkeit, Einsamkeitsgefühle, $r=-0,12$, $p=.45$, emotionaler Isolation, $r=-0,11$, $p=.51$ und sozialer Isolation, $r=-0,07$, $p=.67$. Trotz fehlender Hinweise über einen Zusammenhang zwischen Personenvariablen und dem Spielverhalten unter Ausschlussbedingungen, wäre es für zukünftige Cyberballtestungen interessant, bestimmte Merkmale gezielter zu integrieren, wie z.B. Personen mit mehrfachen oder langanhaltenden Mobbing erfahrung sowie psychischen Auffälligkeiten aufgrund negativer Beziehungserfahrung und dergleichen. Aktuell erforscht die Gruppe um Prof. Dr. Padberg und PD Dr. Jobst Zusammenhänge zwischen frühen Traumatisierungen in der Kindheit und dem Spielverhalten im partiellen sozialen Ausschlussparadigma bei Patienten mit Depressionen und einer Borderline Persönlichkeitsstörung.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass das neue, adaptierte Cyberball-Paradigma mit einem partiell erfolgenden sozialen Ausschluss in der Experimentalbedingung vergleichbar gute Effekte wie das klassische Cyberballspiel von Williams und Kollegen (Williams & Jarvis, 2006) erzielte. Die Auswertungen zum Need-Threat-Modell zeigten einen Effekt von Ostrazismus auf alle vier fundamentalen Bedürfnisse. Es kann daher geschlossen werden, dass das adaptierte Cyberball-Paradigma sozialen Ausschluss verlässlich simulieren kann. Ein signifikanter Effekt der Hirnstimulation mit einer tDCS über dem rVLPFK auf das Spielverhalten während der Experimentalbedingung konnte nicht festgestellt werden. Andererseits ergab sich in der verum-Gruppe ein marginaler statistischer Unterschied im Spielverhalten zwischen ausgeschlossenen und eingeschlossenen Personen. Diese Beobachtung konnte für die Personen mit einer sham-Stimulation nicht festgestellt werden. Allerdings ergaben sich in der verum-Gruppe keine signifikanten Unterschiede im Spielverhalten zwischen den einzelnen Spielminuten. Deskriptiv konnte jedoch dargelegt werden, dass die Personen mit einer verum-Stimulation insgesamt die ausschließende Person etwas mehr bevorzugten. Diese Verhaltensneigung deutet auf eine konsistentere prosoziale Strategie zur Wiederherstellung der sozialen Integration hin. Ein zunächst unerwartetes Ergebnis zum Effekt der Hirnstimulation wurde für das Bedürfnis nach Zugehörigkeit gefunden. Hier zeigte sich, dass die Personen mit einer verum-Stimulation sich signifikant mehr in ihrem Bedürfnis bedroht gefühlt haben, als die Probanden mit der sham-Stimulation. Indes zeigten die Personen der verum-Gruppe auch für die Kontrollbedingung eine höhere Bedürfnisbedrohung für Zugehörigkeit an. Die Prüfung der eigentlichen Forschungshypothese hinsichtlich der Frage, ob ausgeschlossene Personen mit einer verum-tDCS sich weniger in ihren Bedürfnissen bedroht fühlen als Personen mit einer sham-tDCS, ergab leider eine nicht signifikante Interaktion zwischen den Faktoren *Stimulation*Integrationsstatus*. Das bedeutet, dass die Hirnstimulation keinen Einfluss auf das Ausmaß der Bedürfnisbedrohung unter der Bedingung sozialer Ausgrenzung hatte. Daher kann das Ergebnis eines signifikanten Haupteffekts der Stimulation dahingehend interpretiert werden, dass die Personen der verum-Gruppe insgesamt, also sowohl in der Einschluss- als auch in der Ausschlussvariante, zufällig höhere Werte angegeben haben. Für die explorative Analyse zur Frage, ob bestimmte Personencharakteristika einen Einfluss auf das Spielverhalten während der sozialen Ausschlussvariante haben, konnte für keine der erhobenen Eigenschaften wie Zurückweisungsempfindlichkeit, Einsamkeit, Resilienz, Mobbing und Neurotizismus ein Einfluss konstatiert werden. Als mögliche Einschränkung auf die Effekte der Hirnstimulation kann die wahrscheinlich ungünstige Elektrodenmontage genannt werden. Es ist anzunehmen, dass die Stromintensität von 1 mA für die Stimulation mit einer extrazephalen Referenzelektrode auf dem kontralateralen Oberarm zu niedrig war, so dass die Effekte möglicherweise aufgrund der Distanz zwischen Anode und Kathode minimiert wurden. Daher wäre es in zukünftigen tDCS-Cyberball-Studien

anzuraten, entweder die Distanz zu verringern oder die Stromintensität auf 2 mA zu erhöhen, um besser Effekte zu erhalten. Weitere Limitationen dieser Studie beziehen sich auf den vergleichsweise erhöhten zeitlichen Aufwand für die Probanden. Um dem Umstand möglicher Ernüchterungseffekte Rechnung zu tragen, könnte man, ähnlich wie in den Studien von Riva et al. (2012, 2015a, 2015b) und Kelley et al. (2015), ein Zwischensubjekt-Design anwenden. Trotz des fehlenden Innersubjektfaktors konnte in den genannten Studien von Riva (2012, 2015a, 2015b) und Kelley (2015) ausreichende Effektstärken der Hirnstimulation mit tDCS auf die Zielvariable aufgezeigt werden. Daher könnte man, um den zeitlichen Aufwand zu reduzieren, die Probanden entweder der Einschluss- oder Ausschlussbedingung randomisiert zuordnen, so dass jeder Proband nur einmal, anstatt zweimal zur Cyberball-Testung erscheinen muss. Dafür sollte allerdings die Fallzahl um das Doppelte erhöht werden. Eine weitere Option könnte die Integration der Baselinephase als Kontrollvariable zum Spielverhalten unter Ausschlussbedingung darstellen. Da es in der Einschlussbedingung zu keinem abweichenden oder auffälligen Spielverhalten kam, kann vermutet werden, dass die Baseline mit einer Spieldauer von 2 Minuten zur Erhebung des natürlichen Spielverhaltens als Kontrolle für einen Innersubjektvergleich ausreichen könnte. Zudem kann sich die Reduktion auf nur einen Testtermin positiv auf das Erreichen stärker Ostrazismuseffekte auswirken, da die Teilnehmer möglicherweise unkritischer und damit empfänglicher für die Effekte einer sozialen Ausgrenzungserfahrung wären, als wenn sie zweimal mit dem Spiel konfrontiert werden. Eine weitere Einschränkung ist der reduzierte Stichprobenumfang dieser Studie. Da die Fallzahl in der Hauptanalyse aufgrund einer nicht ernsthaften Spielweise um drei Fälle reduziert werden musste, umfassten die weiteren Auswertungen ein $n=18$ in der verum-Gruppe und ein $n=19$ in der sham-Gruppe. Um eine ausreichende Teststärke zu gewährleisten, sollten daher potentielle negative Einflüsse auf die Motivation der Teilnehmer berücksichtigt werden. Die Reduktion des zeitlichen Aufwandes oder auch der Spiellänge sollte daher für zukünftigen tDCS-Cyberballtestungen in Erwägung gezogen werden. Aus den Erkenntnissen dieser Studien kann abschließend geschlussfolgert werden, dass das adaptierte Cyberball-Paradigma trotz einer vergleichsweise langen Spieldauer und unter Anwendung eines partiellen sozialen Ausschlusses verlässlich Ostrazismuseffekte hervorrufen kann. Zudem hat sich die Vermutung erhärtet, dass bei Hirnstimulationen die Applikation extrazephaler Referenzelektroden zu möglichen Distanzeffekten führen kann, die die Wirkung der tDCS vermindern können. Deshalb sollte in zukünftigen tDCS Studien die Festlegung der Elektrodenmontage besonders unter dem Aspekt des Verhältnisses von Stromstärke, Distanz und Lateralität evaluiert werden.

7 Appendix

Patienteninformation und Einwilligungserklärung

„Einfluss einer einmaligen transkraniellen Gleichstrom Stimulation (tDCS) auf das soziale Verhalten am Beispiel einer Kleingruppe“

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,

vielen Dank für Ihr Interesse an unserer Untersuchung zum interpersonellen Verhalten in sozialen Situationen. In diesem Schreiben werden Sie über die Inhalte der Studie aufgeklärt und welche Untersuchungen im Einzelnen durchgeführt werden.

Ziel der Studie

Im Rahmen der Studie soll das interpersonelle Verhalten in einer Kleingruppe unter dem Einfluss einer einmaligen Gehirnstimulation untersucht werden. Dazu wurde ein multi-player Computerspiel gewählt, um eine spielerische Interaktion zwischen sich unbekanntenen Personen herzustellen.

Ablauf der Studie

Am Untersuchungstermin werden Sie an einem virtuellen Computerspiel teilnehmen, welches eine gute Methode darstellt, das spontane Verhalten in einer Kleingruppe zu untersuchen. Das Computerspiel wird über das Internet zusammen mit den Mitspielern gespielt, die Sie auf dem Bildschirm sehen. Es ist nicht wichtig, welche Leistung Sie erbringen. Vielmehr ist es wichtig, dass Sie sich das gesamte Spielgeschehen als möglichst wirklich vorstellen. Zusätzlich erhalten Sie während des Spiels eine Gehirnstimulation mit dem nicht-invasiven Verfahren der transkraniellen Gleichstrom Stimulation (tDCS – transcranial direct current stimulation). Sie werden randomisiert, also per Zufallsentscheidung, einer der drei Versuchsbedingungen zugeordnet. Es werden folgende Gruppen unterschieden: Anodale Gehirnstimulation. Es wird angenommen, dass diese die Erregbarkeit von Neuronen erhöht. Kathodale Stimulation. Es wird angenommen, dass diese die Erregbarkeit von Neuronen vermindert. Placebogruppe, das bedeutet Sie erhalten eine Scheinstimulation. Da es sich um eine einfach-verblindete Studie handelt, dürfen wir Sie erst nach der Studie darüber informieren in welcher Gruppe sie waren.

Vor und nach der Durchführung des Spiels werden Ihnen mehrere Fragebögen zur Selbsteinschätzung vorgelegt, um Ihre aktuelle Befindlichkeit sowie die Veränderungen Ihrer

Befindlichkeit durch das Spiel zu erfassen. Zusätzlich wird während des Spiels eine psychophysiologische Messung ihrer Herzrate und ihrer elektrodermalen Aktivitäten vorgenommen.

Teilnahmebeschränkung

Eine Teilnahme an der Studie ist nicht möglich, wenn mindestens eines der folgenden Kriterien auf Sie zutrifft:

- ich nehme aktuell Psychopharmaka ein
- ich hatte einmal in meinem Leben ein Schädel-Hirn-Trauma

- es wurde einmal in meinem Leben ein chirurgischer Eingriff am Gehirn vorgenommen
- ich habe elektronische Implantate am Kopf
- Ich leide an einer schweren körperlichen Erkrankung oder psychischen Erkrankung
- Ich bin schwanger

Risiken der Teilnahme

Die mit einer Studienteilnahme verbundenen emotionalen Belastungen beschränken sich auf eine gewisse Belastung durch die Befragungen bzw. das Ausfüllen der Fragebögen sowie die Teilnahme an dem virtuellen Computerspiel. Diese geht jedoch nicht über die Belastung einer professionellen Befragung z.B. durch einen Arzt, Psychotherapeuten oder Psychologen hinaus.

Die vor und während des Computerspiels durchgeführte Stimulationsbehandlung mittels tDCS, gilt allgemein als sicher und nebenwirkungsarm. Diese Einschätzung stützt sich auf zahlreiche Untersuchungen bei Gesunden. Der von uns verwendete Gleichstromstimulator verfügt über eine sogenannte CE-Zertifizierung und ist für die Anwendung am Menschen geprüft.

Unangenehm kann für die Teilnehmer das elektrisch hervorgerufene Kribbeln am Ort der Stimulation sein. Die elektrische Stimulation führt zu einer wenige Sekunden dauernden Reizung der Kopfhaut, die von den Teilnehmern als Kribbeln und Ziehen beschrieben wurde. Selten können Kopfschmerzen auftreten, diese sind meistens leicht ausgeprägt und sprechen auf normale Kopfschmerzmittel an.

Aufgrund des Kontaktes von Schwammelektrode und Haut können Hautreizungen mit Hautrötungen auftreten. In der Vergangenheit kam es vereinzelt bei Probanden unter tDCS zu einem Umschlagen der Stimmung (einem sog. „Switch“) in eine hypomanische bzw. manische Phase. Bei diesen Probanden lag teils bereits eine bipolare Erkrankung (manisch-depressiv) vor.

Sollten nach der Stimulation unerwünschte Wirkungen auftreten, informieren Sie bitte immer - auch bei scheinbar unwesentlichen Beschwerden - tagsüber das Studienpersonal unter der Telefonnummer 089-4400-55511 (Pforte der Klinik, dann bitte mit den betreffenden Personen verbinden lassen. Außerhalb der Dienstzeiten informieren Sie bitte den diensthabenden Arzt der Psychiatrischen Klinik über dieselbe Telefonnummer.

Bei Unverträglichkeit sowie aus eigenem Wunsch können sie die Bearbeitung, bzw. Teilnahme jederzeit und ohne Angabe von Gründen beenden.

Vertraulichkeit und Datenschutz

Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Sie erhoben und gespeichert. Die Studiendaten und sämtliche Unterlagen werden erst nach Verschlüsselung (Pseudonymisierung) und nur in verschlüsselter Form weitergegeben, d.h. weder Ihr Name noch ihre Initialen oder das exakte Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode. Im Falle eines Widerrufs der Einwilligung werden die pseudonymisiert gespeicherten Daten in irreversibel anonymisierter Form weiter verwendet.

Der Zugang zu den Originaldaten und zum Verschlüsselungscode ist auf folgende Personen beschränkt: Prof. Dr. F. Padberg und Frau Mag. Linda Wulf. Die Unterlagen werden in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie für 10 Jahre aufbewahrt. Eine Entschlüsselung erfolgt lediglich in Fällen, in denen es Ihre eigene Sicherheit erfordert („medizinische Gründe“) oder falls es zu Änderungen in der wissenschaftlichen Fragestellung kommt („wissenschaftliche Gründe“). Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten gewährleistet.

Wegeunfallversicherung

Für die Probanden wird für den Untersuchungstermin eine Wegeunfallversicherung bei der HDI-Gerling Industrie Versicherung AG abgeschlossen. Es gelten die allgemeinen Haftungsbedingungen. Auf den Abschluss einer zusätzlichen verschuldensunabhängigen Versicherung wurde verzichtet, so dass für Sie diesbezüglich kein Versicherungsschutz besteht. Einen Schaden, der Ihrer Meinung nach auf die Studie zurückzuführen ist, melden Sie bitte unverzüglich dem Versuchs- oder Projektleiter.

Rückmeldung

Auf Wunsch erhalten Sie eine persönliche Auswertung Ihrer Daten, sowie eine Darstellung der Gesamtergebnisse der Studie.

Sollten Sie sich nicht für diese Studie entscheiden, entstehen Ihnen natürlich keinerlei Nachteile.

Während der Studie können Sie jeder Zeit ohne Angaben von Gründen Ihre Studienteilnahme beenden.

Für Rückfragen stehen Ihnen gerne zur Verfügung:

Prof. Dr. Frank Padberg (Studienleiter)

Tel.: 089 4400-53358

Mag. Linda Wulf (Psychologin im Projekt)

Tel.: 089 4400-55899

Oder schriftlich via Email:

PSY-Verhaltensstudie@med.uni-muenchen.de

.....

.....

Ort/Datum
Medizinstudentin

Name der aufklärenden Ärztin/ Psychologin/

Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie:

„Einfluss einer einmaligen transkraniellen Gleichstrom Stimulation (tDCS) auf das soziale Verhalten am Beispiel einer Kleingruppe“

Inhalt, Vorgehensweise, Risiken und Ziel des obengenannten Forschungsprojektes hat mir Frau/Herr ausreichend erklärt.

Ich stimme der Teilnahme an der wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen o.g. Studie mit Erhebung und Verwendung meiner Daten zu.

Ich wurde schriftlich und mündlich über die geplanten Untersuchungen informiert und hatte ausreichend Gelegenheit meine Fragen hierzu zu klären.

Ich habe insbesondere die mir vorgelegte Teilnehmerinformation verstanden und eine Ausfertigung derselben und dieser Einwilligungserklärung erhalten.

Mir ist bekannt, dass ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne nachteilige Folgen für mich zurückziehen und einer Weiterverarbeitung meiner Daten jederzeit widersprechen und ihre Löschung verlangen kann.

.....

Name des Probanden

.....

Ort, Datum

Unterschrift des Probanden

Zum Versicherungsschutz

Mir ist bekannt, dass ich während der Teilnahme an dem Forschungsprojekt keinen über die verschuldensabhängige Haftung hinausgehenden Versicherungsschutz für eventuell durch die Studie verursachte Schäden genieße. Es gelten die allgemeinen Haftungsbedingungen. Auf den Abschluss einer zusätzlichen verschuldensunabhängigen Versicherung wurde verzichtet, so dass diesbezüglich kein Versicherungsschutz besteht. Einen Schaden, der meiner Meinung nach auf die Studie zurückzuführen ist, melde ich unverzüglich dem Versuchs- oder Projektleiter.

Ort, Datum

Unterschrift (Proband)

Einverständniserklärung zum Datenschutz

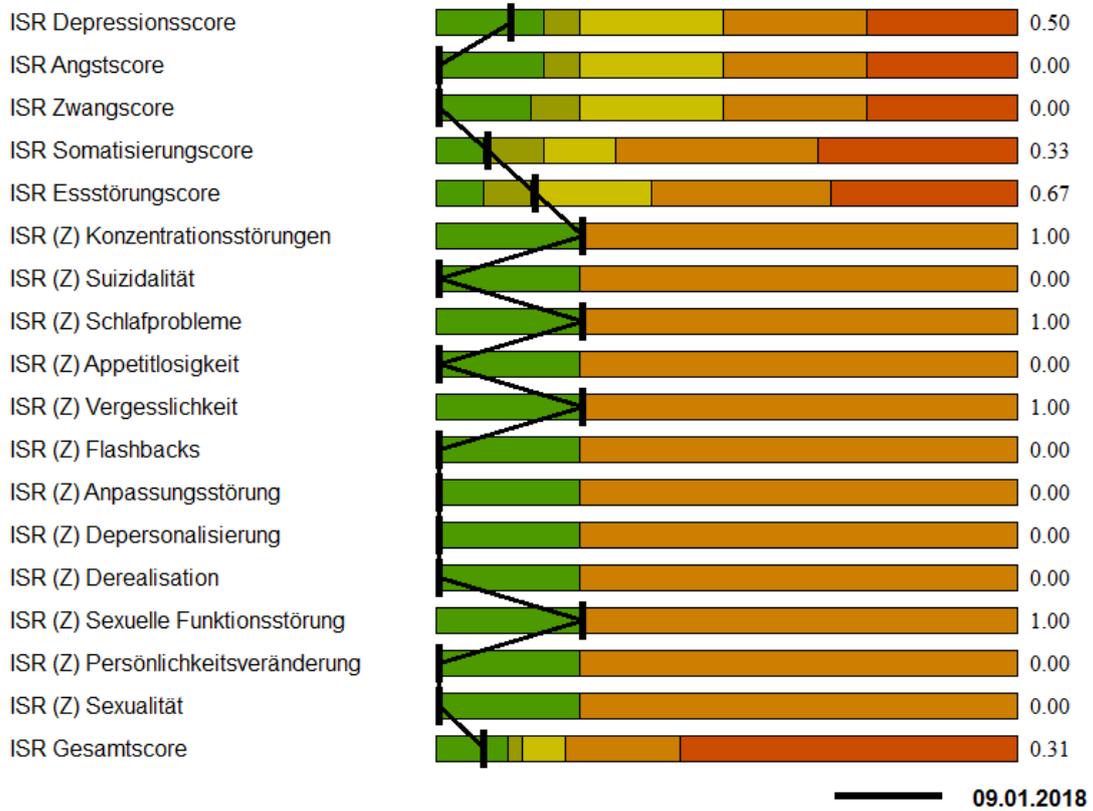
Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Patienteninformation einverstanden.

Ort, Datum

Unterschrift (Proband)

ISR-Scale – Beispiel Profiloutput

ISR Testauswertung Patient Nr. 99, Max Mustermann



Legende:

- keine Symptombelastung
- potentielle Symptombelastung
- geringe Symptombelastung
- mittlere Symptombelastung
- schwere Symptombelastung

Items mit der Bezeichnung (Z) sind ISR-Zusatzitems, dabei gelten Werte über Null als auffällig.

Glaubwürdigkeitsfragebogen

Aufklärung zum Experiment

Abschließend möchten wir Sie darüber aufklären, dass das zurückliegende Experiment lediglich eine SIMULATION war und zu KEINEM Zeitpunkt eine online-Verbindung bestand. Ihre virtuellen Mitspieler haben Ihre Fotos freundlicherweise schon lange Zeit vor diesem Experiment zur Verfügung gestellt. Sie haben also ausschließlich mit dem Computer gespielt!

Dieses Herangehen war notwendig, um in Ihnen den uns interessierenden Eindruck des sozialen Aus- bzw. Einschlusses in einem experimentell standardisierten Rahmen zu erzeugen. Mit Ihrer Teilnahme an dieser Studie haben auch Sie dazu beigetragen. Dafür bedanken wir uns.

Wir möchten Sie abschließend darum bitten uns mit Hilfe der bereits bekannten Analogskalen mitzuteilen wie GLAUBWÜRDIG das Experiment auf Sie gewirkt hat.

	<i>Gar nicht</i>		<i>Sehr stark</i>		
	1	2	3	4	5
Haben Sie an den initialen Erklärungen gezweifelt?	<input type="checkbox"/>				
Haben Sie am Internet-Setting gezweifelt?	<input type="checkbox"/>				
Haben Sie an der Echtheit ihrer Mitspieler gezweifelt?	<input type="checkbox"/>				
Wie glaubwürdig war das Ballspiel?	<input type="checkbox"/>				
Wie sehr ärgern Sie sich darüber erst jetzt aufgeklärt zu werden?	<input type="checkbox"/>				

8 Literaturverzeichnis

- Adler, A. (1929). *The theory and practice of individual psychology*: Kegan Paul.
- Allen, N. B., & Badcock, P. B. (2003). The social risk hypothesis of depressed mood: evolutionary, psychosocial, and neurobiological perspectives. *Psychological Bulletin*, *129*(6), 887.
- Antal, A., Alekseichuk, I., Bikson, M., Brockmüller, J., Brunoni, A., Chen, R., . . . Flöel, A. (2017). Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. *Clinical Neurophysiology*, *128*(9), 1774-1809.
- Balan, P. F., Gerits, A., & Vanduffel, W. (2014). A practical application of text mining to literature on cognitive rehabilitation and enhancement through neurostimulation. *Frontiers in systems neuroscience*, *8*, 182.
- Barker, A. T., Jalinous, R., & Freeston, I. L. (1985). Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *The Lancet*, *325*(8437), 1106-1107.
- Barner-Barry, C. (1986). Rob: Children's tacit use of peer ostracism to control aggressive behavior. *Ethology and Sociobiology*, *7*(3-4), 281-293.
- Batsikadze, G., Moliadze, V., Paulus, W., Kuo, M. F., & Nitsche, M. (2013). Partially non - linear stimulation intensity - dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans. *The Journal of physiology*, *591*(7), 1987-2000.
- Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The Need to Belong: Desire for Interpersonal Attachments as a Fundamental Human Motivation. *Psychological Bulletin*, *117*(3), 497-529.
- Berenson, K. R., Downey, G., Rafaeli, E., Coifman, K. G., & Paquin, N. L. (2011). The rejection–rage contingency in borderline personality disorder. *Journal of Abnormal Psychology*, *120*(3), 681.
- Berenson, K. R., Gyurak, A., Ayduk, Ö., Downey, G., Garner, M. J., Mogg, K., . . . Pine, D. S. (2009). Rejection sensitivity and disruption of attention by social threat cues. *Journal of research in personality*, *43*(6), 1064-1072.
- Berkman, E. T., & Lieberman, M. D. (2009). Using neuroscience to broaden emotion regulation: Theoretical and methodological considerations. *Social and Personality Psychology Compass*, *3*(4), 475-493.
- Bikson, M., Datta, A., Rahman, A., & Scaturro, J. (2010). Electrode montages for tDCS and weak transcranial electrical stimulation: role of “return” electrode’s position and size. *Clinical Neurophysiology*, *121*(12), 1976-1978.
- Bikson, M., Grossman, P., Thomas, C., Zannou, A. L., Jiang, J., Adnan, T., . . . Boggio, P. (2016). Safety of transcranial direct current stimulation: evidence based update 2016. *Brain stimulation*, *9*(5), 641-661.
- Bindman, L. J., Lippold, O., & Redfearn, J. (1964). The action of brief polarizing currents on the cerebral cortex of the rat (1) during current flow and (2) in the production of long - lasting after - effects. *The Journal of physiology*, *172*(3), 369-382.
- Blackhart, G. C., Nelson, B. C., Knowles, M. L., & Baumeister, R. F. (2009). Rejection elicits emotional reactions but neither causes immediate distress nor lowers self-esteem: A meta-analytic review of 192 studies on social exclusion. *Personality and Social Psychology Review*, *13*(4), 269-309.
- Bowlby, J. (1972). *Attachment: Attachment and loss. vol: 1*: Penguin Books.
- Brunoni, Amadera, J., Berbel, B., Volz, M. S., Rizzerio, B. G., & Fregni, F. (2011). A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, *14*(8), 1133-1145.
- Brunoni, Nitsche, M. A., Bolognini, N., Bikson, M., Wagner, T., Merabet, L., . . . Pascual-Leone, A. (2012). Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions. *Brain stimulation*, *5*(3), 175-195.
- Brunoni, A., Nitsche, M., & Loo, C. (2016). *Transcranial Direct Current Stimulation in Neuropsychiatric Disorders*.

- Brunoni, A. R., Moffa, A. H., Sampaio-Junior, B., Borrione, L., Moreno, M. L., Fernandes, R. A., . . . Razza, L. B. (2017). Trial of electrical direct-current therapy versus escitalopram for depression. *New England Journal of Medicine*, *376*(26), 2523-2533.
- Brunoni, A. R., Valiengo, L., Baccaro, A., Zanão, T. A., de Oliveira, J. F., Goulart, A., . . . Fregni, F. (2013). The sertraline vs electrical current therapy for treating depression clinical study: results from a factorial, randomized, controlled trial. *JAMA psychiatry*, *70*(4), 383-391.
- Bush, B., Shaw, S., Cleary, P., Delbanco, T. L., & Aronson, M. D. (1987). Screening for alcohol abuse using the CAGE questionnaire. *The American journal of medicine*, *82*(2), 231-235.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in cognitive sciences*, *4*(6), 215-222.
- Carter-Sowell, A., Chen, Z., & Williams, K. (2006). *Loneliness and social monitoring in social interaction*. Paper presented at the Presentation at the annual meeting for the Midwestern Psychological Association, Chicago, IL.
- Carter, C. S., Macdonald, A. M., Botvinick, M., Ross, L. L., Stenger, V. A., Noll, D., & Cohen, J. D. (2000). Parsing executive processes: strategic vs. evaluative functions of the anterior cingulate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*(4), 1944-1948.
- Case, T. I., & Williams, K. D. (2004). Ostracism: A Metaphor for Death.
- Cerletti, U., & Bini, L. (1938). L'Elettroschok. *Arch Gen Neurol Psychiatr Psicoanal*, *19*.
- Chew, T., Ho, K.-A., & Loo, C. K. (2015). Inter-and intra-individual variability in response to transcranial direct current stimulation (tDCS) at varying current intensities. *Brain stimulation*, *8*(6), 1130-1137.
- Chikazoe, J., Jimura, K., Asari, T., Yamashita, K., Morimoto, H., Hirose, S., . . . Konishi, S. (2009). Functional dissociation in right inferior frontal cortex during performance of go/no-go task. *Cereb Cortex*, *19*(1), 146-152. doi:10.1093/cercor/bhn065
- Cohen, J. (1988). The effect size. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 77-83.
- Cohen, J. R., Berkman, E. T., & Lieberman, M. D. (2013). Intentional and incidental self-control in ventrolateral PFC. *Principles of frontal lobe function*, 417-440.
- Costa, P. T., & MacCrae, R. R. (1992). *Revised NEO personality inventory (NEO PI-R) and NEO five-factor inventory (NEO-FFI): Professional manual*: Psychological Assessment Resources, Incorporated.
- Dalgleish, T., Walsh, N. D., Mobbs, D., Schweizer, S., van Harmelen, A. L., Dunn, B., . . . Stretton, J. (2017). Social pain and social gain in the adolescent brain: A common neural circuitry underlying both positive and negative social evaluation. *Sci Rep*, *7*, 42010. doi:10.1038/srep42010
- De Rubeis, J., Sutterlin, S., Lange, D., Pawelzik, M., van Randenborgh, A., Victor, D., & Vogele, C. (2016). Attachment Status Affects Heart Rate Responses to Experimental Ostracism in Inpatients with Depression. *PLoS One*, *11*(3), e0150375. doi:10.1371/journal.pone.0150375
- Dewald-Kaufmann, J., Jobst, A., Wüstenberg, T., Barton, B., Reinhard, M., Musil, R., . . . Padberg, F. (2017). *Social repair as a mechanism to protect human fundamental needs – data from experimentally induced social exclusion*. WPA XVII World Congress of Psychiatry DGPPN. Berlin.
- Dilling, H., Mombour, W., Schmidt, M. H., & Organization, W. H. (1991). Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10, Kapitel V (F, klinisch-diagnostische Leitlinien).
- Donne, J. (1959). *Devotions upon emergent occasions: together with death's duel* (Vol. 30): University of Michigan Press.
- Döring, N., & Bortz, J. (1993). Psychometrische Einsamkeitsforschung: Deutsche Neukonstruktion der UCLA Loneliness Scale. *Diagnostica*.
- Downey, G., & Feldman, S. I. (1996). Implications of rejection sensitivity for intimate relationships. *Journal of Personality and Social Psychology*, *70*(6), 1327.
- Downey, G., Mougios, V., Ayduk, O., London, B. E., & Shoda, Y. (2004). Rejection sensitivity and the defensive motivational system: Insights from the startle response to rejection cues. *Psychological Science*, *15*(10), 668-673.

- Dyke, K., Kim, S., Jackson, G. M., & Jackson, S. R. (2016). Intra-subject consistency and reliability of response following 2 mA transcranial direct current stimulation. *Brain stimulation*, 9(6), 819-825.
- Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1994). *An introduction to the bootstrap*: CRC press.
- Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D., & Williams, K. D. (2003). Does rejection hurt? An FMRI study of social exclusion. *Science*, 302(5643), 290-292. doi:10.1126/science.1089134
- Ernst, M., Bolla, K., Mouratidis, M., Contoreggi, C., Matochik, J. A., Kurian, V., . . . London, E. D. (2002). Decision-making in a risk-taking task: a PET study. *Neuropsychopharmacology*, 26(5), 682-691. doi:10.1016/S0893-133X(01)00414-6
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149-1160.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*: sage.
- Finger, S., & Piccolino, M. (2011). *The shocking history of electric fishes: from ancient epochs to the birth of modern neurophysiology*: Oxford University Press.
- Fiske, S. T., & Yamamoto, M. (2005). Coping with rejection: Core social motives across cultures.
- Freud, S. (2005). *Civilization and its discontents*: WW Norton & Company.
- Fritsch, B., Reis, J., Martinowich, K., Schambra, H. M., Ji, Y., Cohen, L. G., & Lu, B. (2010). Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning. *Neuron*, 66(2), 198-204.
- Galvani, L., & Aldini, G. (1792). *Aloysii Galvani... De viribus electricitatis in motu musculari commentarius cum Ioannis Aldini Dissertatione et notis. Accesserunt Epistolæ ad animalis electricitatis theoriam pertinentes*: Apud Societatem Typographicam.
- Gandiga, P., Hummel, F., & Cohen, L. (2006). Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 117(4), 845.
- Gardner, W. L., Pickett, C. L., & Knowles, M. (2005). Social snacking and shielding: using social symbols, selves, and surrogates in the service of belonging needs. In K. D. Williams, J. Forgas, & W. Von Hippel (Eds.), *The Social Outcast: Ostracism, Social Exclusion, Rejection, and Bullying* (pp. 227-238). New York, NY, USA
- Hove, East Sussex, Great Britain: Psychology Press.
- Gross, J. J., & Levenson, R. W. (1995). Emotion elicitation using films. *Cognition & emotion*, 9(1), 87-108.
- Gruter, M., & Masters, R. D. (1986). Ostracism as a social and biological phenomenon: An introduction: Elsevier.
- Güth, W., Schmittberger, R., & Schwarze, B. (1982). An experimental analysis of ultimatum bargaining. *Journal of economic behavior & organization*, 3(4), 367-388.
- Hariri, A. R., Bookheimer, S. Y., & Mazziotta, J. C. (2000). Modulating emotional responses: effects of a neocortical network on the limbic system. *Neuroreport*, 11(1), 43-48.
- Hartgerink, C. H., van Beest, I., Wicherts, J. M., & Williams, K. D. (2015). The ordinal effects of ostracism: a meta-analysis of 120 Cyberball studies. *PLoS One*, 10(5), e0127002. doi:10.1371/journal.pone.0127002
- Hauke, J., & Kossowski, T. (2011). Comparison of values of Pearson's and Spearman's correlation coefficients on the same sets of data. *Quaestiones geographicae*, 30(2), 87-93.
- Heilbronner, S. R. (2016). Dorsal Anterior Cingulate Cortex: A Bottom-Up View. 39, 149-170. doi:10.1146/annurev-neuro-070815-013952
- Herrmann, C. S., Rach, S., Neuling, T., & Strüber, D. (2013). Transcranial alternating current stimulation: a review of the underlying mechanisms and modulation of cognitive processes. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 279.
- Higgins, E. S., & George, M. S. (2009). *Brain stimulation therapies for clinicians*: American Psychiatric Pub.
- Homepage des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte.

- Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O. (2015). Evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy human subjects: a systematic review. *Neuropsychologia*, *66*, 213-236.
- Horvath, J. C., Vogrin, S. J., Carter, O., Cook, M. J., & Forte, J. D. (2016). Effects of a common transcranial direct current stimulation (tDCS) protocol on motor evoked potentials found to be highly variable within individuals over 9 testing sessions. *Experimental brain research*, *234*(9), 2629-2642.
- Jacobson, L., Javitt, D. C., & Lavidor, M. (2011). Activation of inhibition: diminishing impulsive behavior by direct current stimulation over the inferior frontal gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(11), 3380-3387.
- Jamieson, J. P., Harkins, S. G., & Williams, K. D. (2010). Need threat can motivate performance after ostracism. *Pers Soc Psychol Bull*, *36*(5), 690-702. doi:10.1177/0146167209358882
- Jasper, H. H. (1958). The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *10*, 371-375.
- Jobst, A., Albert, A., Bauriedl-Schmidt, C., Mauer, M. C., Renneberg, B., Buchheim, A., . . . Padberg, F. (2014). Social exclusion leads to divergent changes of oxytocin levels in borderline patients and healthy subjects. *Psychother Psychosom*, *83*(4), 252-254. doi:10.1159/000358526
- Jobst, A., Sabass, L., Palagyi, A., Bauriedl-Schmidt, C., Mauer, M. C., Sarubin, N., . . . Padberg, F. (2015). Effects of social exclusion on emotions and oxytocin and cortisol levels in patients with chronic depression. *J Psychiatr Res*, *60*, 170-177. doi:10.1016/j.jpsychires.2014.11.001
- Kellaway, P. (1946). The part played by electric fish in the early history of bioelectricity and electrotherapy. *Bulletin of the History of Medicine*, *20*(2), 112-137.
- Kelley, N. J., Eastwick, P. W., Harmon-Jones, E., & Schmeichel, B. J. (2015). Jealousy increased by induced relative left frontal cortical activity. *Emotion*, *15*(5), 550-555. doi:10.1037/emo0000068
- Kim, S. H., & Hamann, S. (2007). Neural Correlates of Positive and Negative Emotion Regulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(5), 776-798.
- Klein, D. C., Fencil-Morse, E., & Seligman, M. E. (1976). Learned helplessness, depression, and the attribution of failure. *Journal of Personality and Social Psychology*, *33*(5), 508.
- Knoch, D., Nitsche, M. A., Fischbacher, U., Eisenegger, C., Pascual-Leone, A., & Fehr, E. (2008). Studying the neurobiology of social interaction with transcranial direct current stimulation--the example of punishing unfairness. *Cereb Cortex*, *18*(9), 1987-1990. doi:10.1093/cercor/bhm237
- Kratzenstein, C. (1745). 1745. Schreiben von dem Nutzen der Electricität in der Arzneywissenschaft: Halle: Hemmerde.
- Kross, E., Egner, T., Ochsner, K., Hirsch, J., & Downey, G. (2007). Neural dynamics of rejection sensitivity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(6), 945-956.
- Lancaster, J. B. (1986). Primate social behavior and ostracism. *Ethology and Sociobiology*, *7*(3-4), 215-225.
- Lang, N., Siebner, H. R., Ward, N. S., Lee, L., Nitsche, M. A., Paulus, W., . . . Frackowiak, R. S. (2005). How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain? *European Journal of Neuroscience*, *22*(2), 495-504.
- Largus, S. (1655). *Compositiones medicae. Joannes Rhodius recensuit, notis illustravit, lexicon Scribonianum adjecit*. Bibliopolae: Frambottus.
- Lauro, L. J. R., Rosanova, M., Mattavelli, G., Convento, S., Pisoni, A., Opitz, A., . . . Vallar, G. (2014). TDCS increases cortical excitability: Direct evidence from TMS-EEG. *Cortex*, *58*, 99-111.
- Lazarus, R. S., Folkman, S., & Stress, A. (1984). Coping. *Stress and emotion: A new synthesis*, *5*, 101-126.
- Leary, M. R., Haupt, A. L., Strausser, K. S., & Chokel, J. T. (1998). Calibrating the sociometer: The relationship between interpersonal appraisals and the state self-esteem. *Journal of Personality and Social Psychology*, *74*(5), 1290.

- Leary, M. R., Kowalski, R. M., Smith, L., & Phillips, S. (2003). Teasing, rejection, and violence: Case studies of the school shootings. *Aggressive behavior*, 29(3), 202-214.
- Lecrubier, Y., Weiller, E., & Herugeta, T. (1999). Mini International Neuro psychiatric Interview German Version 5.0. O. München: Psychiatrischen Universitätsklinik München.
- Leppert, K., Koch, B., Brähler, E., & Strauß, B. (2008). Resilience scale—evaluation of a long (RS-25) and a short version (RS-13). *Klinische Diagnostik und Evaluation*, 2, 226-243.
- Lieberman, Solomon, S., Greenberg, J., & McGregor, H. A. (1999). A hot new way to measure aggression: Hot sauce allocation. *Aggressive behavior*, 25(5), 331-348.
- Lieberman, M. D., & Eisenberger, N. I. (2006). A pain by any other name (rejection, exclusion, ostracism) still hurts the same: The role of dorsal anterior cingulate cortex in social and physical pain. *Social neuroscience: People thinking about thinking people*, 167-187.
- Lieberman, M. D., Eisenberger, N. I., Crockett, M. J., Tom, S. M., Pfeifer, J. H., & Way, B. M. (2007). Putting feelings into words. *Psychological Science*, 18(5), 421-428.
- Lieberman, M. D., Gaunt, R., Gilbert, D. T., & Trope, Y. (2002). Reflexion and reflection: A social cognitive neuroscience approach to attributional inference *Advances in experimental social psychology* (Vol. 34, pp. 199-249): Elsevier.
- Lieberman, M. D., Jarcho, J. M., Berman, S., Naliboff, B. D., Suyenobu, B. Y., Mandelkern, M., & Mayer, E. A. (2004). The neural correlates of placebo effects: a disruption account. *Neuroimage*, 22(1), 447-455.
- Liebetanz, D., Nitsche, M., & Paulus, W. (2003). Pharmacology of transcranial direct current stimulation: missing effect of riluzole *Supplements to Clinical neurophysiology* (Vol. 56, pp. 282-287): Elsevier.
- Maslow, A. H. (2013). *Toward a psychology of being*: Simon and Schuster.
- Massey Jr, F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American statistical association*, 46(253), 68-78.
- Masten, C. L., Eisenberger, N. I., Borofsky, L. A., Pfeifer, J. H., McNealy, K., Mazziotta, J. C., & Dapretto, M. (2009). Neural correlates of social exclusion during adolescence: understanding the distress of peer rejection. *Social cognitive and affective neuroscience*, 4(2), 143-157.
- McClure, S. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G., & Cohen, J. D. (2004). Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, 306(5695), 503-507.
- Meinzer, M., Antonenko, D., Lindenberg, R., Hetzer, S., Ulm, L., Avirame, K., . . . Flöel, A. (2012). Electrical brain stimulation improves cognitive performance by modulating functional connectivity and task-specific activation. *Journal of Neuroscience*, 32(5), 1859-1866.
- Meinzer, M., Lindenberg, R., Antonenko, D., Flaisch, T., & Flöel, A. (2013). Anodal transcranial direct current stimulation temporarily reverses age-associated cognitive decline and functional brain activity changes. *Journal of Neuroscience*, 33(30), 12470-12478.
- Moliadze, V., Antal, A., & Paulus, W. (2010). Electrode-distance dependent after-effects of transcranial direct and random noise stimulation with extracephalic reference electrodes. *Clinical Neurophysiology*, 121(12), 2165-2171.
- Mrakic - Sposta, S., Marceglia, S., Marnesi, F., Dilena, R., Tadini, L., & Priori, A. (2008). Transcranial direct current stimulation in two patients with Tourette syndrome. *Movement Disorders*, 23(15), 2259-2261.
- Murray, S. L., Rose, P., Bellavia, G. M., Holmes, J. G., & Kusche, A. G. (2002). When rejection stings: How self-esteem constrains relationship-enhancement processes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83(3), 556.
- Nadasi, C. (1992). The effects of social ostracism on verbal and nonverbal behavior in introverts and extraverts. *Unpublished honors thesis, University of Toledo, Toledo, OH*.
- Nasseri, P., Nitsche, M. A., & Ekhtiari, H. (2015). A framework for categorizing electrode montages in transcranial direct current stimulation. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 54.
- Nitsche, M., Fricke, K., Henschke, U., Schlittler, A., Liebetanz, D., Lang, N., . . . Paulus, W. (2003). Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *The Journal of physiology*, 553(1), 293-301.

- Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., . . . Fregni, F. (2008). Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 1(3), 206-223.
- Nitsche, M. A., Doemkes, S., Karakose, T., Antal, A., Liebetanz, D., Lang, N., . . . Paulus, W. (2007). Shaping the effects of transcranial direct current stimulation of the human motor cortex. *Journal of neurophysiology*, 97(4), 3109-3117.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of physiology*, 527(3), 633-639.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2001). Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. *Neurology*, 57(10), 1899-1901.
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in cognitive sciences*, 9(5), 242-249.
- Ostendorf, F., & Angleitner, A. (2004). *NEO-Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae, Revidierte Fassung (NEO-PI-R)*: Hogrefe Göttingen.
- Palm, U., Feichtner, K. B., Hasan, A., Gauglitz, G., Langguth, B., Nitsche, M. A., . . . Padberg, F. (2014). The role of contact media at the skin-electrode interface during transcranial direct current stimulation (tDCS). *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 7(5), 762-764.
- Palm, U., Hasan, A., Strube, W., & Padberg, F. (2016). tDCS for the treatment of depression: a comprehensive review. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 266(8), 681-694.
- Palm, U., Keeser, D., Schiller, C., Fintescu, Z., Reisinger, E., Padberg, F., & Nitsche, M. (2008). Skin lesions after treatment with transcranial direct current stimulation (tDCS). *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 1(4), 386-387.
- Parkhurst, J. T., & Asher, S. R. (1992). Peer rejection in middle school: Subgroup differences in behavior, loneliness, and interpersonal concerns. *Developmental Psychology*, 28(2), 231.
- Paulus, W. (2011). Transcranial electrical stimulation (tES—tDCS; tRNS, tACS) methods. *Neuropsychological rehabilitation*, 21(5), 602-617.
- Pelletier, S. J., & Cicchetti, F. (2015). Cellular and molecular mechanisms of action of transcranial direct current stimulation: evidence from in vitro and in vivo models. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 18(2), pyu047.
- Petrovic, P., Kalso, E., Petersson, K. M., & Ingvar, M. (2002). Placebo and opioid analgesia—imaging a shared neuronal network. *Science*, 295(5560), 1737-1740.
- Peyron, R., Laurent, B., & Garcia-Larrea, L. (2000). Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis (2000). *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 30(5), 263-288.
- Philip, N. S., Nelson, B. G., Frohlich, F., Lim, K. O., Widge, A. S., & Carpenter, L. L. (2017). Low-intensity transcranial current stimulation in psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, 174(7), 628-639.
- Poreisz, C., Boros, K., Antal, A., & Paulus, W. (2007). Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. *Brain research bulletin*, 72(4-6), 208-214.
- Priori, A., Berardelli, A., Rona, S., Accornero, N., & Manfredi, M. (1998). Polarization of the human motor cortex through the scalp. *Neuroreport*, 9(10), 2257-2260.
- Renneberg, B., Herm, K., Hahn, A., Staebler, K., Lammers, C. H., & Roepke, S. (2012). Perception of social participation in borderline personality disorder. *Clinical psychology & psychotherapy*, 19(6), 473-480.
- Riva, P., Romero Lauro, L. J., Dewall, C. N., & Bushman, B. J. (2012). Buffer the pain away: stimulating the right ventrolateral prefrontal cortex reduces pain following social exclusion. *Psychol Sci*, 23(12), 1473-1475. doi:10.1177/0956797612450894

- Riva, P., Romero Lauro, L. J., DeWall, C. N., Chester, D. S., & Bushman, B. J. (2015a). Reducing aggressive responses to social exclusion using transcranial direct current stimulation. *Soc Cogn Affect Neurosci*, *10*(3), 352-356. doi:10.1093/scan/nsu053
- Riva, P., Romero Lauro, L. J., Vergallito, A., DeWall, C. N., & Bushman, B. J. (2015b). Electrified emotions: Modulatory effects of transcranial direct stimulation on negative emotional reactions to social exclusion. *Soc Neurosci*, *10*(1), 46-54. doi:10.1080/17470919.2014.946621
- Rosenberg, M. (1979). *Conceiving the self*. New York: Basic.
- Rossini, P. M., Barker, A., Berardelli, A., Caramia, M., Caruso, G., Cracco, R., . . . Lücking, C. (1994). Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application. Report of an IFCN committee. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, *91*(2), 79-92.
- Russell, D., Peplau, L. A., & Ferguson, M. L. (1978). Developing a measure of loneliness. *Journal of personality assessment*, *42*(3), 290-294.
- Sansen, L., Iffland, B., Catani, C., & Neuner, F. (2013). Entwicklung und Evaluation des Fragebogens zu belastenden Sozialerfahrungen in der Peergroup (FBS). *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*.
- Sarubin, N., Gutt, D., Giegling, I., Bühner, M., Hilbert, S., Krähenmann, O., . . . Rujescu, D. (2015). Erste Analyse der psychometrischen Eigenschaften und Struktur der deutschsprachigen 10- und 25-Item Version der Connor-Davidson Resilience Scale (CD-RISC). *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*.
- Schachter, S. (1951). Deviation, rejection, and communication. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, *46*(2), 190.
- Schäffer, J. G. (1766). *Die Electriche Medicin oder die Kraft und Wirkung der Electricität in dem menschlichen Körper und dessen Krankheiten besonders bey gelähmten Gliedern: aus Vernunftgründen erläutert und durch Erfahrungen bestätigt*: Montag.
- Schonert-Reichl, K. A. (1999). Relations of peer acceptance, friendship adjustment, and social behavior to moral reasoning during early adolescence. *The Journal of Early Adolescence*, *19*(2), 249-279.
- Seligman, M. E., & Maier, S. F. (1967). Failure to escape traumatic shock. *Journal of experimental psychology*, *74*(1), 1.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, *52*(3/4), 591-611.
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B., & Chen, H. J. (1968). A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American statistical association*, *63*(324), 1343-1372.
- Siewert, P. (2002). *Ostrakismos-Testimonien I*. Stuttgart: Steiner.
- Smith, A., & Williams, K. D. (2004). RU There? Ostracism by Cell Phone Text Messages. *Group dynamics: Theory, research, and practice*, *8*(4), 291.
- Sommer, K. L., & Baumeister, R. F. (2002). Self-evaluation, persistence, and performance following implicit rejection: The role of trait self-esteem. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *28*(7), 926-938.
- Sommer, K. L., & Rubin, Y. S. (2005). Role of social expectancies in cognitive and behavioral responses to social rejection. In K. D. Williams, J. P. Forgas, & W. Von Hippel (Eds.), *The social outcast: Ostracism, social exclusion, rejection, and bullying* (Vol. 171, pp. 172).
- Staebler, K. (2008). Reactions to social exclusion in borderline personality disorder: Emotional, facial, physiological and behavioral data. In K. Staebler (Ed.), *Emotional responses in borderline personality disorder* (pp. 48e90). Berlin: Freie Universität Berlin.
- Staebler, K., Helbing, E., Rosenbach, C., & Renneberg, B. (2011). Rejection sensitivity and borderline personality disorder. *Clinical psychology & psychotherapy*, *18*(4), 275-283.
- Statistics, I. S. (2016). SPSS Version 24.0. Chicago, IL, USA.
- Thomsen, R. (1972). *The origin of ostracism: A synthesis* (Vol. 4): Gyldendal.

- Tritt, K., von Heymann, F., Zaudig, M., Zacharias, I., Söllner, W., & Loew, T. (2008). Entwicklung des Fragebogens »ICD-10-Symptom-Rating «(ISR). *Zeitschrift für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie*, *54*(4), 409-418.
- Twenge, J. M., Baumeister, R. F., DeWall, C. N., Ciarocco, N. J., & Bartels, J. M. (2007). Social exclusion decreases prosocial behavior. *J Pers Soc Psychol*, *92*(1), 56-66. doi:10.1037/0022-3514.92.1.56
- van Beest, I., & Williams, K. D. (2006). When inclusion costs and ostracism pays, ostracism still hurts. *J Pers Soc Psychol*, *91*(5), 918-928. doi:10.1037/0022-3514.91.5.918
- Vandermeeren, Y., Jamart, J., & Osseman, M. (2010). Effect of tDCS with an extracephalic reference electrode on cardio-respiratory and autonomic functions. *BMC Neurosci*, *11*, 38. doi:10.1186/1471-2202-11-38
- Wager, T. D., Davidson, M. L., Hughes, B. L., Lindquist, M. A., & Ochsner, K. N. (2008). Prefrontal-subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron*, *59*(6), 1037-1050.
- Warburton, W. A., Williams, K. D., & Cairns, D. R. (2006). When ostracism leads to aggression: The moderating effects of control deprivation. *Journal of Experimental Social Psychology*, *42*(2), 213-220. doi:10.1016/j.jesp.2005.03.005
- Weber, M. J., Messing, S. B., Rao, H., Detre, J. A., & Thompson - Schill, S. L. (2014). Prefrontal transcranial direct current stimulation alters activation and connectivity in cortical and subcortical reward systems: A tDCS - fMRI study. *Human brain mapping*, *35*(8), 3673-3686.
- Weiner, B. (1985). An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological review*, *92*(4), 548.
- Wexler, A. (2016). The practices of do-it-yourself brain stimulation: implications for ethical considerations and regulatory proposals. *Journal of medical ethics*, *42*(4), 211-215.
- Williams. (1997). Social ostracism *Aversive interpersonal behaviors* (pp. 133-170): Springer.
- Williams. (2002). *Ostracism: The power of silence*: Guilford Press.
- Williams. (2007). Ostracism. *Annual review of psychology*, *58*.
- Williams. (2008). Ostracism: effects of being ignored and excluded. *International Journal of Psychology*, *43*(3), 398-399.
- Williams. (2009). Ostracism: A temporal need - threat model. *Advances in experimental social psychology*, *41*, 275-314.
- Williams, & Jarvis, B. (2006). Cyberball: A program for use in research on interpersonal ostracism and acceptance. *Behavior Research Methods*, *38*(1), 174-180.
- Williams, & Nida, S. A. (2011). Ostracism: Consequences and Coping. *Current Directions in Psychological Science*, *20*(2), 71-75. doi:10.1177/0963721411402480
- Williams, Shore, W. J., & Grahe, J. E. (1998). The silent treatment: Perceptions of its behaviors and associated feelings. *Group Processes & Intergroup Relations*, *1*(2), 117-141.
- Williams, & Sommer, K. L. (1997). Social ostracism by coworkers: Does rejection lead to loafing or compensation? *Personality and Social Psychology Bulletin*, *23*(7), 693-706.
- Williams, K., & Zadro, L. (2004). *Ostracism: Empirical studies inspired by real-world experiences of silence and exclusion*. Paper presented at the meeting of the Society for Personality and Social Psychology.
- Williams, K. D., Cheung, C. K. T., & Choi, W. (2000). Cyberostracism: Effects of Being Ignored Over the Internet. *Journal of Personality and Social Psychology*, *79*(5), 748-762.
- Wirth, J. H., Sacco, D. F., Hugenberg, K., & Williams, K. D. (2010). Eye gaze as relational evaluation: Averted eye gaze leads to feelings of ostracism and relational devaluation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *36*(7), 869-882.
- Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P., . . . Kappenman, E. S. (2016). A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clinical Neurophysiology*, *127*(2), 1031-1048.
- Wörching, J., Padberg, F., Ertl-Wagner, B., Kumpf, U., Kirsch, B., & Keeser, D. (2016). Imaging transcranial direct current stimulation (tDCS) of the prefrontal cortex—correlation or

8 Literaturverzeichnis

- causality in stimulation-mediated effects? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 69, 333-356.
- Wörsching, J., Padberg, F., Helbich, K., Hasan, A., Koch, L., Goerigk, S., . . . Keeser, D. (2017). Test-retest reliability of prefrontal transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) effects on functional MRI connectivity in healthy subjects. *Neuroimage*, 155, 187-201.
- Wüstenberg, T. (not published).
- Zadro, L., Boland, C., & Richardson, R. (2006). How long does it last? The persistence of the effects of ostracism in the socially anxious. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42(5), 692-697.
- Zadro, L., Williams, & Richardson, R. (2004). How low can you go? Ostracism by a computer is sufficient to lower self-reported levels of belonging, control, self-esteem, and meaningful existence. *Journal of Experimental Social Psychology*, 40(4), 560-567.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jesp.2003.11.006>
- Ziemssen, H. (1887). *Die elektricität in der medicin*: A. Hirschwald.
- Zippelius, R. (1986). Exclusion and shunning as legal and social sanctions. *Ethology and Sociobiology*, 7(3-4), 159-166.

9 Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Padberg, für die Möglichkeit einen wissenschaftlichen Beitrag leisten zu können. Zudem möchte ich mich auch für seine wissenschaftliche und methodische Unterstützung während der Bearbeitungsphase meiner Dissertation bedanken. Außerdem gilt mein ausdrücklicher Dank Julia Dewald-Kaufmann und Barbara Barton, die mich bei meinen zahlreichen Fragen unermüdlich unterstützt haben. Des Weiteren möchte ich mich herzlichst bei Stephan Goerigk für die statistische Beratung und aktive Hilfe sowie bei Jana Werle für die mehrfache Unterstützung bei dem apparativen Aufbau der Testung bedanken. PD Dr. Palm danke ich für die Unterstützung im Bereich der tDCS. Für die Zurverfügungstellung des neuen, adaptieren Cyberballparadigmas möchte ich Torsten Wüstenberg meinen Dank aussprechen. Auch die vielen nicht-wissenschaftlichen und motivierenden Gespräche mit meinen Kolleginnen haben meine Arbeit sehr unterstützt, allen voran die Unterstützung beim Ethikantrag von Nora Behler. Besonders möchte ich an dieser Stelle auch bei Felix Beuing für die mentale Unterstützung und das Lektorieren bedanken sowie für das stets offene Ohr für meine Gedanken.

10 Eidesstattliche Versicherung

WULF, LINDA

Name, Vorname

Hiermit versichere ich an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation

*„Einfluss einer Stimulation des präfrontalen Kortex auf Wahrnehmung und Verhalten in einer
virtuellen Ausschlusssituation“*

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 06.03.2020

Ort, Datum

Linda Wulf

Unterschrift Doktorandin