

Die Auswirkungen von traumatischen Erlebnissen in der Kindheit auf soziale Interaktion im Erwachsenenalter

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Hohen Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Caroline Maria Gieling

aus Oberhausen

2020

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Dr. René Hurlemann, M.Sc.
2. Gutachterin: Prof. Dr. Franziska Geiser

Tag der Mündlichen Prüfung: 09.10.2020

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Direktorin: Univ.-Prof. Dr. Alexandra Philipsen

Diese Arbeit möchte ich all jenen Menschen widmen, deren Leben durch traumatische Erlebnisse geprägt wurde und die sich alltäglich dieser Herausforderung stellen müssen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	7
1. Einleitung	9
1.1 Kindheitstrauma: Definition, Diagnostik und Prävalenz.....	11
1.2 Auswirkungen von Kindheitstraumata.....	13
1.2.1 Psychopathologie.....	13
1.2.2 Psychosoziales Funktionsniveau	14
1.2.3 Pathophysiologie.....	15
1.2.4 Verarbeitung sozialer Reize	20
1.3 Interpersonelle Berührung.....	22
1.4 Interpersonelle Distanz	26
1.5 Ziele der Untersuchungen.....	27
2. Material und Methoden	30
2.1 StudienteilnehmerInnen	30
2.2 Studienablauf	31
2.3 Klinische Interviews und neuropsychologische Tests	32
2.4 Studienausschluss und fehlende Daten.....	35
2.5 fMRT-Messung	36
2.6 Behaviorale Experimente	38
2.6.1 Berührungsexperiment.....	38
2.6.2 Interpersonelle Distanz - Experiment	41
2.7 Datenanalyse	42
2.7.1 fMRT-Datenanalyse	42

2.7.2	Statistische Analyse.....	45
2.7.3	Mediations- und Moderationsanalysen	45
3.	Ergebnisse	47
3.1	Ergebnisse der klinischen Interviews und neuropsychologischen Tests.....	47
3.2	Ergebnisse der behavioralen Experimente	50
3.2.1	Berührungsexperiment.....	50
3.2.2	Interpersonelle Distanz - Experiment	53
3.2.3	Assoziation zwischen Ergebnissen des Berührungs- und IPD-Experimentes...	55
3.2.4	CTQ-Subskalen	56
3.3	Ergebnisse der fMRT-Messung	57
3.4	Mediations- und Moderationseffekte	64
3.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	64
4.	Diskussion	66
5.	Zusammenfassung	75
6.	Abbildungsverzeichnis	77
7.	Tabellenverzeichnis	78
8.	Literaturverzeichnis	79
9.	Danksagung	94

Abkürzungsverzeichnis

ACC	Anteriorer cingulärer Cortex
ANOVA	Analysis of Variance
BDI	Becks Depression Inventar
BOLD	Blood Oxygenation Level Dependent
CAPS-5	Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5
CM	Childhood Maltreatment
CT-Fasern	C-taktile-Fasern
CTQ	Childhood Trauma Questionnaire
DSM-5	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition
EPI	Echo-Planar-Imaging
fMRT	Funktionelle Magnetresonanztomographie
FoV	Field of View
FWE	Family Wise Error
GLM	Generalized Linear Model
HHNA	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse
IPD	Interpersonelle Distanz
MNI	Montreal Neurological Institute
mPFC	Medialer präfrontaler Cortex
MPRAGE	Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo
MW	Mittelwert
PFC	Präfrontaler Cortex
PPG	Photoplethysmogramm

PSS	Perceived Stress Scale
PTBS	Posttraumatische Belastungsstörung
RETROICOR	Retrospective Image Correction
ROI	Region of Interest
RVT	Respiratory Volume per Time
SC	Somatosensorischer Cortex
SD	Standardabweichung
SKID I und II	Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV, Achse I und Achse II
STSP	Sulcus Temporalis Superior Posterior
STQ	Social Touch Questionnaire
TE	Echo Time
TR	Repetition Time
WHO	World Health Organization

1. Einleitung

Fast jeder dritte Mensch in Deutschland hat mindestens ein traumatisches Ereignis in der Kindheit erlebt (Witt et al., 2017). Traumatische Erlebnisse, besonders in der vulnerablen Phase der Kindheit, können immense Auswirkungen haben.

So leiden Betroffene auch Jahre nach den Misshandlungen unter psychischen Symptomen und Krankheitsbildern wie Angststörungen, Depressionen und Posttraumatischen Belastungsstörungen (PTBS). Zu den Folgen gehören zudem Probleme im Sozialleben und sozialer Rückzug (Lansford et al., 2002).

Durch Kenntnisse über die Pathophysiologie nach Traumatisierungen können ein besseres Verständnis für das Erleben der Betroffenen erreicht und neue Ansatzpunkte für Therapien entwickelt werden. So versuchen konvergierende Forschungsstränge, zugrundeliegende neurobiologische Korrelate der traumabedingten Folgeerscheinungen zu identifizieren (Dannlowski et al., 2012; Fenster et al., 2018; Heim et al., 2013; Teicher et al., 2016). Aktuelle Forschungen haben herausgefunden, dass frühe negative psychosoziale Erfahrungen in eine veränderte Physiologie verschiedener Körpersysteme eingebettet werden. Dieses wird „biological embedding“ genannt (Berens et al., 2017). Das zentrale Nervensystem durchläuft während der Entwicklung verschiedene vulnerable Phasen und reagiert mit adaptiven Mechanismen auf frühe traumatische Ereignisse, um den individuellen Schutz vor diesen Ereignissen zu erhöhen. So konnte eine Vielzahl an Studien eine langfristige, gravierende Veränderung der zentralen neuronalen Netze und der neuroendokrinen Stressregulation als Folge von Kindheitstraumata bestimmen (Berens et al., 2017). Diese Veränderungen manifestieren sich auch in einer dysfunktionalen Reizwahrnehmung, die insbesondere durch eine erhöhte Erregbarkeit auf bedrohlich empfundene Reize und durch eine verminderte Reaktion auf belohnende Reize gekennzeichnet ist (Dannlowski et al., 2012; Dillon et al., 2009). Im Rahmen von Studien mit Menschen, die traumatische Erfahrungen in der Kindheit erlebt haben, wurden strukturelle und funktionelle Veränderungen reizverarbeitender Gehirnareale festgestellt (Dannlowski et al., 2012; Heim et al., 2013). So wurden nach Kindheitstraumatisierungen Veränderungen in

der Reaktion auf visuelle Reize (Dannowski et al., 2012) und in Untersuchungen an PatientInnen mit einer PTBS zusätzlich Veränderungen in der Wahrnehmung von auditiven und taktilen Reizen festgestellt (Fenster et al., 2018). Es ist bislang unerforscht, in wieweit weitere Veränderungen in der Reizwahrnehmung nach Kindheitstraumatisierungen in nicht-medizierten Stichproben im Erwachsenenalter beobachtet werden können.

Soziale Berührung und interpersonelle Distanz (IPD) stellen als soziale Reize wichtige sensorische Domänen für soziale Interaktionen dar. Störungen in diesem Bereich könnten ein gestörtes Interaktionsverhalten begünstigen. Von besonderer Bedeutung ist somit die Frage, in wieweit Kindheitstraumata Effekte auf diese Kernaspekte der sozialen Interaktion haben und dadurch mit Veränderungen des Sozialverhaltens in Verbindung gebracht werden können. Obwohl es sich bei sozialer Berührung und IPD um essentielle soziale Domänen handelt, gibt es noch keine Studien, die die IPD sowie die Bewertung und neuronale Verarbeitung von taktilen interpersonellen Reizen in Form von Berührung bei erwachsenen ProbandInnen mit traumatischen Erfahrungen in der Kindheit mittels funktionseller Magnetresonanztomographie untersuchen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher zu erforschen, ob traumatische Erfahrungen in der Kindheit zu Veränderungen im Bereich der neuralen und behavioralen Verarbeitung von Berührung sowie der interpersonellen Distanz führen. Untersucht werden soll dies in einer funktionellen MRT(fMRT)-Studie und in einem IPD-Experiment an Erwachsenen, die Kindheitstraumata erfahren haben.

Im Folgenden wird zunächst der theoretische Hintergrund zu traumatischen Erfahrungen in der Kindheit und deren potenziellen psychopathologischen, psychosozialen und neurobiologischen Folgeerscheinungen dargestellt. Des Weiteren werden die Bedeutung und physiologischen Grundlagen von sozialer Berührung und IPD skizziert. Anschließend werden die Ziele und Hypothesen der vorliegenden Studie formuliert. Darauf folgend werden die Stichprobe, das fMRT-Experiment zur sozialen Berührung, das Verhaltensexperiment zur IPD und die Vorgehensweise der Datenanalyse vorgestellt. Nach der Präsentation der relevanten Ergebnisse erfolgt eine kritische Einordnung dieser in den aktuellen Forschungsbestand. Abschließend werden die Limitationen und Implikationen der aktuellen Studie diskutiert.

1.1 Kindheitstrauma: Definition, Diagnostik und Prävalenz

Die Definition und Erfassung von traumatischen Erfahrungen in der Kindheit sind komplex. Für die retrospektive Erfassung traumatischer Erfahrungen in der Kindheit stehen Selbstbeurteilungsfragebögen wie der Childhood Trauma Questionnaire (CTQ) (Bernstein et al., 1994) und der Adverse Childhood Experiences International Questionnaire (ACE-IQ) (World Health Organization, 2018) zur Verfügung. Durch Vergessen oder Verdrängung kann es hier jedoch zu Verzerrungen der Erinnerung des Erlebten kommen (Hardt und Rutter, 2004). Traumatische Ereignisse in der Kindheit können zudem durch die Meldung Dritter wie medizinischem Personal oder Lehrer an die Polizei, den Kinderschutzbund oder das Jugendamt erfasst werden. Hierbei wird jedoch eine geringere Prävalenz ermittelt, da es sich meist um limitierte Zeitperioden handelt, in denen Kinder in Kontakt zu diesen Dritten stehen und diese zudem nur einen Anteil der Misshandlungen bezeugen können (Stoltenborgh et al., 2015). Laut Diagnostischem und Statistischem Manual psychischer Störungen 5 (DSM-5) (American Psychiatric Association, 2013) ist ein Trauma allgemein definiert als Erlebnis, das den tatsächlichen oder drohenden Tod oder ernsthafte, tatsächliche oder drohende körperliche Verletzungen oder tatsächliche oder drohende sexuelle Gewalt beinhaltet. Die Person kann diesem Ereignis entweder selbst ausgesetzt sein, es als Zeuge miterleben, es indirekt bei der Traumatisierung einer nahestehenden Person erfahren oder wiederholt mit aversiven Details des Ereignisses (beispielsweise als Ersthelfer) konfrontiert werden. Kindheitstraumata werden von der World Health Organization (WHO) als Misshandlung oder Vernachlässigung von Menschen unter 18 Jahren definiert und beinhalten alle Formen von körperlicher und emotionaler Misshandlung, Vernachlässigung, sexuellem Missbrauch sowie gewerblicher oder sonstiger Ausbeutung, die zu einer drohenden oder tatsächlichen Schädigung der Gesundheit, des Überlebens, der Entwicklung oder der Würde des Kindes führen. Im Allgemeinen werden vier Formen von Kindheitstraumatisierungen unterschieden: körperlicher Missbrauch, sexueller Missbrauch, psychologischer Missbrauch und Vernachlässigung (World Health Organization, 2019). Der CTQ (Bernstein et al., 1994) beinhaltet fünf Subskalen des Missbrauchs, die sexuellen, physischen und emotionalen Missbrauch sowie emotionale und physische Vernachlässigung als Formen voneinander abtrennen. Er bezieht sich zeitlich auf die Periode, in der die oder der Betroffene aufwuchs. Als emotionaler Missbrauch gilt

das absichtliche Hervorrufen von Schuld-, Scham- oder Angstgefühlen, um die emotionalen Bedürfnisse des Täters zu erfüllen. Auch das Überreden von Kindern, unangemessene Handlungen auszuführen sowie die Zerstörung von Dingen, die die Kinder schätzen oder sie in unangenehme Situationen zu bringen, werden dazugezählt. Körperliche Vernachlässigung beinhaltet die nicht ausreichende Erfüllung von Grundbedürfnissen wie Nahrung, Obdach, saubere Kleidung, Aufsicht und ärztliche Versorgung. Emotionale Vernachlässigung entspricht dem Versagen, für grundlegende emotionale Bedürfnisse zu sorgen. Hierzu gehört emotional nicht auf die Not der Kinder zu reagieren, sich nicht um ihre sozialen Bedürfnisse zu kümmern oder von ihnen zu erwarten, Situationen zu bewältigen, die über ihre Reife hinausgehen (Teicher und Samson, 2013). Bei den Traumatisierungen in der Kindheit handelt es sich oftmals um mehrmalige, vor allem interpersonelle Traumata im Rahmen von Missbrauch oder Vernachlässigung, die sich über einen längeren Zeitraum hinziehen und sich auch im familiären und sozialen Umfeld abspielen (Green et al., 2010).

Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf psychosoziale Traumata und verwendet den CTQ (Bernstein et al., 1994).

Eine repräsentative Studie von Witt et al. aus dem Jahr 2017 zeigt, dass in Deutschland 9 % der TeilnehmerInnen schwerwiegende körperliche Vernachlässigung, 7,1 % schwerwiegende emotionale Vernachlässigung, 3,3 % schwerwiegenden körperlichen Missbrauch, 2,6 % schwerwiegenden emotionalen Missbrauch und 2,3 % schwerwiegenden sexuellen Missbrauch in der Kindheit erfahren haben. Frauen berichteten generell häufiger über traumatisierende Erfahrungen. Besonders im Bereich des emotionalen und sexuellen Missbrauchs wurde der geschlechtsspezifische Unterschied deutlich. Befragte Personen über 70 Jahre berichteten am häufigsten über körperliche Vernachlässigung, was in Zusammenhang mit der von Mangel geprägten (Nach-)Kriegszeit gebracht werden kann. Die verschiedenen Formen der Traumatisierungen traten häufig kombiniert auf (Witt et al., 2017). In der Übersichtsarbeit von Stoltenborgh et al. (2015) wurden die Ergebnisse von Metaanalysen zur Prävalenz von Kindheitstraumatisierungen verglichen. Die geschätzten Prävalenzraten betragen in Studien, in denen die Teilnehmenden selbst über das Erlebte berichteten, demzufolge weltweit 363/1000 für emotionalen Missbrauch, 226/1000 für körperlichen Missbrauch, 184/1000 für emotionale Vernachlässigung,

163/1000 für körperliche Vernachlässigung und 127/1000 für sexuellen Missbrauch (Stoltenborgh et al., 2015). Die Prävalenz von Kindheitstraumatisierungen ist zudem abhängig von der Traumaform, dem Geschlecht und dem Kontinent, auf dem die Befragten leben (Moody et al., 2018).

Die hohe Prävalenz von Kindheitstraumata auch in Ländern mit hohem Einkommen wie Deutschland, wo einer repräsentativen Studie zufolge 31 % der Bevölkerung mindestens ein traumatisches Erlebnis in der Kindheit hatten (Witt et al., 2017) sowie die im Nachfolgenden beschriebenen Auswirkungen unterstreichen die Wichtigkeit dieses Themas.

1.2 Auswirkungen von Kindheitstraumata

Traumatisierungen in der Kindheit stehen mit teils schwerwiegenden Folgen in Zusammenhang. So sind sie mit einer erhöhten psychiatrischen Morbidität assoziiert und beeinträchtigen das psychosoziale Funktionsniveau (Lansford et al., 2002). Auch weitreichende Auswirkungen auf die physiologischen Systeme, welche sich unter anderem in endokrinen, neurochemischen, funktionellen und strukturellen neuronalen und epigenetischen Veränderungen manifestieren, wurden nachgewiesen (Berens et al., 2017). Der Fokus dieser Studie liegt auf traumabedingten Veränderungen in der Verarbeitung von sozialen Reizen.

1.2.1 Psychopathologie

Das Erleben traumatischer Ereignisse in der Kindheit ist mit einer erhöhten psychiatrischen Morbidität assoziiert. Nemeroff (2016) beschreibt in seiner Übersichtsstudie ein in einstimmigen Studien festgestelltes erhöhtes Risiko für psychiatrische Erkrankungen wie Depressionen, bipolare Störungen, PTBS, Angststörungen, Substanz- und Alkoholmissbrauch (Anda et al., 2006; Benjet et al., 2010; Scott et al., 2010) nach traumatischen Erfahrungen in der Kindheit. Auch Schlaf- und Essstörungen sowie selbstschädigendes Verhalten und Suizidversuche konnten mit Kindheitstraumatisierungen in Form von sexuellem Missbrauch in Verbindung gebracht werden (Chen et al., 2010; Maniglio, 2011). 54 % des bevölkerungsbedingten Risikos für Depressionen und sogar 67 % der Suizidversuche stehen einer Studie von Dube et al. (2003) zufolge mit Misshandlungen in der Kindheit in

Zusammenhang. Das erhöhte Risiko für die beschriebenen Psychopathologien scheint für die drei Lebensphasen Kindheit, Jugend und Erwachsenenalter zu gelten (Benjet et al., 2010). Nach traumatischen Erlebnissen in der Kindheit entwickeln etwa 47 % der Betroffenen eine PTBS (Yehuda et al., 2015). Die Häufigkeit der Kindheitstraumatisierungen bestimmt das Erkrankungsrisiko (Anda et al., 2006; Green et al., 2010) und den Verlauf der psychischen Störungen (Putnam et al., 2013). Dieser ist nach einer größeren Anzahl an Kindheitstraumatisierungen komplexer und durch höhere Komorbiditätsraten und eine stärkere Symptomatik gekennzeichnet (Putnam et al., 2013). Bei Traumatisierungen in der Kindheit handelt es sich oft um mehrere Ereignisse über einen längeren Zeitraum, wodurch hier das Risiko für weitere psychiatrische Erkrankungen besonders hoch ist (Gilbert et al., 2009). Auch die Form des Traumas hat einen Einfluss auf das Risiko für spätere Erkrankungen. So haben Traumata im familiären Umfeld (elterliche psychische Erkrankungen, elterlicher Substanzmissbrauch und Kriminalität, Gewalt innerhalb der Familie, körperlicher Missbrauch, sexueller Missbrauch, Vernachlässigung) die stärkste Korrelation zu psychischen Störungen (Benjet et al., 2010; Green et al., 2010).

1.2.2 Psychosoziales Funktionsniveau

Kindheitstraumata haben weitreichende Folgen auf das Erwachsenenalter. Sie bedingen ein höheres Risiko für psychische Erkrankungen und Einschränkungen in wichtigen sozialen Funktionsbereichen im Erwachsenenalter, die sich in kriminellem und riskantem Agieren, dysfunktionalem zwischenmenschlichen Verhalten und wirtschaftlichem und schulischem Misserfolg zeigen (Copeland et al., 2018). So weisen misshandelte Kinder weniger prosoziales und mehr störendes und aggressives, aber auch zurückgezogenes Verhalten auf (Alink et al., 2012). Braithwaite et al. (2017) konstatierten, dass misshandelte Kinder Schwierigkeiten in der Führung von Beziehungen, von denen sie ein hohes Maß an Unterstützung erhalten, haben und dadurch ein größeres Depressionsrisiko aufweisen. Auch die Beziehung zu einem Partner oder einer Partnerin im Erwachsenenalter kann durch Kindheitstraumata beeinflusst werden. So legt die fragebogenbasierte Studie von Vaillancourt-Morel et al. (2019) offen, dass Kindheitstraumatisierungen die Wahrnehmung der Offenheit und des entgegengebrachten Verständnisses durch den Partner oder die Partnerin negativ beeinflussen können. Diese Wahrnehmung war zudem

positiv mit der sexuellen Zufriedenheit sowie der Zufriedenheit innerhalb der Beziehung assoziiert. Dies steht in Einklang mit Forschungsergebnissen, die darstellen, dass Frauen mit Kindheitstraumatisierungen in Form von sexuellem Missbrauch ein stärkeres Misstrauen gegenüber dem Partner aufweisen und weniger Zufriedenheit in der Beziehung empfinden (DiLilio und Long, 1999). Analog hierzu wiesen Nguyen et al. (2017) eine geringere Zufriedenheit mit der Ehe auch bei frisch verheirateten Ehepartnern nach, wenn diese traumatische Erfahrungen in der Kindheit erlebt hatten. Diese Unzufriedenheit wurde nicht durch Moderatoren wie Partner- oder Beziehungsmerkmale vermittelt, sodass die Forscher davon ausgehen, dass Missbrauchserfahrungen in der Kindheit dauerhafte weitreichende Auswirkungen sowohl auf individueller als auch auf der Beziehungsebene haben. Auch der zwischenmenschliche Austausch innerhalb der Partnerbeziehung wird durch interpersonelle Traumatisierungen beeinflusst. So wird er nach Traumaerfahrungen von beiden Partnern seltener positiv und häufiger negativ empfunden (Whisman, 2014). Der weitreichende Einfluss von Vernachlässigungs- und Missbrauchserfahrungen in der Kindheit auf partnerschaftliche Beziehungen wird in einer Studie von Colman und Widom (2004) deutlich. So wiesen Menschen mit solchen Erfahrungen eine höhere Rate an Trennungen und Scheidungen auf. Eine zusätzliche Folge von Kindheitstraumatisierungen in Bezug auf das psychosoziale Funktionsniveau wird in einer amerikanischen Studie deutlich. Hier hatten Jugendliche, die Kindheitstraumatisierungen erfahren haben, mehr als anderthalb mal so viele Fehltage in der Schule und besuchten mit geringerer Wahrscheinlichkeit das College (Lansford et al., 2002). Soziodemografisch fällt entsprechend auf, dass arbeitslose Menschen, Menschen mit geringerem Bildungsstand sowie einem geringeren Einkommen die höchste Rate an sowohl körperlichem als auch emotionalem Missbrauch und Vernachlässigung in der Kindheit aufweisen (Witt et al., 2017). Zudem wird das Risiko einer Arbeitsunfähigkeit im Erwachsenenalter durch Kindheitstraumatisierungen erhöht (Halonen et al., 2017). Dies spiegelt die langfristigen Konsequenzen auch auf gesellschaftlicher Ebene wider.

1.2.3 Pathophysiologie

Psychosoziale Traumata in der Kindheit haben weitreichende Auswirkungen auf die physiologischen Systeme, welche sich unter anderem in endokrinen, neurochemischen,

strukturellen und funktionellen neuronalen und epigenetischen Veränderungen manifestieren (Berens et al., 2017).

Eine veränderte Funktion der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse (HHNA) und ein somit veränderter Cortisolspiegel konnten mit traumabedingten Verhaltensveränderungen assoziiert werden (Alink et al., 2012). Die HHNA stellt eines der bedeutendsten Stress-Regulations-Systeme des Körpers dar. Sie erhält Informationen aus der Amygdala und induziert eine Hormonkaskade, die in der Produktion des Glucocorticoids Cortisol mündet. Die Cortisolproduktion folgt einem zirkadianen Rhythmus mit hohen morgendlichen und im Tagesverlauf sinkenden Spiegel. Durch akuten Stress wird die Produktion von Cortisol gesteigert, was der Mobilisierung von Energie durch Bereitstellung von Glucose und Hemmung der Fettsynthese dient. Wenn es zu langanhaltendem Stress kommt, kann sich die Empfindlichkeit der Rezeptoren der HHNA verändern, was die Produktion von Cortisol, aber auch weitere Gehirnareale wie den Hippocampus beeinflusst. Hierdurch kann es zu einem veränderten Metabolismus und einer Hemmung der Immunantwort kommen (McEwen, 2017; Segerstrom und Miller, 2004). In einer Studie wurde gezeigt, dass traumatisierte Kinder, die vermehrt antisoziales und aggressives Verhalten aufwiesen, ein Jahr später geringere morgendliche Cortisolspiegel aufwiesen. Traumatisierte Kinder, die sich sozial zurückzogen, hatten ein Jahr später erhöhte Cortisolspiegel am Nachmittag (Alink et al., 2012). Auch bei Menschen mit einer PTBS zeigten sich Veränderungen in Bezug auf die Cortisollevel (Zoladz und Diamond, 2013). Direkt nach den traumatischen Ereignissen wiesen PatientInnen, die im Verlauf unter PTBS litten, erniedrigte Cortisolspiegel auf (Resnick et al., 1995). Diese initial erniedrigten Cortisollevel konnten auch in einer Studie von Delahanty et al. (2000) mit Symptomen der PTBS in Verbindung gebracht werden. Eine verstärkte negative Feedback-Schleife wird hierfür als pathophysiologische Grundlage angesehen (Yehuda et al., 2015). Eine traumabedingt-veränderte HHNA und somit veränderte Cortisolspiegel werden zudem mit Veränderungen im Glukose- und Fettmetabolismus assoziiert, die zum metabolischen Syndrom und damit einhergehenden Erkrankungen führen können (Maniam et al., 2014). Auch eine Dysregulation des Immunsystems mit erhöhten Entzündungsmarkern (TNF- α , IL-6 und CRP) wird mit Kindheitstraumatisierungen in Verbindung gebracht. Hier könnten ebenfalls Veränderungen in Bezug auf Glucocorticoide (Veränderung des Glucocorticoid-Rezeptors) eine

Rolle spielen (Baumeister et al., 2016). Langfristige Folgen der erhöhten Entzündungswerte gilt es noch zu erforschen. Vorstellbar sind ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko, das vermehrte Auftreten von Autoimmunerkrankungen oder immunologischer Abwehrschwäche. Lupien et al. (2009) nehmen an, dass eine veränderte HHNA während der kindlichen Hirnentwicklung eine entscheidende Rolle bei der Entstehung von strukturellen und funktionellen cerebralen Veränderungen spielt. So kann ein Reiz, der in der Lage ist, die Stressreaktion über die HHNA während der sensiblen Phase der Hirnentwicklung zu aktivieren, tiefgreifende Effekte auf die physiologischen und kognitiven Funktionen haben (O'Mahony et al., 2017).

Die neuralen Auswirkungen von Traumatisierungen gerade in der Kindheit werden in der erhöhten Empfindlichkeit der neuronalen Plastizität während der Entwicklungsphase begründet (Fox et al., 2010). So weisen neuronale Schaltkreise in der frühen Kindheit eine immense Plastizität auf, die im weiteren Verlauf des Lebens stabilisiert wird (Takesian und Hensch, 2013). Die Hirnentwicklung wird demnach nicht nur durch Gene gesteuert, sondern auch durch Erfahrungen geformt. Hierbei scheint neben der HHNA (Lupien et al., 2009) die Balance zwischen hemmenden und exzitatorischen Einflüssen durch Neurotransmitter eine Rolle zu spielen (Takesian und Hensch, 2013). Es wird auf prägende Ereignisse in dieser Zeit mit corticalen und funktionellen Veränderungen, die das Kind im weiteren Verlauf des Lebens schützen sollen, gewisse sensorische Reize zu verarbeiten, reagiert (Heim et al., 2013).

Auf corticaler Ebene können strukturelle Volumenveränderungen der grauen Hirnsubstanz vorliegen, hierzu gehören durch erhöhte Glucocorticoid-Ausschüttung bedingte verringerte Volumina im Hippocampus, anterioren cingulären Cortex (ACC), präfrontalen Cortex (PFC) und in der Insula (Dannlowski et al., 2012). Der Hippocampus ist für die Konsolidierung und den Abruf des episodischen Gedächtnisses zuständig (Tulving, 2002) und anfällig für frühen Stress (Teicher et al., 2016). Daher könnten Störungen der Konzentrations- und Merkfähigkeit bei Menschen mit Traumatisierungen durch die nachgewiesenen geringeren hippocampalen Volumina erklärt werden (Fenster et al., 2018). Das hippocampale Volumen korreliert negativ mit dem CTQ-Summenwert, also der Traumaschwere (Dannlowski et al., 2012). Es ist somit bei schwerwiegenderen Kindheitstrauma-

tisierungen geringer. Als ursächlich hierfür kann eine durch die erhöhte Glucocorticoid-Ausschüttung bedingte Atrophie gesehen werden (McEwen, 2005). Der PFC dient der Emotionsregulierung und hat enge Verbindungen zur Amygdala. Volumenverringerungen in diesem Bereich könnten mit Defiziten in der Emotionsverarbeitung und Regulation assoziiert sein (Dannlowski et al., 2012). Verringerte Insulavolumina könnten mit einer gestörten Interozeption in Verbindung gebracht werden. Interozeption beschreibt die Wahrnehmung von Informationen aus dem Körperinneren (Craig, 2003; Elzinga und Bremner, 2002; Fenster et al., 2018). Morphometrische Studien konnten eine Traumaspezifität der corticalen Veränderungen nachweisen. So wurde sexueller Missbrauch mit strukturellen Defiziten im genitalienassoziierten sensorischen Cortex (Heim et al., 2013), die Beobachtung von häuslicher Gewalt mit einer Volumenverminderung im visuellen Cortex (Tomoda et al., 2012) und der verbale Missbrauch durch Eltern mit Veränderungen im auditorischen Cortex in Verbindung gebracht (Tomoda et al., 2011).

Die funktionellen cerebralen Veränderungen nach Kindheitstraumatisierungen wurden auch bei Depressionen und PTBS gefunden (Bremner, 2007). Es gibt für vermehrte Angstentstehung und verminderte Angstausschöpfung durch Kindheitstraumata neuronale Korrelate in Form einer Hyperresponsivität der Amygdala (Dannlowski et al., 2012). Die Amygdala ist insbesondere für die Angstkonditionierung zuständig (LeDoux, 1993) und entscheidend für die Verarbeitung von emotional und sozial relevanten Informationen (Adolphs, 1999). Es wird angenommen, dass sie die emotionalen Aspekte von sensorischem Input extrahiert (Lucas et al., 2015). Der Grad der Hyperresponsivität der Amygdala durch Kindheitstraumata ist abhängig von der Schwere der Traumatisierungen und somit dem CTQ-Summenwert (Dannlowski et al., 2012). Als stärkste Prädiktoren für die Hyperresponsivität der rechten Amygdala auf bedrohliche Gesichter, die in der Studie als Exempel für negative visuelle Stimuli verwendet wurden, konnten der emotionale Missbrauch und die emotionale Vernachlässigung bei Kindheitstraumatisierungen identifiziert werden (Dannlowski et al., 2012).

Auch die neuralen Verbindungen, welche die durch die Sinnesorgane aufgenommenen Reize über sensorische Cortexareale wie den visuellen, auditorischen und somatosensorischen Cortex in die Amygdala, den PFC oder Hippocampus übertragen, können traumabedingt verändert sein (Choi et al., 2012). Diese Veränderungen der Konnektivität sind

von der Form der Traumatisierung abhängig. So kann der linke Fasciculus arcuatus, welcher die Hauptkomponenten des Sprachzentrums, das Wernicke- und das Broca-Areal, verbindet, durch Traumatisierungen in Form von verbalem Missbrauch gestört sein (Choi et al., 2009). Defizite im linken Fasciculus longitudinalis inferior, der visuelle mit limbischen Hirnarealen verbindet, können nach der Beobachtung von häuslicher Gewalt auftreten (Choi et al., 2012). Von besonderer Bedeutung im Hinblick auf Kindheitstraumatisierungen ist die Konnektivität zwischen dem medialen präfrontalen Cortex (mPFC) und der Amygdala. Der mPFC moduliert die Amygdalaantwort, zusammen spielen sie eine bedeutende Rolle in der Wahrnehmung und Reaktion auf Bedrohungen (Teicher et al. 2016). Der neuronale Schaltkreis zwischen diesen beiden Arealen kann durch Kindheitstraumata geschwächt werden (Cisler et al., 2013; Wang et al., 2014), was Veränderungen in der Bedrohungswahrnehmung begründen könnte.

Kindheitstraumatisierungen gehen außerdem mit Dysbalancen im vegetativen Nervensystem einher, welche in einer veränderten Amygdalareaktion begründet werden könnten (Alkon et al., 2012). Dieses Ungleichgewicht zwischen Parasympathikus und Sympathikus könnte stressbedingte Erkrankungen, wie metabolisches Syndrom, Herzerkrankungen, Krebs und psychische Störungen hervorrufen (Alkon et al., 2012).

Die (epi-)genetische Forschung bei Menschen, die Traumatisierungen erfahren haben, befindet sich noch in der Anfangsphase. So diskutieren Belsky und Pluess (2013), in wie weit bestimmte genetische Polymorphismen entscheidend für die Beeinflussbarkeit durch positive und negative Erfahrungen sein können (phänotypische Plastizität). Es gibt zudem starke Indizien dafür, dass Kindheitstraumata epigenetische Veränderungen, also Veränderungen in der Methylierung der DNA, der Histone oder dem Abbau von Telomeren, verursachen können. Hierzu gehören Modifikationen des Serotonin-3A-Rezeptors, welcher den Effekt der traumatischen Erfahrung in der Kindheit auf die Schwere der psychiatrischen Störungen im Erwachsenenalter zu vermitteln scheint (Perroud et al., 2016). Der Einfluss von Kindheitstraumata auf die Cortisolantwort kann durch Veränderungen im Corticotropin-releasing hormone-Rezeptor vermittelt werden (Tyrka et al., 2009). Der Zeitpunkt der Traumatisierung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Variabilität der DNA-Methylierung. Die sehr frühe Kindheit scheint ein empfindlicher Zeitraum zu sein, in dem Traumatisierungen bestimmte DNA-Methylierungsmuster bedingen können (Ressler et

al., 2019). Zudem können ungünstige Kindheitserfahrungen, wenn sie gehäuft auftreten, durch eine Telomerverkürzung der DNA zu einer Lebenszeitverkürzung führen (Tyrka et al., 2010).

In Bezug auf die Symptome im Rahmen einer PTBS wird davon ausgegangen, dass diese durch einen sich stets wiederholenden Ablauf aus wiederholter Erregung, Wiedererleben und Aktivierung der Stressreaktion zu einer weiteren Verfestigung der Defizite in den Neuronenverbindungen innerhalb und zwischen den oben beschriebenen Gehirnarealen führen. Hierdurch können sie einer Heilung entgegenwirken (Abdallah et al., 2017). Auf der anderen Seite wird das Vermeidungsverhalten als Ursache der Defizite in der Angstauslöschung bezüglich traumabezogener Reize bei Menschen mit PTBS angesehen. So scheinen verschiedene Mechanismen die Aufrechterhaltung der Symptome zu bewirken (Fenster et al., 2018). Es könnte davon ausgegangen werden, dass diese Annahmen durch die ähnliche Pathophysiologie auch in Bezug auf Symptome nach traumatischen Erfahrungen in der Kindheit gelten und die noch im Erwachsenenalter bestehenden Veränderungen begründen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass traumatische Ereignisse in der Kindheit eine Reihe von komplexen Veränderungen auf den verschiedensten physio- und psychologischen Ebenen zur Folge haben können, welche das künftige Leben nicht nur durch akute Symptome, sondern auch durch die Anfälligkeit für weitere Erkrankungen immens beeinflussen können.

1.2.4 Verarbeitung sozialer Reize

Menschen mit Kindheitstraumatisierungen reagieren vermehrt auf bedrohlich empfundene Reize und vermindert auf belohnende Reize, wie die folgenden Studien belegen.

Die verstärkte Reaktion auf bedrohlich empfundene Reize in Form von negativen visuellen Stimuli wird in einer Hyperresponsivität der Amygdala (Dannlowksi et al., 2012) und der Insula (McCrary et al., 2011) deutlich. Dannlowksi et al. (2012) konnten in einer fMRT-Studie eine erhöhte Aktivität der Amygdala in Bezug auf ängstliche Gesichter bei Menschen, die Kindheitstraumata erfahren haben, nachweisen. Kinder, die familiärer Gewalt

ausgesetzt waren, zeigten zudem eine gesteigerte Reaktivität der Amygdala und der Insula auf wütende, jedoch nicht auf traurige Gesichter (McCrory et al., 2011). Die Autoren der Studie gehen davon aus, dass die verstärkte Reaktion auf einen bedrohlich empfundenen Reiz eine Anpassungsreaktion auf anhaltende Umweltgefahren darstellt. Zudem könnte sie einen latenten Risikofaktor darstellen, der die Anfälligkeit für Psychopathologien erhöht (McCrory et al., 2011). Wie bereits beschrieben, stellten morphologische Studien zudem eine Assoziation zwischen anatomischen Veränderungen im sensorischen System und in neuronalen Netzwerken, die mit der Erkennung sozialer Bedrohungen und der Stressbewältigung zusammenhängen, und Kindheitstraumatisierungen her (Teicher et al., 2016). Zu den veränderten Hirnarealen gehörten der Hippocampus und die Insula (Dannlowski et al., 2012).

Die Hypoaktivität in Bezug auf Belohnungsreize zeigte sich in striatalen Bereichen inklusive des Globus Pallidus in Bezug auf monetäre Belohnungen bei Erwachsenen, die Kindheitstraumatisierungen erfahren haben (Dillon et al., 2009). Als Reaktion auf fröhliche Gesichter zeigte sich außerdem eine verminderte Reaktion der Amygdala nach Kindheitstraumatisierungen (Dannlowski et al., 2012). Das ventrale Striatum stellt zusammen mit dem ventralen Globus Pallidus, dem ACC sowie dem orbitalen PFC die Hauptbestandteile des Belohnungsnetzwerkes dar. Diese Bereiche werden durch Dopaminneurone gesteuert. Auch der dorsale PFC, die Amygdala, der Hippocampus und der Thalamus sind an der Belohnungsverarbeitung beteiligt. Belohnung ist von zentraler Bedeutung für Lernvorgänge, Reizreaktionen und zielorientierte Verhaltensweisen (Haber und Knutson, 2010). Auch somatosensorische Stimulation im Sinne von Berührung kann einen Belohnungsreiz darstellen. So wurde in einer Studie von Rolls et al. (2003) der orbitale PFC und der ACC durch angenehme Berührung aktiviert. McGlone et al. (2014) gehen davon aus, dass es vor allem die, im folgenden Kapitel genauer erörterten, C-taktile(CT)-Faser-vermittelten taktilen Stimuli sind, die Belohnungsprozesse aktivieren. In der vorliegenden Studie soll gezeigt werden, dass die Verarbeitung belohnender sozialer Reize in Form von angenehmer, langsamer Berührung sowie bedrohungsassoziierter sozialer Reize in Form von schneller Berührung durch Traumatisierungen in der Kindheit verändert werden kann.

1.3 Interpersonelle Berührung

Um eine mögliche Verarbeitungsstörung von interpersoneller Berührung durch Kindheits-traumata richtig einordnen zu können, ist es zunächst wichtig, die Grundlagen der interpersonellen Berührung darzustellen. Interpersonelle Berührung ist eine sensorische Erfahrung über die Haut, die für die Wahrnehmung des eigenen Körpers sorgt, die Hirnentwicklung beeinflusst und akuten Stress regulieren kann (McGlone et al., 2014). Im Folgenden werden die physiologische, neurale Verarbeitung von Berührung, ihre Auswirkungen im Kindes- und Erwachsenenalter sowie ihre Bedeutung für die interpersonelle Kommunikation beschrieben.

Die Haut stellt das älteste und größte unserer Sinnesorgane dar und weist zudem die größte Repräsentationsfläche im Gehirn auf. Sie macht 16 - 18 % des Körpergewichtes eines erwachsenen Mannes aus (Montagu, 1984). Unter der taktilen Wahrnehmung versteht man die Oberflächensensibilität der Haut, den Tast- und Empfindungssinn. Verschiedene Rezeptoren in der Haut mediiieren die Wahrnehmung für verschiedene Reize wie Berührung, Druck, Temperatur und Schmerz. Die vom Rezeptor wahrgenommenen Reize werden über verschiedene Nervenfasern an das Zentralnervensystem weitergeleitet (McGlone et al., 2014). Die Wahrnehmung von sozialer Berührung erfolgt über niedrigschwellige Mechanorezeptoren und über schnell leitende, myelinisierte A β -Fasern (50 m/s) sowie langsam leitende, nicht myelinisierte CT-Fasern (1-10 cm/s). Während A β -Fasern die sensorischen, diskriminierenden Aspekte der Berührung vermitteln, übertragen CT-Fasern die affektiven und sozialen Anteile der Berührung (McGlone et al., 2014). Die Informationen der A β -Fasern dienen durch ihre schnelle Verarbeitung unter anderem der motorischen Kontrolle, was von McGlone et al. (2014) als schnelles „first touch system“ bezeichnet wird. Die Vermittlung sozialer und emotionaler Aspekte der Berührung über CT-Fasern wird von McGlone et al. (2014) als langsames „second touch system“ bezeichnet. Die CT-Fasern wurden 1993 von Vallbo et al. erstmals in der behaarten Haut des Menschen entdeckt. Sie haben eine geringere Diskriminierungsfähigkeit (McGlone et al., 2014) und reagieren insbesondere auf langsame (1-10 cm/s) Berührungen, die als angenehm empfunden werden (Löken et al., 2009). Die Bewertung als angenehm unterliegt jedoch Top-Down-Faktoren, z. B. durch Erwartungshaltung, Geschlecht, kulturelle Faktoren und Kontext (Gallace und Spence, 2010). In der im Verlauf genauer beschriebenen Studie zu nonverbaler Kommunikation wurde die Emotion Liebe typischerweise in

einer langsamen, sanften Berührung der Haut ausgedrückt (Hertenstein et al., 2006), was eine Assoziation zu CT-Fasern vermuten lässt. Des Weiteren reagieren CT-Fasern temperaturabhängig und als einzige mechanorezeptive Afferenzen auf langsame Berührung in einer neutralen Temperatur, welche der Hauttemperatur entspricht (Ackerley et al., 2014). Dieses unterstreicht ihre Bedeutung bezüglich interpersoneller Berührung. Die sensorische Wahrnehmung nur über CT-Fasern ist schwach und vage und variiert sowohl zwischen einzelnen Berührungen als auch zwischen einzelnen Personen. Dieses wurde unter anderem in einer Studie mit gesunden ProbandInnen sowie zwei Personen mit sensorischer Neuronopathie im Sinne eines Verlustes der myelinisierten A β -Afferenzen gezeigt. Die ProbandInnen wurden langsam mit einem Pinsel auf der Handfläche, in deren Haut sich keine CT-Fasern befinden, sowie auf dem Unterarm, in dessen Haut sich CT-Fasern befinden, berührt. Sie sollten anschließend bewerten, wie angenehm sie die Berührung empfunden haben und die Lokalisation der Berührung angeben. Die PatientInnen wiesen im Vergleich zu den gesunden ProbandInnen deutliche Defizite in der Wahrnehmung der Berührung auf der Handfläche auf, konnten aber die langsamen Berührungen am Unterarm, die sie als angenehm empfanden, wahrnehmen. Die Lokalisierung der Berührungen war bei beiden PatientInnen deutlich ungenauer als bei den gesunden ProbandInnen (Olausson et al., 2008).

Um die Ergebnisse der fMRT-Messungen der Stichprobe richtig zu werten, ist es nötig, die durch Berührungen ausgelösten neuronalen Aktivitäten zu kennen. Berührungen der Haut aktivieren den kontralateralen primären und sekundären somatosensorischen Cortex (SC), den mittleren und posterioren Insulacortex, den kontralateralen prämotorischen Cortex, den mPFC, den ACC sowie den Sulcus temporalis superior posterior (STSP) (Olausson et al., 2002). Der SC dient der motorischen Kontrolle (McGlone et al., 2014) und der Bereich der posterioren Insula wird vor allem durch Reize, die Aspekte der Interozeption (Somatosensation, Schmerz, Jucken, Temperatur und Bewegung) beinhalten, aktiviert (Kurth et al., 2010). In Studien zeigten der STSP sowie der emotionsregulierende mPFC bzw. ACC eine Aktivität speziell bei CT-Faser-Stimulation (Bjornsdotter et al., 2009; Gordon et al., 2013; Morrison, 2016). Der mPFC wird mit der Theorie des Geistes und Mentalvorgängen in Verbindung gebracht (Sperduti et al., 2011), der STSP ist an der sozialen Wahrnehmung beteiligt (Allison et al., 2000). Bei ProbandInnen mit einem pathologischen Fehlen der A-Fasern wurden bei Berührung der behaarten Haut über eine

reine Stimulation der CT-Fasern der primäre und sekundäre SC nicht aktiviert. Zudem wurden dorsalere Bereiche des Insularcortex angesprochen (Olausson et al., 2002). In Konnektivitätsanalysen wurden bei Berührungen der behaarten Haut größere funktionelle Verbindungen zwischen der Insula und Amygdala und dem PFC bzw. ACC gefunden. Dies spielt möglicherweise eine Rolle in der Bewertung der sozialen Relevanz und der Belohnung der Berührungsreize (Gordon et al., 2013).

Insbesondere in der kindlichen, aber auch fetalen Entwicklung spielt Berührung eine bedeutende Rolle. Ein menschlicher Embryo reagiert aktiv auf die Stimulation der Haut, noch bevor Augen und Ohren entwickelt sind. So ist die Haut das Hauptorgan, durch welches der Embryo mit der Außenwelt in Verbindung steht (Montagu, 1984). Bei Zwillingschwangerschaften reagieren schon 8,5 Wochen alte Feten auf gegenseitige Berührungen (Arabin et al., 1996). Eine Erklärung für die frühe Entwicklung der Wahrnehmung von Berührung könnte die Aktivierung der CT-Fasern über eine Stimulation durch das Fruchtwasser sein (McGlone et al., 2014). Gallace und Spence (2010) sehen Berührungen der Haut als früheste Form der Kommunikation an. Soziale Interaktionen und Berührungen in der Frühgeborenenphase haben durch Modulation der Sensitivität auf Neuropeptide wie Oxytocin Einflüsse auf das spätere Sozialverhalten (McGlone et al., 2014). Bei Affen wurde durch gegenseitige Fellpflege die körpereigene Endorphinproduktion stimuliert (Keverne et al., 1989). So stellt die Beeinflussung der körpereigenen Opioidproduktion einen weiteren neurochemischen Aspekt der Berührung dar und bietet eine Erklärung für die beruhigende (McGlone et al., 2014) und schmerzstillende (Liljenkrantz et al., 2017) Wirkung von affektiver Berührung. Die Verringerung von Schmerzen trat sowohl bei zum Schmerzreiz gleichzeitiger als auch zeitlich versetzter Berührung auf, was auf einen Einfluss neben dem möglichen Ablenkungseffekt hinweist (Liljenkrantz et al., 2017). Auch die Ausschüttung von Oxytocin vor allem während des Stillens wird von Uvnäs-Moberg et al. (2005) mit der langsamen Berührung in Verbindung gebracht. Dies beeinflusst unter anderem über die Modulation der Serotoninausschüttung das Sozialverhalten (McGlone et al., 2014). Des Weiteren sorgen Berührungen bei Kindern für eine verminderte stressbedingte Cortisol-Produktion mit verstärktem Zellwachstum im Hippocampus, was die Gedächtnisfunktion positiv beeinflusst (Miles et al., 2006). Auch im Erwachsenenalter können Berührungen die Stressempfindung regulieren. So senkten Berührungen durch eine Kran-

kenschwester am Tag vor der Operation das subjektive und objektive Stresslevel der PatientInnen (Whitcher und Fisher, 1979). Langsame Berührungen können zudem eine sympathische Hautreaktion hervorrufen (Olausson et al., 2008), was auf einen Einfluss auf das autonome Nervensystem hinweist. Hautkontakt zwischen einer Mutter und ihrem Neugeborenen stärkt die parasympathische Aktivität (Butruille et al., 2017) und Neugeborene, die einem intensiveren Haut-zu-Haut-Kontakt mit ihrem Vater ausgesetzt waren, hatten eine stabilere Herzfrequenz. Auch die Väter haben von den Berührungen profitiert und hatten geringere Angst- und Depressionssymptomatik als die Väter der Kontrollgruppe (Huang et al., 2019). Im Allgemeinen signalisiert interpersonelle Berührung Belohnung und Absicherung, die durch körperliche Nähe zu einer Bezugsperson entstehen (McGlone et al., 2014) und stellt zudem die emotionalste der taktilen Erfahrungen dar (Gallace und Spence, 2010).

Berührungen können die soziale Wahrnehmung auf verschiedene Weisen beeinflussen (Morrison et al., 2010). Eine Verhaltensstudie aus dem Jahr 2006 (Hertenstein et al., 2006) konnte demonstrieren, dass soziale Berührungen eine große Bandbreite an Emotionen signalisieren können. TeilnehmerInnen dieser Studie sollten versuchen eine Liste an Emotionen per Berührungen an eine unbekannte Person zu vermitteln. Die Ergebnisse zeigten, dass die EmpfängerInnen der Berührungen die Emotionen Ärger, Angst, Ekel, Liebe, Dankbarkeit und Mitleid mit einer 70-prozentigen Genauigkeit richtig identifizieren konnten. In einem weiteren Experiment zeigten die Autoren, dass Emotionen korrekt entschlüsselt werden konnten, indem die StudienteilnehmerInnen lediglich andere Personen über Berührungen kommunizieren sahen. Berührungen unterstreichen folglich nicht lediglich das Kommunizierte, sondern stellen darüber hinaus ein eigenständiges und ausdifferenziertes Kommunikationsmittel dar.

Die beschriebenen Aspekte verdeutlichen die immense Bedeutung von CT-Faser-vermittelter Berührung auf die Entwicklung, Emotionen und soziale Kommunikation eines Menschen. Insbesondere die bereits nachgewiesenen Reizwahrnehmungsstörungen im Bereich des visuellen und des Belohnungssystems nach erlebten Traumatisierungen in der Kindheit (Dannlowski et al., 2012; Dillon et al., 2009) und die gemeinsamen Hirnareale, die sowohl durch Berührung als auch durch traumatische Erfahrungen in der Kindheit beeinflusst werden können, lassen vermuten, dass es einen Zusammenhang zwischen

Traumatisierungen in der Kindheit und Veränderungen in der Verarbeitung von Berührung gibt. Wahrnehmungsstörungen im allgemeinen taktilen System bei PatientInnen mit PTBS wurden bereits nachgewiesen (Badura-Brack et al., 2015). Studien zeigen zudem Veränderungen in der Berührungssensitivität bei psychiatrischen Erkrankungen wie Anorexia nervosa (Crucianelli et al., 2016) und Erkrankungen aus dem Autismus-Spektrum (Lundqvist, 2015). Die vorliegende Studie soll prüfen, ob solche Veränderungen in der Berührungswahrnehmung auch durch Kindheitstraumatisierungen ausgelöst werden können. Zudem soll sie durch den Bottom-Up-Ansatz im Sinne einer Modulation der Berührungsgeschwindigkeit Aufschluss darüber geben, ob vermehrt die emotionale Ebene (langsame Berührung) oder vermehrt die sensorische Ebene (schnelle Berührung) der Berührungswahrnehmung bei ProbandInnen mit Kindheitstraumata verändert ist. Auch ein Einfluss von Traumatisierungen auf die Empfindung und Bewertung der Berührung soll, analog zu einem bereits nachgewiesenen geringer empfundenen berührungsassoziierten Wohlbefindens bei Anorexia nervosa (Crucianelli et al., 2016), nachgewiesen werden. Die Hypersensitivität auf Berührung bei Menschen mit Erkrankungen aus dem Autismus-Spektrum wurde als Mediator für die soziale Dysfunktion ermittelt (Lundqvist, 2015), weshalb man vermuten kann, dass eine veränderte Berührungswahrnehmung auch bei Menschen mit Kindheitstraumata die sozialen Dysfunktionen vermitteln könnte.

1.4 Interpersonelle Distanz

Im Folgenden sollen die Hintergründe der Hypothese, nach der Kindheitstraumata einen Einfluss auf die IPD hätten, beleuchtet werden.

Der Bereich, bei dessen Überschreitung bei interpersoneller Interaktion Unwohlsein ausgelöst wird, wird IPD genannt (Hayduk, 1983). Menschen regulieren automatisch diesen räumlichen Abstand zwischen sich selbst und anderen. Die IPD fungiert als Kontrollmechanismus, um das Arousal und den sensorischen Input bei zwischenmenschlichen Beziehungen zu regulieren (Uzzell und Horne, 2006). Ihre Größe wird maßgeblich von der Amygdala beeinflusst (Kennedy et al., 2009). Die Amygdala spielt eine wichtige Rolle beim sozialen Annäherungs- und Vermeidungsverhalten, was unter anderem in Studien mit Rhesusaffen belegt wurde (Mason et al., 2006). Die Amygdala weist bei geringer IPD eine erhöhte Aktivität bei gesunden Individuen auf. Darüber hinaus zeigen PatientInnen

mit vollständigen Amygdalaläsionen einen Mangel an Gespür für die individuelle IPD (Kennedy et al., 2009). Auch Neurotransmitter können die IPD beeinflussen. So kann sie durch die Gabe von Oxytocin verändert werden (Preckel et al., 2014). Die IPD ist bei Kindern, die körperlich missbraucht wurden, signifikant größer als die nicht missbrauchter Kinder (Vranic, 2003). Auch Erwachsene mit PTBS weisen eine größere IPD auf (Bogovic et al., 2014). Die IPD korreliert mit der sensorischen Sensitivität, die anzeigt, wie sensitiv eine Person auf nahe visuelle, akustische, olfaktorische oder sensorische Reize reagiert (Perry et al., 2015). Dies legt nahe, dass die soziale Interaktion von der individuellen sensorischen Sensitivität eines Menschen abhängig ist (Perry et al., 2015) und Störungen im Sozialverhalten durch eine veränderte Reizverarbeitung begründet sein können. Personen mit Kindheitstraumata weisen, wie bereits beschrieben, eine erhöhte sensorische Sensitivität auf, sodass es wahrscheinlich ist, dass die IPD verändert ist.

Folglich könnten traumatische Erfahrungen in der Kindheit durch Veränderungen in der Reizwahrnehmung eine Veränderung im Sinne einer Vergrößerung der IPD auch noch im Erwachsenenalter auslösen. Auch die durch Traumatisierungen in der Kindheit hervorgerufene Hyperaktivität der Amygdala in Bezug auf soziale Reize (Dannlowski et al., 2012) bestärkt diese Annahme.

1.5 Ziele der Untersuchungen

Im Rahmen dieser Studie wird die Frage gestellt, ob traumatische Erlebnisse in der Kindheit die soziale Interaktion im Erwachsenenalter verändern können. Betroffene von Kindheitstraumatisierungen weisen häufig soziale Beeinträchtigungen auf, welche wiederum ein erhöhtes Risiko für psychiatrische Morbidität bergen. Konvergierende Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass traumatische Erfahrungen zu einer veränderten Physiologie und einer damit einhergehenden persistierenden Veränderung der Reizwahrnehmung führen (Teicher et al., 2016). Ein verändertes sensorisches Erleben von sozialen Reizen könnte maßgeblich an der Entstehung sozialer Dysfunktionen beteiligt sein. Die taktile Domäne ist diesbezüglich bislang unerforscht, sodass es in Anbetracht der sozialen Schlüsselrolle dieser Domäne sinnvoll ist, sie bei Betroffenen zu untersuchen. Hierzu werden in der vorliegenden Arbeit zwei Kernmerkmale sozialer Interaktionen, die soziale Berührung und die IPD, bei Erwachsenen mit traumatischen Erfahrungen in der Kindheit

untersucht. Wir vermuten bei den ProbandInnen neurofunktionelle Veränderungen bei der Verarbeitung von sozialer Berührung, die mit dem CTQ-Summenwert assoziiert sind. Die zugrundeliegende Hypothese ist, dass es bei höheren CTQ-Summenwerten, also einem größeren Ausmaß an erlebten Kindheitstraumatisierungen (Childhood Maltreatment, CM) bei schneller Berührung durch die erhöhte Alarmbereitschaft zu höheren Aktivitäten im SC, der Amygdala, dem Hippocampus und der Insula als bei niedrigeren CTQ-Summenwerten kommt. Diese Veränderung kann analog zu der bereits nachgewiesenen verstärkten Reaktion auf visuelle Reize bei Menschen mit hohen CTQ-Summenwerten (Dannlowski et al., 2012) gesehen werden. In Bezug auf die langsame Berührung gehen wir vor allem bei hohen CTQ-Summenwerten von einer verminderten Aktivität in den beschriebenen Hirnarealen aus. Diese Annahme kann in der Theorie begründet werden, dass es durch traumatische Erfahrungen in der Kindheit zu einer Reizverarbeitungsstörung kommt, bei der die Aufmerksamkeit zu Gunsten potenziell gefährlicher Reize von neutralen Reizen weggeleitet wird und es zudem schwächere Verknüpfungen zwischen Berührungsempfindungen und Belohnungssystem gibt (Teicher et al., 2016).

So gehen wir auch davon aus, dass es Unterschiede in der Bewertung von Berührung zwischen ProbandInnen, die stark von Kindheitstraumata geprägt sind und einen hohen CTQ-Summenwert aufweisen und ProbandInnen mit niedrigem CTQ-Summenwert gibt. Wir stellen die Hypothese auf, dass bei schneller interpersoneller Berührung der CTQ-Summenwert invers mit der empfundenen Beruhigung korreliert, was durch die erhöhte Alarmbereitschaft in Bezug auf potenziell gefährliche Reize erklärt werden könnte.

Mit Hilfe des IPD-Experimentes möchten wir nachweisen, dass eine positive Korrelation zwischen CTQ-Summenwert und der als ideal empfundenen Distanz zwischen zwei Menschen besteht und somit die sozialen Auswirkungen von Traumatisierungen in der Kindheit betonen.

Die aufgeführten Fragestellungen und Hypothesen waren bisher noch kein Gegenstand durchgeführter Studien.

Das Ziel der Untersuchungen ist es, die vermuteten Veränderungen in der sozialen Interaktion bei Erwachsenen nach kindheitstraumatischen Ereignissen zu detektieren. Es handelt sich um die erste fMRT-Studie, die die Auswirkungen traumatischer Erlebnisse in der Kindheit auf die Bewertung und neuronale Verarbeitung von sozialer Berührung im Erwachsenenalter untersucht. Zudem handelt es sich um das erste Verhaltensexperiment, das die IPD bei Erwachsenen nach Kindheitstraumatisierungen erforscht. Somit kann die Studie als Grundlage zum genaueren Verständnis der Pathophysiologie der Verarbeitung von Kindheitstraumata und zur Entwicklung von spezifischen Therapien dienen. Hierdurch erhält man insbesondere ein besseres Verständnis für das Erleben der Betroffenen. Die Erfolge von Therapien könnten durch Verfahren, die die sensorische Sensitivität messen, bewertet werden.

2. Material und Methoden

Das Experiment wurde auf Grundlage der letzten Änderung der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes (World Medical Association) von 1964 durchgeführt und von der lokalen Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn (Anerkennung Nr. 158/15) genehmigt. Die Studie wurde in der Clinical Trials.gov Datenbank (Identifier: NCT03421587) des US National Institute of Health registriert. Alle behavioralen und fMRT-Daten wurden in Bonn gesammelt.

2.1 StudienteilnehmerInnen

An der Studie nahmen 120 erwachsene Probanden und Probandinnen teil, die unterschiedliche Formen von Kindheitstraumata erlebt haben. Insgesamt wurden 92 ProbandInnen im Alter von 18 bis 55 Jahren (Durchschnittsalter \pm Standardabweichung (SD) = $27,78 \pm 8,50$ Jahre), darunter 28 Männer und 64 Frauen, eingeschlossen. Ausschlusskriterien waren psychotische Störungen, neurologische Abnormalitäten, stattgehabte Schädel-Hirn-Traumata sowie die Einnahme von psychotropen Medikamenten. Darüber hinaus durften die StudienteilnehmerInnen keine Kontraindikationen für eine MRT-Untersuchung aufweisen. In die fMRT-Analyse eingeschlossen wurden die Ergebnisse von 85 ProbandInnen, da sieben ProbandInnen wegen technischer Störungen oder starker Kopfbewegungen ($< 3 \text{ mm/}^\circ$) von der fMRT-Analyse ausgeschlossen werden mussten.

Es wurde im Zeitraum von November 2015 bis Mai 2017 über Online-Anzeigen und öffentliche Aushänge auf die Studie aufmerksam gemacht. Die ProbandInnen wurden vorab in verständlicher Form über den Ablauf der Studie aufgeklärt. Die Bestätigung des Erhalts dieser Aufklärung sowie die jederzeit widerrufbare Einverständniserklärung wurden schriftlich eingeholt. Die StudienteilnehmerInnen erhielten eine finanzielle Aufwandsentschädigung für den ersten Termin in Höhe von 45 € und für den zweiten Termin, an dem die fMRT-Messung durchgeführt wurde, in Höhe von 65 €.

Die ProbandInnen wurden auf Basis des CTQ-Summenwerts mittels eines Terzilsplits in drei Probandengruppen eingeteilt, eine Probandengruppe ohne oder mit marginal ausgeprägtem Ausmaß, eine Gruppe mit mittelgradig ausgeprägtem Ausmaß und eine Gruppe mit schwerwiegend ausgeprägtem Ausmaß an erlebten traumatischen Erfahrungen in der

Kindheit. Die erste Gruppe (CM Low, $n = 33$) entspricht mit einem Mittelwert (MW) und einer SD des CTQ-Summenwertes von $26,61 \pm 0,28$ dem unteren Terzil, die zweite mit $35,53 \pm 0,67$ (CM Medium, $n = 30$) dem Terzil in der Mitte und die dritte mit $63,35 \pm 2,61$ (CM High, $n = 29$) dem oberen Terzil. In der low CM-Gruppe liegen die CTQ-Gruppenwerte zwischen 25 und 29, in der medium CM-Gruppe zwischen 30 und 43 und in der high CM-Gruppe zwischen 43 und 107.

2.2 Studienablauf

Die Studienteilnahme gliederte sich in zwei Termine sowie ein kurzes telefonisches Interview vorab, um die Ein- und Ausschlusskriterien zu überprüfen.

Der erste Termin bestand aus der ausführlichen Aufklärung, der schriftlichen Einwilligung sowie der persönlichen sowie computergestützten Beantwortung von Fragebögen. Zunächst wurde das Strukturierte Klinische Interview für DSM-IV, Achse I und Achse II (SKID I und II) (Wittchen et al., 1997) zur Diagnostik psychischer Störungen und Persönlichkeitsstörungen nach DSM-IV im persönlichen Gespräch durchgeführt. Danach wurde ebenfalls im persönlichen Interview mittels der Clinician-Administered PTSD-Scale (CAPS) (Weathers et al., 2018) eine mögliche PTBS sowie die entsprechende Symptomschwere bestimmt. Des Weiteren wurden folgende Fragebögen von den ProbandInnen am Computer beantwortet:

- traumabezogener Fragebogen: Childhood Trauma Questionnaire (CTQ) (Bernstein et al., 1994)
- Fragebögen zur Erfassung von psychischem Befinden und Komorbiditäten: Perceived Stress Scale (PSS) (Cohen et al., 1983), Beck Depression Inventory II (BDI II) (Beck et al., 1996)
- berührungsbezogener Fragebogen: Social Touch Questionnaire (STQ) (Wilhelm et al., 2001)

Die eigentliche fMRT-Messung erfolgte an einem weiteren Termin und umfasste zwei MRT-Experimente zu neurostrukturellen Veränderungen sowie Veränderungen im olfaktorischen und somatosensorischen reizverarbeitenden System bei Menschen, die Kindheitstraumata erlebt haben. Zudem wurde an diesem Termin ein Verhaltensexperiment

zur IPD durchgeführt. Alle TeilnehmerInnen führten zwei Paradigmen im fMRT durch, in denen der Einfluss von Kindheitstraumata auf die Verarbeitung von sozialen olfaktorischen Reizen und sozialer Berührung untersucht wurde. Im Rahmen dieser Dissertation wird nur der Aspekt der Studie, der der Beurteilung und Verarbeitung von sozialer Berührung und der IPD dient, beschrieben. Zum Screening am Messtag wurde ein selbst-verfasster Screeningfragebogen zur Erfassung allgemeiner Daten ausgehändigt. Dieser beinhaltete Fragen nach der Schlafdauer der letzten Nacht, dem Alkoholkonsum am Vortag, dem Kaffeekonsum, den zu sich genommenen Mahlzeiten, dem Hungergefühl, der sportlichen Aktivität und dem allgemeinen Befinden am Screeningtag sowie bei Probandinnen nach dem Zyklustag. Vor der fMRT-Untersuchung erfolgte die Erklärung des Versuchsaufbaus und der Paradigmen sowie die Vorbereitung für das MRT (Entfernung von Metallteilen, Aufzeichnung von Orientierungslinien auf den Schienbeinen für das Berührungspaarparadigma). Während der fMRT-Messung wurden die Herzfrequenz und die Atmung aufgezeichnet. Hierfür wurden den ProbandInnen ein Photoplethysmogramm an einer der Zehen sowie ein Atemgurt um den Brustkorb angelegt. Zusätzlich bekamen die TeilnehmerInnen Antwortgriffe für das während der fMRT-Messung stattfindende behaviorale Experiment, deren Anwendung vorab erklärt wurde. Die Messung startete mit einer etwa sechsminütigen anatomischen Aufnahme. Darauf folgte das etwa zwanzigminütige Experiment zur Verarbeitung von sozialer Berührung. Nach einer kurzen Pause, in der sich der oder die Teilnehmende aufrichten und etwas lockern konnte und der Versuchsaufbau angepasst wurde, folgte ein zweites Experiment zur olfaktorischen Reizverarbeitung. Nach der fMRT-Messung wurde das IPD-Experiment durchgeführt.

2.3 Klinische Interviews und neuropsychologische Tests

Im Rahmen des Screeningtermins vor dem MRT-Termin wurden verschiedene Fragebögen und Interviews verwendet, die sowohl im persönlichen Gespräch als auch als Selbstbeurteilung am Computer durchgeführt wurden.

Zunächst wurde das Strukturierte Klinische Interview für DSM-IV, Achse I und Achse II (SKID I und II) (Wittchen et al., 1997) durchgeführt. Dieses Interview ist ein ökonomisches, effizientes und reliables Verfahren zur Diagnostik psychischer Störungen und Persönlich-

keitsstörungen nach DSM-IV. Die psychischen Störungen werden im SKID I in die Sektionen A bis J eingeteilt, die Sektionen sind affektive Syndrome, psychotische und assoziierte Symptome, Differentialdiagnose psychotischer Störungen, Differentialdiagnose affektiver Störungen, Missbrauch und Abhängigkeit von psychotropen Substanzen, Angststörungen, somatoforme Störungen, Essstörungen, Anpassungsstörungen sowie optionale Störungen. Das SKID II dient der Diagnostik folgender Persönlichkeitsstörungen: selbstunsichere, dependente, zwanghafte, negativistische, depressive, paranoide, schizotypische, schizoide, histrionische, narzisstische, Borderline und antisoziale Persönlichkeitsstörung. Das Interview beginnt im SKID I und II mit allgemeinen Informationen zur befragten Person. Darauf folgt ein einfacher Explorationsleitfaden mit Screening-Fragen, wodurch die Hauptprobleme erkannt werden können. Werden die Screening-Fragen bejaht, so folgen Detailfragen, bei Verneinung werden die entsprechenden Sektionen übersprungen. Das SKID wird als persönliches Interview durchgeführt.

Die CAPS (Weathers et al., 2018) wird ebenfalls in Form eines persönlichen Interviews durchgeführt. Hierbei erhält der oder die ProbandIn zunächst eine Traumaereignisliste, welche sieben Ereignisse umfasst: Erfahrungen im Kriegseinsatz, körperliche Bedrohung oder Verletzung, Vergewaltigung, sexueller Missbrauch in der Kindheit, das Erleben von Naturkatastrophen, schwerwiegenden Unfällen und Gefangenschaft (Kriterium A). Zusätzlich wird festgestellt, ob der oder die ProbandIn Zeugn eines der o.g. Ereignisse war oder andere schwerwiegende Erlebnisse hatte. Danach werden Häufigkeit und Intensität der auftretenden traumabezogenen Symptome auf einer fünfstufigen, verhaltensbasierten Skala beurteilt (Kriterien B - E). Zu den Symptomen gehören intrusive Symptome, Vermeidungsverhalten, negative Veränderung in Kognition und Stimmung sowie Veränderungen hinsichtlich Arousal und Reagibilität. Anschließend folgt die Erfassung des Beginns und der Dauer der Symptome sowie des Grades der subjektiven Beeinträchtigung in wichtigen Lebensbereichen (Kriterien F - G). Kriterium I beinhaltet die zusätzlichen dissoziativen Symptome Depersonalisation und Derealisation. Der oder die Untersuchende beurteilt im Anschluss die Validität der Aussagen und die Gesamtschwere der Symptomatik. Die CAPS kann zur Diagnostik und Schweregradeinteilung der PTBS (CAPS-5 Total-Symptomschwere-Wert, CAPS-5 Symptomclusterschwere-Wert) genutzt werden. Der Total-Symptomschwere-Wert wird durch die Summierung der Items 1 - 20 (ggf. auch 29 -

30) berechnet. Der Symptomclusterschwere-Wert wird durch Berechnung der individuellen Schweregrad-Werte für die Kriterien B, C, D, E und I dargestellt. Die Diagnose PTBS kann gestellt werden, wenn mindestens ein B-Kriterium, ein C-Kriterium, zwei D-Kriterien und zwei E-Kriterien vorliegen (wobei die einzelnen Kriterien erst ab dem Item-Schwere-Wert von zwei als vorhanden angesehen werden). Zusätzlich müssen Kriterien F und G erfüllt sein (Vorhandensein der Symptome für mindestens einen Monat und klinisches Leiden).

Die im Folgenden erläuterten Fragebögen wurden von den ProbandInnen am Computer ausgefüllt.

Der CTQ (Bernstein et al., 1994) ist ein Selbstbeurteilungsinstrument, um retrospektiv Missbrauch und Vernachlässigung in der Kindheit zu erfassen. In der vorliegenden Studie wurden die TeilnehmerInnen anhand des durch ihn ermittelten Punkte-Summenwertes in drei Gruppen eingeteilt. Der CTQ betrachtet folgende Subskalen: emotionaler Missbrauch, körperlicher Missbrauch, sexuelle Gewalt/sexueller Missbrauch, emotionale Vernachlässigung und körperliche Vernachlässigung. Er besteht aus 28 Aussagen, die in einer fünfstufigen Likert-Skala, die von „überhaupt nicht“ (1) bis „sehr häufig“ (5) reicht, bewertet werden. Die Aussage beginnt immer mit „Als ich aufwuchs“ und wird mit trauma-bezogenen Inhalten beendet. Die Items können den einzelnen Subskalen zugeordnet werden. Beispielaussagen für emotionalen und körperlichen Missbrauch sind „Als ich aufwuchs, bezeichneten mich Personen aus meiner Familie als „dumm“, „faul“ oder „hässlich“ und „Als ich aufwuchs, wurde ich von jemandem aus der Familie so stark geschlagen, dass ich zum Arzt oder ins Krankenhaus musste“. Körperliche und emotionale Vernachlässigung werden beispielsweise durch die Aussagen „Als ich aufwuchs, hatte ich nicht genug zu essen“ und „Als ich aufwuchs, wusste ich, dass sich jemand um mich sorgte und mich beschützte“ abgefragt.

Das BDI II (Beck et al., 1996) dient der Erfassung depressiver Symptomatik. Hierbei werden zu 21 Symptomen der Depression jeweils vier Aussagen vorgegeben, aus denen je eine gewählt wird. Es können 0 - 63 Punkte erreicht werden. Nach der Anzahl der Punkte wird die Schwere der Depression bestimmt: 0 - 8: Keine Depression, 9 - 13: Minimale Depression, 14 - 19: Leichte Depression, 20 - 28: Mittelschwere Depression, 29 - 63: Schwere Depression.

Außerdem beantworteten die ProbandInnen die PSS (Cohen et al., 1983). Diese Skala dient der Feststellung von subjektivem Stressempfinden. Sie besteht aus 14 Items, welche Feststellungen darstellen, die auf einer Skala von null („fast nie“) bis drei („meistens“) nach ihrer Häufigkeit bewertet werden sollen.

Ein allgemeines aversives Empfinden der Probanden und Probandinnen hinsichtlich sozialer Berührungen und sozialer Interaktion wurde mit einer deutschen Übersetzung des Fragebogens STQ (Wilhelm et al., 2001) bestimmt. Der Bogen enthält 20 Fragen, die in einer fünfstufigen Skala von „überhaupt nicht“ bis „extrem“ beantwortet werden.

Tab. 1: Verwendete Fragebögen und die jeweils erreichbaren Summenwerte

Abkürzungen: BDI II: Beck Depression Inventory-II; CAPS: Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5; PSS: Perceived Stress Scale; STQ: Social Touch Questionnaire; CTQ: Childhood Trauma Questionnaire (eigene Darstellung)

Fragebogen	Erreichbare Summenwerte
BDI	0-63
CAPS-5 Total-Symptomschwere-Wert	0-88
CAPS-5 Symptomclusterschwere-Wert	B0-20, C 0-8, D0-28, E0-24, I0-8
PSS	0-42
STQ	20-100
CTQ	25-125
CTQ: Emotionale Vernachlässigung	5-25
CTQ: Emotionaler Missbrauch	5-25
CTQ: Körperlicher Missbrauch	5-25
CTQ: Körperliche Vernachlässigung	5-25
CTQ: Sexueller Missbrauch	5-25

2.4 Studienausschluss und fehlende Daten

Aufgrund von Medikamenteneinnahme zum Zeitpunkt des Screenings mussten 15 TeilnehmerInnen ausgeschlossen werden. Fünf weitere TeilnehmerInnen brachen auf eigenen Wunsch die Studienteilnahme ab und wurden somit von der Studie ausgeschlossen. Des Weiteren wiesen drei Personen Kontraindikationen für eine MRT-Untersuchung auf, was ebenfalls zum Studienausschluss führte. Wegen psychotischer Störungen wurden

weitere fünf TeilnehmerInnen ausgeschlossen. Die Störungen wurden von einem erfahrenen Psychologen mittels Strukturiertem Klinischen Interview für DSM-IV (Wittchen et al., 1997) während des Screenings festgestellt. Aus der medium CM-Gruppe nahm eine Person nicht am IPD-Experiment teil. Nicht ermittelt wurden zudem die CAPS-Summenwerte für einen Teilnehmenden der low CM-Gruppe. Technische Störungen führten dazu, dass der STQ (Wilhelm et al., 2001) und die PSS (Cohen et al., 1983) bei zwei Personen aus der low CM-Gruppe und einer aus der medium CM-Gruppe nicht durchgeführt werden konnten.

2.5 fMRT-Messung

Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) ist ein bildgebendes, nicht-invasives Verfahren, das durch ein starkes Magnetfeld und Hochfrequenzimpulse aktivierte Hirnareale räumlich darstellen kann. Um Rückschlüsse auf die Hirnaktivität verschiedener Areale zu ziehen, wird das Magnetresonanz-Signal zu zwei Zeitpunkten, im Experimental- und Ruhezustand, verglichen. In der Regel besteht eine fMRT-Untersuchung aus drei Phasen: dem Prescan zur Lagerungskontrolle des Untersuchungssubjektes, dem anatomischen MRT-Scan und dem eigentlichen fMRT-Scan.

Durch das Magnetfeld werden Wasserstoffprotonen (H^+) angeregt und relaxiert, was wiederum messbare magnetische Impulse erzeugt. Man unterscheidet T1- und T2-gewichtete Aufnahmen. An dem Zeitpunkt, an dem 63 % der Protonen in Längsrichtung relaxiert sind, spricht man von der T1-Zeit (0,5 - 5 sec), bei Relaxierung in Querrichtung spricht man von T2-Zeit (100 - 300 ms). T1-gewichtete Aufnahmen haben eine höhere Auflösung und sind dementsprechend besser für die morphologische Darstellung der Hirnstrukturen geeignet, T2-gewichtete Aufnahmen eignen sich besser zur Abbildung neuronaler Aktivität. Die Darstellung der Aktivität beruht auf Durchblutungsänderungen, welche auf Stoffwechselforgänge zurückzuführen und somit mit neuronaler Aktivität assoziiert sind. Bei Aktivierung eines Hirnareals kommt es zu einem gesteigerten Sauerstoff (O_2) -Bedarf, welcher durch einen vermehrten cerebralen Blutfluss gedeckt wird. Diese Deckung erfolgt allerdings erst nach einer Latenzzeit von 1 - 2 s, sodass zunächst der sogenannte „initial dip“, ein höherer Desoxyhämoglobingehalt, zu messen ist. Danach folgt durch das zuge-

führte oxygenierte Blut die positive „Blood Oxygenation Level Dependent (BOLD)“- Antwort. Sobald der Sauerstoff verbraucht ist, kommt es zum „Undershoot“, bei dem etwa 30 s lang das Desoxyhämoglobin wieder überwiegt. Diese verschiedenen Phasen müssen bei der Wahl des Abstandes zwischen den Stimuli (in diesem Falle der Berührung) berücksichtigt werden. So sollte ein gleichzeitiges Auftreten einer Aktivierung und eines „Post-Stimulus-Undershoot“ vermieden werden. Bei dem BOLD-Effekt werden die unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften von oxygeniertem und desoxygeniertem Hämoglobin im Blut genutzt. Oxygeniertes Hämoglobin ist diamagnetisch und ohne magnetisches Moment, desoxygeniertes Hämoglobin dagegen paramagnetisch und somit magnetisierbar. Der Vergleich von Ruhezustand und Experimentalzustand ist durch statistische Testverfahren möglich. So können in Bezug auf die vorliegende Studie diejenigen Hirnareale identifiziert werden, die durch langsame sowie schnelle Berührung aktiviert werden und diesbezügliche CTQ-Wert abhängige Unterschiede herausgearbeitet werden.

Die fMRT-Daten wurden unter Verwendung eines 3T MRI Systems (Siemens, Erlangen, Deutschland) gesammelt. Die Feldstärke dieses MRTs betrug drei Tesla und es war mit einer 32-Kanal Kopfspule (Siemens, Erlangen, Deutschland) ausgestattet. Es wurden T2-gewichtete, echoplanare (Echo-Planar-Imaging, EPI) und anatomische high-resolution Bilder gewonnen. Es wurde ein BOLD-Kontrast mit einer Repetitionszeit (Repetition Time, TR) von 2690 ms und einer Echozeit (Echo Time, TE) von 30 ms verwendet. Die Pixelgröße belief sich auf 2 x 2 x 3 mm, es wurden 41 axiale Schichten bei einer Schichtdicke von 3,0 mm und einem Schichtabstand von 10 % aufgenommen. Die Größe der gemessenen Schichten (Field of View, FoV) betrug 192 mm mit einem Anregungswinkel (flip angle) von 90°. Die zusätzlichen hochauflösenden anatomischen Bilder wurden im gleichen Scanner mit einer T1-Wichtung unter Hinzunahme einer 3D MPRAGE (Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo-) Sequenz mit folgenden Bildparametern aufgenommen: TR: 1660 ms, TE: 2,54 ms, Matrix-Größe: 256 x 256, Pixel-Größe: 0,8 x 0,8 x 0,8 mm, FoV: 256 mm, flip angle: 9°, 208 sagittale Schichten, Schichtdicke: 0,8 mm (Supplementary Information of Maier et al., 2019).

Während der fMRT-Messung wurden Herz- und Atemfrequenz aufgezeichnet, um für das physiologische Rauschen zu kontrollieren. Die Frequenzen wurden als Nuisance Regressors in das General Linear Model der fMRT-Daten aufgenommen. Während des fMRT-

Paradigmas wurden die physiologischen Daten mittels BIOPAC® MP150 System und der zugehörigen AcqKnowledge Acquisition & Analysis Software (Version 4.3.1) unter Verwendung einer Abtastfrequenz von 1000 Hz aufgezeichnet. Mithilfe eines MRT-kompatiblen Atemgurts (RX-TSD221-MRI, BIOPAC® Systems, Inc.) um die Brust des Probanden oder der Probandin wurden Thoraxkontraktionen und -expansionen erfasst. Der Atemgurt war mit einem Druck-Wandler im Monitoring-Raum durch einen 1,5 mm dicken und 10 m langen MRT-kompatiblen Schlauch (AFT30-XL, BIOPAC® Systems, Inc.) verbunden. Durch die Hardware-basierten Filter (Tiefpass-Filter von 1 Hz und Hochpass-Filter von 0,05 Hz), die in den Verstärker integriert waren, wurde das Rauschen entfernt. Das Blutvolumenpulssignal wurde mit einer Abtastrate von 1000 Hz aufgezeichnet. Folgende Hardware wurde verwendet: PPG100C Photoplethysmogramm(PPG)-Verstärker (BIOPAC® Systems, Inc.) sowie TSD200-MRI Photoplethysmogramm-Wandler (BIOPAC® Systems, Inc.). Der PPG-Wandler wurde an einer Zehe des rechten Fußes der ProbandInnen angelegt. Ein 3 m langes, abgeschirmtes Kabel verband den Wandler mit dem Verstärker im Monitorraum. Das Rauschen im PPG-Signal wurde mittels Hardware-basiertem Tiefpass-Filter von 3 Hz und Hochpass-Filter von 0,5 Hz entfernt (Supplementary Information of Maier et al., 2019).

2.6 Behaviorale Experimente

In den folgenden Unterkapiteln werden die beiden behavioralen Experimente, das Berührungsexperiment während der fMRT-Messung und das Interpersonelle Distanz-Experiment, beschrieben.

2.6.1 Berührungsexperiment

Das Verhaltensexperiment der sozialen Berührung erfolgte während der fMRT-Messung. Es wurde einerseits das Experiment durchgeführt, bei dem die ProbandInnen die Berührung bewerten sollten und andererseits die fMRT-Messung, bei der die Hirnaktivität während der Berührung gemessen wurde. Nach einer anatomischen Aufnahme folgte das Berührungsparadigma. Es wurde eine adaptierte Version des Berührungsparadigmas von McGlone et al. (2012) verwendet, welche in Abbildung 1 dargestellt wird.

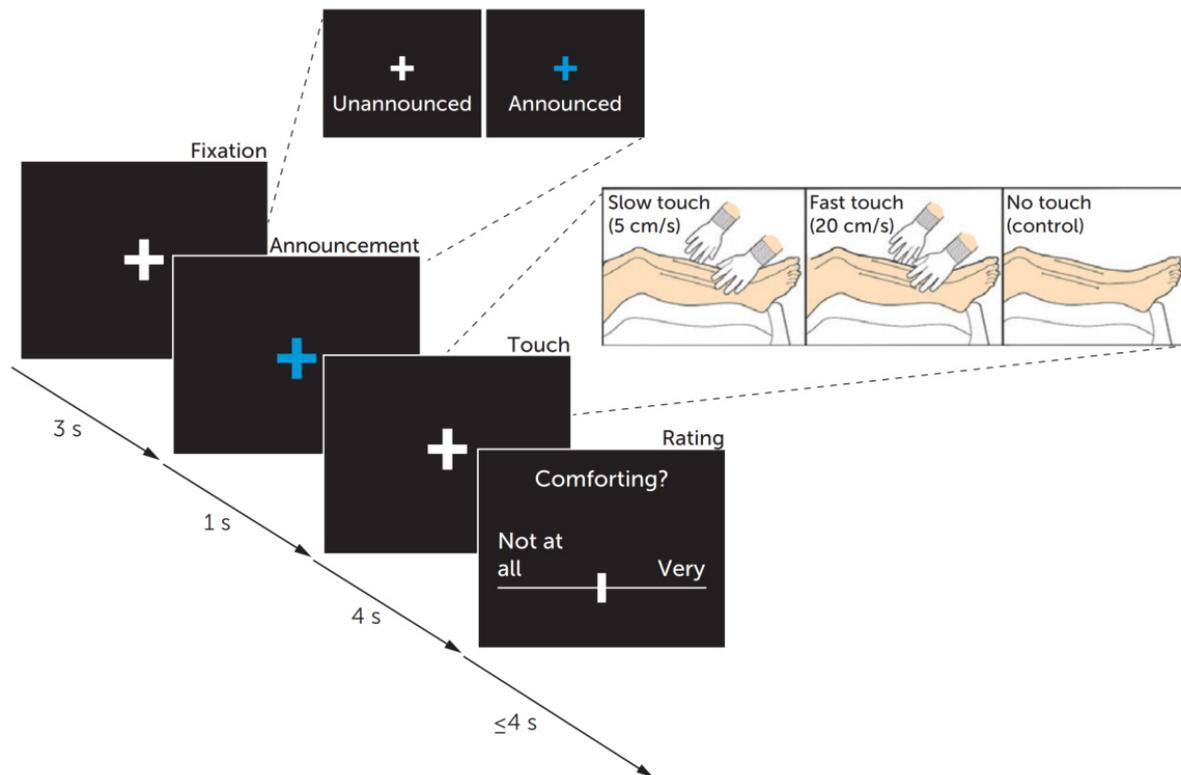


Abb. 1: Berührungsparadigma

Während der fMRT-Messung sollten die TeilnehmerInnen die empfundene Beruhigung einer sanften sozialen Stimulation bewerten. Zunächst sollte der/die Teilnehmende für 3 s ein Kreuz auf dem Bildschirm fixieren, dann folgte die Berührung mit oder ohne Ankündigung („Announcement“) entlang einer 20 cm langen Linie in einer proximal-distalen Richtung auf den Schienbeinen durch den/die VersuchsleiterIn (in zufälliger Reihenfolge unangekündigt oder durch ein blaues Fixierkreuz angekündigt, entweder angekündigt viermalig schnell (20 cm/s, entsprechend einer CT-nicht-optimalen Stimulationsgeschwindigkeit), unangekündigt viermalig schnell, angekündigt einmalig langsam (5 cm/s, entsprechend einer CT-optimalen Stimulationsgeschwindigkeit), unangekündigt einmalig langsam oder keine), was etwa 4 s dauerte. Danach bewertete der/die Teilnehmende auf einer visuellen 100-Punkte Analogskala, wie beruhigend die Berührung empfunden wurde. Hierfür hatte er/sie maximal 4 s Zeit. Grafik aus Maier et al. (2019)

Die visuelle Anleitung der ProbandInnen während des Experiments wurde auf einem 32-inch MRT-kompatiblen TFT LCD-Monitor-Bildschirm, der an der Rückseite der Magnetöffnung platziert wurde und den die ProbandInnen mittels eines Spiegelaufsatzes sehen konnten, präsentiert. Während der fMRT-Messung sollten die TeilnehmerInnen die empfundene Beruhigung einer sanften sozialen Stimulation bewerten.

Zunächst sollte der oder die Teilnehmende für 3 s ein Kreuz auf dem Bildschirm fixieren. Dieses erschien in der letzten Sekunde der 4 s zwischen den Stimuli. Durch eine blaue Farbe des Fixierkreuzes wurde in zufälliger Reihenfolge in 50 % der Fälle die Berührung angekündigt. Die Berührung erfolgte entlang einer 20 cm langen Linie in einer proximal-distalen Richtung auf den Schienbeinen und wurde durch den/die VersuchsleiterIn durchgeführt. Sie erfolgte entweder viermalig schnell (entsprechend einer CT-nicht-optimalen Stimulationsgeschwindigkeit von etwa 20 cm/s), einmalig langsam (entsprechend einer CT-optimalen Stimulationsgeschwindigkeit von etwa 5 cm/s) oder gar nicht. Die einzelnen Berührungsabfolgen dauerten etwa 4 s. Nach jeder Berührungsabfolge bewertete der oder die Teilnehmende, wie beruhigend die Berührung empfunden wurde. Das Adjektiv beruhigend („comforting“) hatte sich in einer anderen Studie bereits als emotional deskriptiv für soziale Berührung erwiesen (McGlone et al., 2012). Die Bewertung wurde über eine visuelle 100-Punkte Analogskala auf dem schwarzen Hintergrund des Bildschirms mittels MRT-kompatiblen Antwortgriffen (NordicNeuroLab AS, Bergen, Norwegen) von 0 (überhaupt nicht beruhigend) bis 100 (sehr beruhigend) vorgenommen. Es wurde Presentation 14 (Neurobehavioral Systems, Albany, CA) verwendet. Zwei Tasten der Antwortgriffe zur Bewertung dienten der seitlichen Bewegung des Cursors nach rechts und links auf der visuellen Analogskala. Durch Drücken einer der Tasten bestätigten die TeilnehmerInnen ihre Antwort. Es wurde jede Bedingung (slow announced, slow unannounced, fast announced, fast unannounced) 20 Mal in willkürlicher Reihenfolge gezeigt. Das Paradigma enthielt somit 100 Durchläufe und dauerte etwa 20 Minuten. Vor der Aufnahme wurde den TeilnehmerInnen die Benutzung der Antwortgriffe erklärt und es folgte ein kurzer Probedurchlauf. Nach dem Berührungs-Paradigma und einer kurzen Pause folgte das olfaktorische Paradigma, welches in einer anderen Dissertation beschrieben wird.

Bei diesem Vorgehen handelt es sich um einen Bottom-Up-Ansatz, da die sensorische Stimulation unabhängig von den Eigenschaften der berührenden Person untersucht werden sollte. Auf diese Weise sollten Top-Down-Faktoren, die z.B. durch das Geschlecht und das Alter der berührenden Person, die empfundene Sympathie oder den interpersonellen räumlichen Abstand ausgelöst werden, ausgeschlossen werden. Daher wurde die MRT-Röhre mit einem Tuch abgedeckt, sodass der Proband oder die Probandin visuell nicht abgelenkt wurde und seine oder ihre Beine sowie die berührende Person nicht sehen

konnte. Am Ende des Paradigmas wurde der Vorhang von zwei VersuchsleiterInnen abgenommen, sodass auch nach der Messung nicht ersichtlich wurde, wer die Berührungen ausgeführt hatte. Die Berührungen wurden dem Versuchsleiter bzw. der Versuchsleiterin durch ein Tonsignal über MRT-kompatible Kopfhörer angekündigt. Die Berührungen wurden gleichzeitig an den beiden Schienbeinen und unter Verwendung von Baumwollhandschuhen zur Vermeidung von unterschiedlicher Gleitfähigkeit und Temperatur z. B. durch Schweiß, Cremes oder trockene Haut, durchgeführt. Die VersuchsleiterInnen trainierten das Konstanthalten des ausgeübten Drucks und der ausgeübten Geschwindigkeit während der Berührungen vor Beginn der Datenerhebung.

2.6.2 Interpersonelle Distanz - Experiment

Das IPD-Experiment dient der Bestimmung der idealen und leicht unangenehmen interpersonellen Entfernung zwischen der Probandin bzw. dem Probanden und einer Versuchsleiterin bzw. einem Versuchsleiter. Es wurde eine angepasste Version des Stopp-Distanz-Paradigmas verwendet (Kennedy et al., 2009). Alle TeilnehmerInnen erhielten vorab schriftliche Instruktionen. Der oder die Teilnehmende stellte sich zunächst an eine auf dem Boden markierte Linie in einer Startentfernung von zwei Metern zum Versuchsleiter oder zur Versuchsleiterin. In den ersten beiden Durchgängen sollte er oder sie sich in einer angenehmen, idealen Entfernung zur Versuchsleiterin bzw. zum Versuchsleiter aufstellen. Mit einem digitalen Lasermessgerät wurde der Kinn-Kinn-Abstand gemessen (Modell DLR165K; Bosch; error $\pm 0,003$ m). Dann folgte in den nächsten beiden Durchgängen die Aufstellung in einer leicht unangenehmen Entfernung, welche wieder gemessen wurde (Abbildung 2). Ein standardisiertes Auftreten der VersuchsleiterInnen wurde gewährleistet und die Messung erfolgte immer im gleichen Raum.

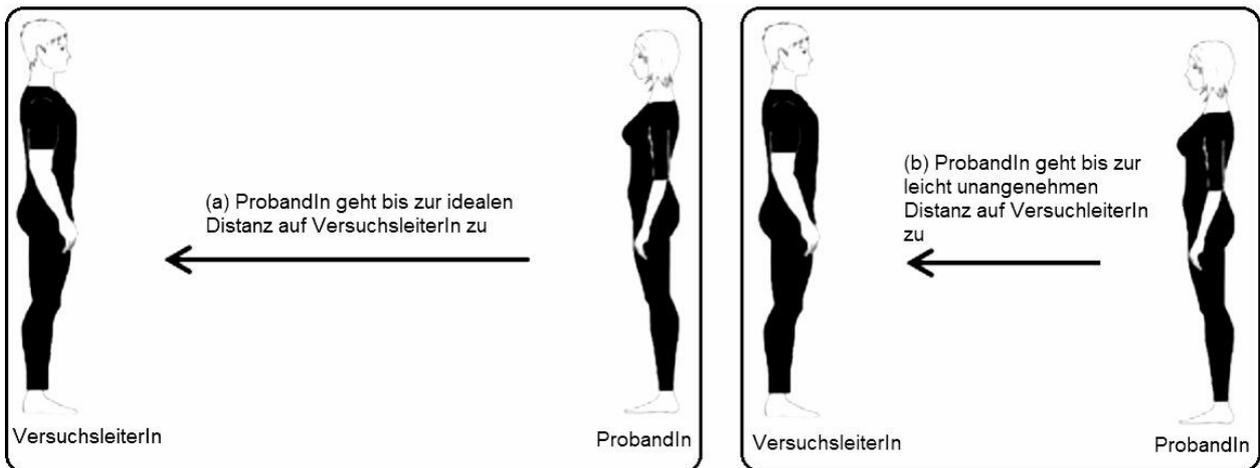


Abb. 2: Interpersonelle Distanz - Experiment

Der oder die ProbandIn ging (a) bis zu einer für ihn oder sie idealen Entfernung und (b) bis zu einer für ihn oder sie leicht unangenehmen Entfernung auf den/die VersuchsleiterIn zu. Die Entfernung wurde mittels Lasermessgerät gemessen. Grafik angelehnt an Preckel et al. (2014)

2.7 Datenanalyse

Im Folgenden werden die fMRT-Datenanalyse, die statistische Analyse sowie die Mediations- und Moderationsanalysen beschrieben.

2.7.1 fMRT-Datenanalyse

Mittels SPM12 Software (Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London, United Kingdom; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>), eingebettet in Matlab R2010b (The MathWorks Inc., Natick, MA), wurden die fMRT-Daten präprozessiert und analysiert. Für die statistische Auswertung der fMRT-Daten wurden diese in einem ersten Schritt vorverarbeitet. Die ersten fünf Scans jeder funktionellen Zeitreihe wurden von der Datenbearbeitung ausgeschlossen. Darauf folgte eine Bewegungskorrektur für Kopfbewegungen mittels einer affinen Transformation. Die Aufnahmen wurden auf das erste Bild der jeweiligen Serie neu ausgerichtet (*realignment*) und anschließend erneut an das Mittel aller Aufnahmen angepasst. Anschließend erfolgte die Normalisierung (*spatial normalization*) der durchschnittlichen EPI-Aufnahmen jedes Probanden und jeder Probandin auf das aktuelle Template des Montreal Neurological Institutes (MNI) mittels einer einheitlichen Segmentierungsfunktion in SPM12. Alle Aufnahmen wurden in den standard-stereotaktischen

Raum transformiert und in eine Voxelgröße von 2 mm x 2 mm x 2 mm umgerechnet. Mittels eines Gauß-Filters mit einer Halbwertsbreite von 6 mm wurden die normalisierten Bilder räumlich geglättet (*spatial smoothing*). Durch die Anwendung eines Hochpass-Filters wurden die Zeitreihen der Rohdaten trendkorrigiert (Cutoff-Periode, 128 s).

Die funktionellen Daten wurden mittels eines zweistufigen Random-Effects-Ansatzes ausgewertet, welcher auf dem in SPM12 implementierten allgemeinen linearen Modell basiert.

Auf der first-level Analyse wurden Beginn und Dauer der fünf Versuchsbedingungen („Slow Touch Announced“, „Slow Touch Unannounced“, „Fast Touch Announced“, „Fast Touch Unannounced“, „No Touch“) über eine Stick-Funktion und Faltung dieser mit der Funktion der hämodynamischen Antwort jedes Probanden bzw. jeder Probandin modelliert. Eine Korrektur für das physiologische Rauschen wurde mittels der PhysIO Toolbox durchgeführt (Kasper et al., 2017). Hier wurden RETROICOR (Retrospective Image Correction)-Regressoren geschätzt (Glover et al., 2000), wobei eine Fourierreihe dritter Ordnung für die kardiologische und eine Fourierreihe vierter Ordnung für die respiratorische Funktion sowie eine Fourierreihe der ersten Ordnung für die Interaktion der kardiologischen und respiratorischen Funktion verwendet wurden (Harvey et al., 2008). Zudem wurden RVT (Respiratory Volume per Time)-Regressoren bestimmt (Birn et al., 2008). In die Designmatrix wurden die daraus resultierenden 19 Regressoren für das physiologische Rauschen sowie die sechs, während der Bewegungskorrektur geschätzten Bewegungsparameter, als konfundierende Regressoren miteingeschlossen. Auf der individuellen, ersten Ebene der Analyse wurden für jeden Probanden und jede Probandin zunächst die entsprechenden Kontrastbilder generiert, indem jede bedingungsspezifische Aktivierung mit der Aktivierung unter Baseline verglichen wurde. Für die Auswertung der Gruppenunterschiede (CM Low, CM Medium, CM High) sowie des Einflusses des Messwiederholungsfaktors Berührungsgeschwindigkeit (slow, fast) wurde das in SPM implementierte flexible faktorielle Design verwendet. Auf diese Weise konnten die Effekte beider Faktoren bzw. einer Interaktion gleichzeitig mittels Zweistichproben-t-Tests bezüglich der zu interessierenden Kontraste analysiert werden. Von primärem Interesse war hierbei das geschwindigkeitsspezifische Aktivierungsmuster im Gruppenvergleich zwischen den Gruppen mit niedrig und

schwerwiegend ausgeprägten Kindheitstraumata (CM Low $_{\text{Slow} > \text{Fast}} > \text{CM High}_{\text{Slow} > \text{Fast}}$), (CM Low $_{\text{Slow} > \text{Fast}} > \text{CM High}_{\text{Slow} > \text{Fast}}$).

Die Kontraste [(CM Low $_{\text{Slow} > \text{Fast}} > \text{CM Medium}_{\text{Slow} > \text{Fast}}$)], [(CM Medium $_{\text{Slow} > \text{Fast}} > \text{CM Low}_{\text{Slow} > \text{Fast}}$)], [(CM Medium $_{\text{Slow} > \text{Fast}} > \text{CM High}_{\text{Slow} > \text{Fast}}$)] und [(CM High $_{\text{Slow} > \text{Fast}} > \text{CM Medium}_{\text{Slow} > \text{Fast}}$)] wurden berechnet, um weitere Unterschiede in der Reaktion auf soziale Berührung zwischen den drei CM-Gruppen zu erforschen. Eine weitere Analyse wurde durchgeführt, um den Effekt der Ankündigung der Berührungen zu explorieren. Analog zur behavioralen Datenanalyse konnten auch in der fMRT-Analyse keine signifikanten Interaktionen zwischen dem Messwiederholungsfaktor Ankündigung der Berührung (announced, unannounced) und dem Gruppenfaktor Kindheitstraumata sowie dem Messwiederholungsfaktor Berührungsgeschwindigkeit bestimmt werden. Der Faktor Berührungsgeschwindigkeit wurde dementsprechend in der primären fMRT-Analyse über die zwei Ebenen des Faktors Ankündigung der Berührung gemittelt. Darüber hinaus wurde der Faktor Kindheitstraumata auch als kontinuierliche Variable exploriert. Hierfür wurden zwei Regressionen mit der abhängigen Variable Kindheitstraumata (CTQ-Summenwert) und der berührungsgeschwindigkeitsspezifischen BOLD-Antwort (slow, fast) als abhängige Variablen unter der Verwendung eines Random-Effects-Ansatzes berechnet. Task-spezifische Effekte [(Slow $_{\text{Touch}} > \text{Fast}_{\text{Touch}}$)], [(Slow $_{\text{Touch}} > \text{Fast}_{\text{Touch}}$)] und allgemeine berührungsspezifische Aktivierung [(Touch > No Touch)], [(No Touch > Touch)] wurden in der CM-Gruppe mit niedrig ausgeprägtem Kindheitstrauma auf der Whole-Brain-Ebene unter Anwendung einer Signifikanzschwelle von $P < 0,001$ (unkorrigiert) untersucht. In der Haupt-fMRT-Analyse lag der Fokus auf a priori definierten bilateralen Regions of Interest (ROIs), welche den Hippocampus, die Amygdala, die Insula und den SC beinhalten. Diese wurden über den Wake Forest University Pick Atlas (Version 3.0.) anatomisch definiert. Das Signifikanzniveau wurde auf $P < 0,05$ festgelegt, welches basierend auf der family-wise error-Rate für multiple Vergleiche korrigiert wurde. Es wurde die BOLD-Antwort auf den Kontrast [(No Touch)] zwischen allen CM-Gruppen verglichen, um mögliche Gruppenunterschiede in der Kontrollbedingung festzustellen. Die geschätzten mittleren Antwortparameter aus den signifikanten Clustern der BOLD-Analyse wurden für weitere statistische Analysen mit der Marsbar Toolbox extrahiert.

2.7.2 Statistische Analyse

Die statistische Analyse der behavioralen, psychometrischen und demografischen Daten wurde mit der Software SPSS 24 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) durchgeführt. Die ProbandInnen wurden auf Basis des CTQ-Summenwerts mittels eines Terzilplits in drei Gruppen unterteilt. Mittels gemischter Varianzanalysen (Analysis of Variance, ANOVA), einfaktorieller ANOVAs und Zweistichproben-t-Tests wurden die quantitativen behavioralen Daten verglichen. Für die Korrelationsanalysen wurde die Pearson'sche Produkt-Moment-Korrelation verwendet. Als Maße der Effektstärke wurden das partielle Eta-Quadrat und Cohen's d berechnet. Mittels einfaktorieller ANOVAs und Pearson Chi-Quadrat-Test wurden mögliche soziodemografische und psychometrische a priori-Unterschiede zwischen den drei CM-Gruppen untersucht. Die Berechnung der P -Werte erfolgte einseitig für directionale Post-hoc-Statistiken und zweiseitig für alle anderen Analysen. Bei allen Post-hoc-t-Tests und MRT-Befunden wurde eine Bonferroni Korrektur ($P_{\text{korrigiert}}$) angewandt, um für multiple Vergleiche zu korrigieren.

2.7.3 Mediations- und Moderationsanalysen

Mediations- und Moderationsanalysen wurden mittels des PROCESS-Makro 3.1 für SPSS (Hayes, 2013) vorgenommen, um die Effekte möglicher Störfaktoren zu beurteilen. Als abhängige Variable galten die Bewertungswerte der sozialen Berührungen und die geschätzten mittleren Antwortparameter aus den signifikanten Clustern der BOLD-Analyse. In separaten Moderations- und Mediationsmodellen wurden potenzielle Mediator- und Moderatoreffekte der einzelnen Kovariaten Alter, Geschlecht, Bildungsjahre, depressive Symptomatik, PSS-Summenwert und CAPS-Summenwert auf den Zusammenhang zwischen Kindheitstrauma und behavioralen und neuralen Reaktionsmustern auf soziale Berührung getestet. Für alle Analysen wurden Heteroskedastizität-konsistente Standardfehler benutzt und es wurde eine Mittelwert-Zentrierung in der Analyse für Interaktionseffekte verwendet. Die Signifikanz von Mediationseffekten wurde unter Verwendung von asymmetrischen 95 % Bootstrap (10 000 Bootstrap-Stichproben)-Konfidenzintervallen (95 % CIs) beurteilt. Der Bereich des 95 % CI darf null nicht enthalten. Das PROCESS-Makro unterstützt die Analyse dichotomer Mediatoren nicht, weshalb eine potentielle Mediation durch das Geschlecht untersucht wurde, indem der vierstufige Regressionsansatz

von Baron und Kenny durchgeführt wurde (Baron und Kenny, 1986). Ein Moderationseffekt wurde bei einem signifikanten Interaktionsterm zwischen der Prädiktorvariablen CM und einer der Kovariaten angenommen. Um diese Assoziationen zu erforschen und die Signifikanzschwelle zu identifizieren, wurde zusätzlich die Johnson-Neyman-Technik auf die bedingten Effekte angewandt. Das Signifikanzniveau wurde für diese Analysen für $P < 0,05$ festgelegt. Hierbei ist zu beachten, dass alle aufgeführten P -Werte zweiseitig definiert wurden.

2.8 Eigenanteil der Autorin

Da es sich bei der Studie um ein größeres Gesamtprojekt handelt, wird mein persönlicher Anteil im Rahmen der Durchführung und Auswertung der Studie im Folgenden beschrieben.

Ich habe an der Konzeption, Durchführung und Analyse der Studie mitgewirkt. Im Zuge der Rekrutierung der über 100 Probanden und ProbandInnen mit traumatischen Erfahrungen haben mein Kollege Herr Heinen-Ludwig und ich die Aushänge und Flyer mitgestaltet sowie diese verteilt und aufgehängt. Hierbei wurden verschiedene Institutionen, medizinische Einrichtungen, PsychiaterInnen sowie PsychotherapeutInnen durch uns kontaktiert. Die ProbandInnen meldeten sich per E-Mail, welche durch uns beantwortet wurden. Das telefonische Erstgespräch wurde ebenfalls von uns durchgeführt. Wir überprüften die Ein- und Ausschlusskriterien und luden die ProbandInnen zum ersten Termin ein. Wir klärten die Teilnehmenden über die Studie auf, führten die mehrstündigen klinischen Interviews (SKID I, SKID II, CAPS) durch und leiteten die ProbandInnen bei der Beantwortung der computergestützten Fragebogen an. Zudem führten wir eine Geruchstestung durch, die im Rahmen einer anderen Dissertation beschrieben wird. Die Testungen wurden durch uns ausgewertet und die Ergebnisse tabellarisch erfasst. Durch uns wurden die ProbandInnen dann für die MRT-Messung eingeladen. Hier bestand unsere Aufgabe darin, die ProbandInnen durch die Studie zu leiten, ihnen die Fragebögen auszuhändigen, die behavioralen Testungen durchzuführen, Blut abzunehmen sowie sie für die MRT-Aufnahme vorzubereiten. Bezüglich der behavioralen Testungen war stets einer von uns der Versuchsleiter bzw. die Versuchsleiterin, die die Probandin oder den Probanden während der

MRT-Messung berührten. Außerdem führten wir das IPD-Experiment mit den ProbandInnen durch. Ich habe ca. die Hälfte aller Screenings durchgeführt und bei allen fMRT-Messungen mitgewirkt. Einen großen Anteil hatte ich zudem bei der anschließenden Datenanalyse, beispielsweise in der manuellen Koregistrierung der fMRT-Daten. Die anschließende Interpretation der Daten erfolgte wesentlich von der Erstautorin Frau Maier gemeinsam mit mir.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der klinischen Interviews und neuropsychologischen Tests

Es wurden die Ergebnisse von 92 ProbandInnen untersucht. In der endgültigen Stichprobe waren 52 % der Personen mindestens einem Typen, 27 % drei oder mehr Typen von Kindheitstraumata ausgesetzt. Tabelle 2 zeigt die Verteilung von psychischen Störungen in der Stichprobe. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Summenwerte der klinischen Interviews und neuropsychologischen Tests sowie der demografischen Daten können Tabelle 3 entnommen werden.

Tab. 2: Psychische Störungen der ProbandInnen

Die Störungen sind auf die Lebenszeit bezogen und wurden mit dem Strukturierten Klinischen Interview für DSM-IV erhoben. Mit der Clinician-Administered PTSD Scale wurde PTBS diagnostiziert und der Schweregrad festgestellt (Supplementary Information of Maier et al., 2019)

Psychische Störung	Anzahl der ProbandInnen
PTBS	11
Affektive Syndrome	28
Angststörungen	15
Zwangsstörungen	4
Essstörungen	4
Alkoholmissbrauch und -abhängigkeit	6
Substanzmissbrauch und -abhängigkeit	2
Narzisstische Persönlichkeitsstörung	2
Borderline-Persönlichkeitsstörung	5

Tab. 3: Ergebnisse der klinischen Interviews und neuropsychologischen Tests

Die Werte werden als Mittelwert \pm Standardfehler (in Klammern) angegeben. Die ProbandInnen ($n = 92$) wurden in die Gruppen leichte, mittelgradige und schwerwiegende Misshandlungen in der Kindheit anhand der Mittelwerte der Terzil-Bildung vom Childhood Trauma Questionnaire(CTQ)-Summenwert eingeteilt (CM-Gruppen Low, Medium und High). Abkürzungen: CTQ: Childhood Trauma Questionnaire; CM: Childhood Maltreatment; CAPS-5: Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5; BDI: Beck Depression Inventory; PSS: Perceived Stress Scale; STQ: Social Touch Questionnaire (Supplementary Information of Maier et al., 2019)

	CM Low ($n = 33$)	CM Medium ($n = 30$)	CM High ($n = 29$)	χ^2 / F	P
Alter (Jahre)	25,7 \pm 0,97	29,53 \pm 1,97	28,35 \pm 1,56	1,72	0,19
Geschlecht (F/M)	24/9	16/14	24/5	6,27	0,04
Bildungsjahre	16,4 \pm 0,59	15,69 \pm 0,56	15,95 \pm 0,68	0,36	0,7
CTQ-Summenwert	26,61 \pm 0,28	35,53 \pm 0,67	63,35 \pm 2,61	165,18	< 0,001
CTQ: Emotionale Vernachlässigung	6,03 \pm 0,23	9,37 \pm 0,47	16,9 \pm 0,89	93,72	< 0,001
CTQ: Emotionaler Missbrauch	5,23 \pm 0,09	8,17 \pm 0,54	16,24 \pm 0,95	88,38	< 0,001
CTQ: Körperlicher Missbrauch	5,03 \pm 0,03	5,3 \pm 0,11	10,59 \pm 0,75	56,42	< 0,001
CTQ: Körperliche Vernachlässigung	5,27 \pm 0,13	7 \pm 0,4	10,9 \pm 0,69	41,65	< 0,001
CTQ: Sexueller Missbrauch	5 \pm 0	5,7 \pm 0,39	8,72 \pm 1,06	10,02	< 0,001
CAPS-5	3,19 \pm 1,49	5,93 \pm 1,36	16,48 \pm 2,28	16,25	< 0,001
BDI	4,49 \pm 1,07	8,2 \pm 1,28	22,59 \pm 2,65	29,38	< 0,001
PSS	11,23 \pm 1,05	17,41 \pm 1,11	21,97 \pm 1,27	22,65	< 0,001
STQ	24,61 \pm 1,41	32,45 \pm 1,76	35,59 \pm 2,33	9,46	< 0,001

3.2 Ergebnisse der behavioralen Experimente

3.2.1 Berührungsexperiment

Zur Auswertung der behavioralen Daten bezüglich der sozialen Berührung wurde eine 2 x 2 x 3 gemischte ANOVA durchgeführt. Es wurden die Messwiederholungsfaktoren Berührungsgeschwindigkeit (slow, fast) und Ankündigung der Berührung (announced, unannounced) verwendet. Der Gruppenfaktor entsprach der Kindheitstrauma-Gruppe (Low, Medium, High). Für das Berührungsparadigma wurden zunächst die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Berührungsbewertungen bei langsamer und schneller Berührung in den drei CM-Gruppen berechnet (Tabelle 4). Die ANOVA zeigte einen Haupteffekt auf die Ankündigung der Berührung ($F_{(1,89)} = 4,09$, $P = 0,046$, $\eta^2 = 0,04$) und der Berührungsgeschwindigkeit ($F_{(1,89)} = 61,3$, $P < 0,001$, $\eta^2 = 0,41$) und eine Interaktion der Berührungsgeschwindigkeit x CM Gruppe ($F_{(2,89)} = 3,02$, $P = 0,045$, $\eta^2 = 0,07$). Deskriptiv wurde die langsame Berührung in allen Gruppen angenehmer als die schnelle und die schnelle Berührung in der high CM-Gruppe mit 39,35 am unangenehmsten empfunden. Die Diskrepanz zwischen der Bewertung der schnellen und der langsamen Berührung war in der high CM-Gruppe am größten, wie in Abbildung 3 dargestellt. In der gesamten Stichprobe wurden die schnelle Berührung und die unangekündigte Berührung als weniger beruhigend bewertet, durch die Ankündigung wurde der Effekt des CTQ-Summenwertes jedoch nicht verändert (alle $P_s > 0,44$). In den Post-hoc-Zweistichproben-t-Tests wurden die Berührungen in den Gruppenvergleichen identifiziert, die unterschiedlich bewertet wurden. Hierbei ergaben sich mit $t = -3,36$, $P_{\text{koriert}} = 0,002$ und $d = 0,86$ signifikante Unterschiede in der Bewertung der schnellen Berührung zwischen der low und high CM-Gruppe. So wurde die schnelle Berührung in der low CM-Gruppe beruhigender empfunden als in der high CM-Gruppe (Abbildung 3). Zudem empfanden ProbandInnen aus der high CM-Gruppe die schnelle Berührung weniger beruhigend als ProbandInnen aus der medium CM-Gruppe ($t = -2,36$, $P_{\text{koriert}} = 0,03$ und $d = 0,63$; Abbildung 3). Bei der langsamen Berührung gab es keine signifikanten Unterschiede (all $P_s > 0,29$). Eine zweite lineare Regressionsanalyse mit der CM-Gruppe als abhängiger Variablen und langsamer und schneller Berührung als unabhängigen Variablen demonstrierte, dass Personen mit höheren CTQ-Summenwerten schnelle Berührung als weniger beruhigend ($\beta = -0,41$, $P = 0,001$)

empfanden. Hierbei wurden 16,6 % der Varianz durch das Model ($R^2 = 0,17$, $F_{(1,91)} = 17,87$, $P < 0,001$) erklärt. Der CTQ-Summenwert sagte jedoch nicht die empfundene Beruhigung bei langsamer Berührung vorher ($P = 0,69$). Mittels einer weiteren einfaktoriellen ANOVA mit dem Zwischensubjektfaktor CM-Gruppe wurde gezeigt, dass es keine signifikanten Gruppenunterschiede für die Kontrollbedingung, keine Berührung, gab ($P = 0,26$). Zudem wurde durch weitere Korrelationsanalysen eine Assoziation zwischen geringeren Beruhigungs-Bewertungen von langsamer ($r_{(89)} = -0,27$, $P = 0,01$) und schneller Berührung ($r_{(89)} = -0,35$, $P = 0,0001$) mit einer im STQ festgestellten höheren Aversion gegen alltägliche Berührung nachgewiesen (Abbildung 4). Dieses lässt vermuten, dass höhere CTQ-Summenwerte zu einer negativeren Wahrnehmung von interpersonellem Kontakt führen.

Tab. 4: Ergebnisse des Berührungsexperimentes

Mittelwerte und Standardabweichungen der empfundenen Beruhigung (0 = überhaupt nicht, 100 = sehr) bei schneller und langsamer Berührung

	Mittelwert	Standardabweichung
Langsame Berührung		
Niedrige CM-Gruppe	70,95	20,33
Mittlere CM-Gruppe	66,68	20,35
Hohe CM-Gruppe	72,13	18,94
Schnelle Berührung		
Niedrige CM-Gruppe	54,19	19,15
Mittlere CM-Gruppe	48,95	16,11
Hohe CM-Gruppe	39,35	15,04

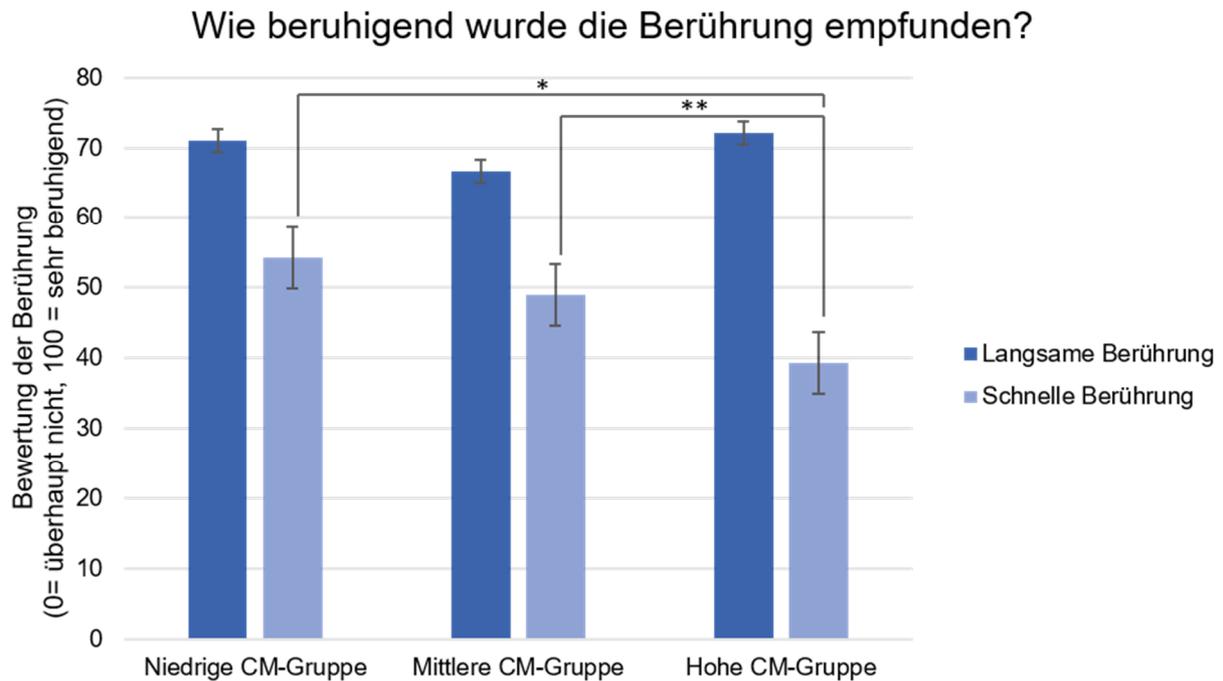


Abb. 3: Bewertung der sozialen Berührung

Darstellung der Empfindung bei schneller und langsamer Berührung in den drei CM-Gruppen. Die langsame Berührung wurde in allen drei Gruppen beruhigender als die schnelle empfunden. Der Unterschied zwischen der Empfindung „beruhigend“ zwischen langsamer und schneller Berührung war in der hohen CM-Gruppe am größten. Die vertikalen Linien zeigen den Standardfehler. Signifikante Unterschiede in der Berührungsbewertung bezüglich der schnellen Berührung wurden mit * ($P_{\text{koriert}} = 0,002$) bzw. ** ($P_{\text{koriert}} = 0,03$) markiert (eigene Darstellung)

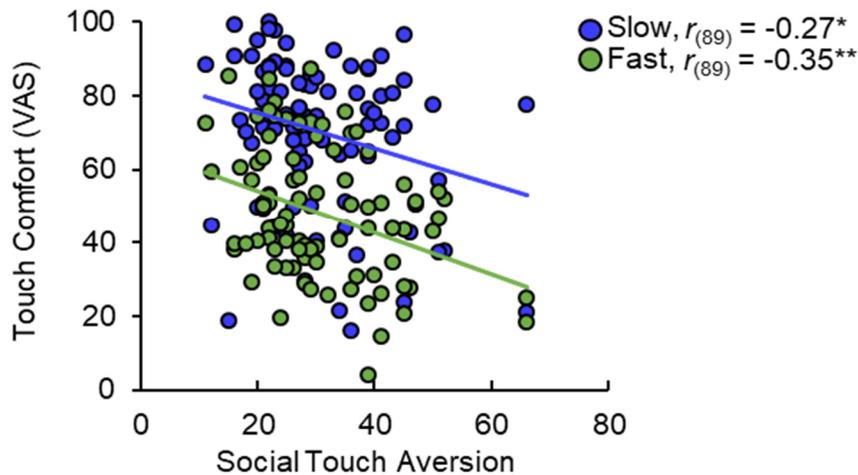


Abb. 4: Korrelation zwischen den Ergebnissen des Berührungsexperimentes und STQ-Fragebogens

Die empfundene Beruhigung (Touch Comfort) bei langsamer (Slow) und schneller Berührung (Fast) korrelierte negativ mit einer höheren Aversion gegen alltägliche Berührung (Social Touch Aversion). Abkürzungen: STQ: Social Touch Questionnaire; VAS: Visual Analog Scale. $P \leq 0.001$, $**P \leq 0.01$, $*P \leq 0.05$. Grafik aus Maier et al. (2019)

3.2.2 Interpersonelle Distanz - Experiment

Die deskriptiven Ergebnisse des IPD-Experimentes werden in Tabelle 5 und Abbildung 5 dargestellt. Hieraus wird ersichtlich, dass ProbandInnen der high CM-Gruppe mit einem MW von 921,91 mm und einer SD von 178,10 mm eine größere ideale Distanz bevorzugen als ProbandInnen der low CM-Gruppe mit einem MW von 794,94 mm und einer SD von 143,75 mm. Durch die 2 x 3 gemischte ANOVA mit dem Messwiederholungsfaktor soziale Distanz (ideal, uncomfortable) und der Kindheitstraumata-Gruppe als Gruppenfaktor (CM Low, Medium, High) wurde ein Haupteffekt der sozialen Distanz ($F_{(1,88)} = 18,28$, $P < 0,001$, $\eta^2 = 0,17$), jedoch keine weiteren signifikanten Haupt- oder Interaktionseffekte (alle $P_s > 0,05$) gezeigt. Jedoch zeigte eine explorative, einfaktorielle ANOVA einen Trend zu einem signifikanten Unterschied der wahrgenommenen idealen IPD zwischen den drei CM-Gruppen ($F_{(2,88)} = 2,65$, $P = 0,076$, $\eta^2 = 0,06$). Es konnte kein Unterschied in den drei CM-Gruppen bezüglich der unangenehmen Distanz festgestellt werden ($P = 0,34$). Ein Post-hoc-t-Test zeigte einen signifikanten Unterschied der bevorzugten idealen Distanz zwischen ProbandInnen mit geringen und ProbandInnen mit schwerwiegenden traumatischen Erfahrungen in der Kindheit ($t(60) = -2,88$, $P_{\text{koriert}} = 0,008$, $d = 0,74$; Abbildung 5). Der Unterschied zwischen den CM-Gruppen bei der unangenehm empfundenen Distanz

war nicht signifikant (alle P s > 0,19). Eine zusätzliche Regressionsanalyse zeigte, dass höhere CTQ-Summenwerte größere ideale soziale Distanzen ($\beta = 0,30$, $P = 0,004$) vorhersagten. 9 % der Varianz wurde hier durch das Model ($R^2 = 0,09$, $F_{(1,89)} = 8,76$, $P = 0,004$) erklärt. Der CTQ-Summenwert sagte die unangenehme soziale Distanz ($P = 0,26$) jedoch nicht vorher.

Tab. 5: Ergebnisse des Interpersonelle Distanz - Experimentes

Mittelwerte und Standardabweichungen der idealen und unangenehmen Distanz in mm in den verschiedenen CM-Gruppen. Abkürzungen: CM: Childhood Maltreatment.

	Mittelwert (mm)	Standardabweichung (mm)
Ideale Distanz		
Niedrige CM-Gruppe	794,94	143,75
Mittlere CM-Gruppe	852,92	268,18
Hohe CM-Gruppe	921,91	178,10
Unangenehme Distanz		
Niedrige CM-Gruppe	608,12	339,34
Mittlere CM-Gruppe	744,85	508,16
Hohe CM-Gruppe	723,77	311,49

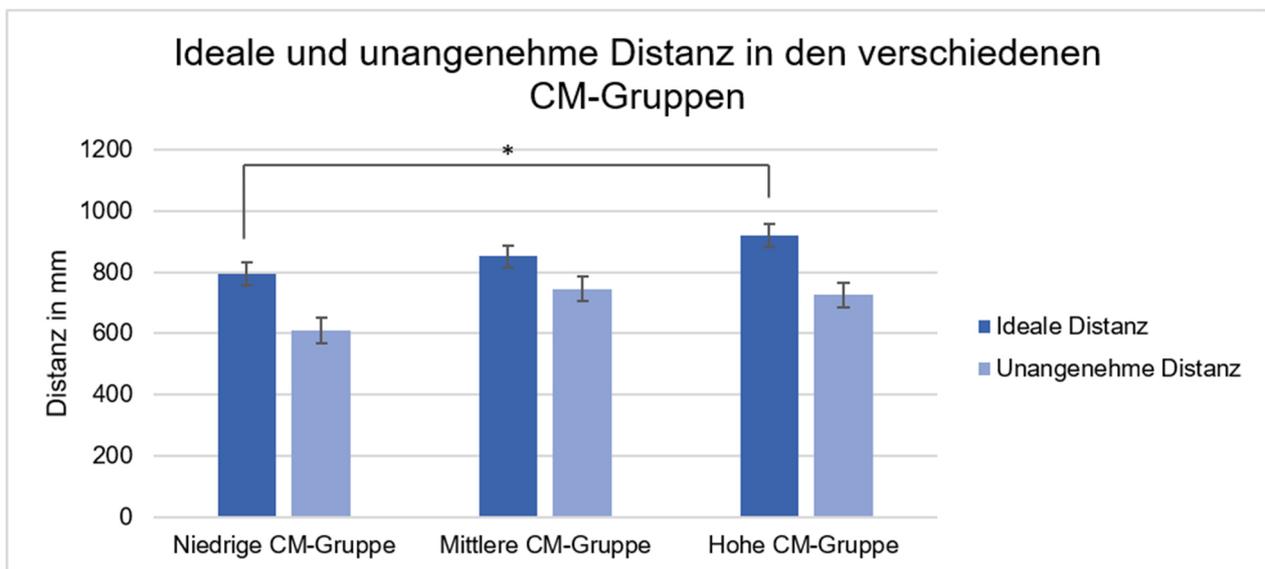


Abb. 5: Ergebnisse des Interpersonelle Distanz-Experimentes

Ideale und leicht unangenehme Distanz in Abhängigkeit zur CM-Gruppe. In der hohen CM-Gruppe war die ideale Distanz signifikant größer als in der niedrigen CM-Gruppe ($*P_{\text{koriert}} = 0,008$). Die vertikalen Linien beschreiben den Standardfehler (eigene Darstellung)

3.2.3 Assoziation zwischen Ergebnissen des Berührungs- und IPD-Experimentes

Außerdem konnte eine Assoziation zwischen der Präferenz für eine größere ideale interpersonelle Distanz und niedrigeren Werten der empfundenen Beruhigung für schnelle Berührung im fMRT-Paradigma festgestellt werden ($r_{(91)} = -0,23$, $P = 0,02$; Abbildung 6). So wird deutlich, dass die beiden Maße der sozialen Interaktion, IPD und soziale Berührung, bei Personen mit schwerwiegenden Kindheitstraumata verändert sind.

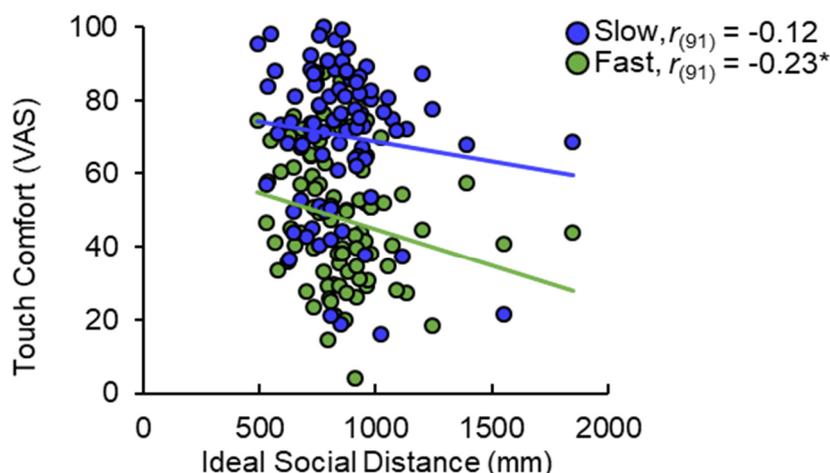


Abb. 6: Korrelation zwischen den Ergebnissen des Interpersonelle-Distanz- und Berührungsexperimentes

Die bevorzugte ideale Distanz (Ideal Social Distance) korrelierte negativ mit der empfundenen Beruhigung (Touch Comfort) der schnellen Berührung (Fast). Abkürzungen: VAS: Visual Analog Scale. $P \leq 0.001$, $*P \leq 0.05$. Grafik aus Maier et al. (2019)

3.2.4 CTQ-Subskalen

Die fünf CTQ-Subskalen korrelierten signifikant miteinander. Dies kann darin begründet werden, dass 42,2 % der Teilnehmenden während ihrer Kindheit multiple Traumata erfahren hatten. Die Korrelationskoeffizienten unterschieden nicht signifikant zwischen den CTQ-Subskalen, was durch die Anwendung einer Fisher-r-zu-z-Transformation ermittelt wurde. Dieses deutet darauf hin, dass neuronale Veränderungen sowie traumainduzierte Verhaltensveränderungen in der vorliegenden Stichprobe nicht einem einzelnen Traumatypen zugeordnet werden können. Die stärksten Assoziationen lagen zwischen körperlicher und emotionaler Vernachlässigung ($r_{(92)} = 0,79$, $P < 0,001$) vor, gefolgt von emotionaler Vernachlässigung und emotionalem Missbrauch ($r_{(92)} = 0,78$, $P < 0,001$), emotionaler Vernachlässigung und körperlichem Missbrauch ($r_{(92)} = 0,72$, $P < 0,001$), emotionalem Missbrauch und körperlichem Missbrauch ($r_{(92)} = 0,71$, $P < 0,001$) und körperlicher Vernachlässigung und emotionalem Missbrauch ($r_{(92)} = 0,66$, $P < 0,001$). Die schwächste Assoziation mit den anderen Subskalen wurde bei der Subskala sexueller Missbrauch gezeigt, da nur wenige der TeilnehmerInnen über sexuellen Missbrauch in der Kindheit berichtet haben. Es lagen geringe Assoziationen zwischen sexuellem Missbrauch und körperlichem Missbrauch ($r_{(92)} = 0,26$, $P = 0,012$), sexuellem Missbrauch und körperlicher

Vernachlässigung ($r_{(92)} = 0,3$, $P = 0,004$), sexuellem Missbrauch und emotionaler Vernachlässigung ($r_{(92)} = 0,29$, $P = 0,005$) und sexuellem Missbrauch und emotionalem Missbrauch ($r_{(92)} = 0,25$, $P = 0,015$) vor.

3.3 Ergebnisse der fMRT-Messung

Bei langsamer Berührung wurden bei ProbandInnen mit niedrigen CTQ-Summenwerten, also leichteren Traumatisierungen, ausgedehntere Aktivierungen als bei schneller Berührung im Bereich des gesamten Gehirns, inklusive des Hippocampus und der Insula festgestellt (Tabelle 6). ProbandInnen mit höheren CTQ-Summenwerten zeigten im Vergleich zu solchen mit niedrigeren CTQ-Summenwerten eine höhere corticale Reaktivität auf schnelle, diskriminative Berührung als auf langsame, affektive Berührung im rechten SC (peak MNI Koordinaten x, y, z: 40, -24, 54; $t_{(246)} = 4,56$, $P_{FWE} = 0,004$; Abbildung 7) und in der rechten posterioren Insula (40, -18, -14; $t_{(246)} = 4,24$, $P_{FWE} = 0,007$; Abbildung 8). Zudem war die limbische BOLD-Antwort auf langsame im Vergleich zu schneller Berührung bei höherem im Vergleich zu niedrigerem CTQ-Summenwert im rechten Hippocampus (peak MNI Koordinaten x, y, z: 30, -8, -26; $t_{(246)} = 4,13$, $P_{FWE} = 0,006$; Abbildung 9) geringer und in der rechten Amygdala (26, -2, -22; $t_{(246)} = 2,95$, $P_{FWE} = 0,065$) mit einem signifikanten Trend geringer. Es wurden keine signifikanten übergeordneten Interaktionen bezüglich der Geschwindigkeit und Ankündigung der Berührung sowie der CM-Gruppe festgestellt (alle $P_s > 0,05$). Die Analyse zeigte keinen signifikanten Effekt der Ankündigung in den a priori-ROIs (alle $P_s < 0,05$). Es wurde jedoch ein Haupteffekt der Berührungsankündigung auf der gesamten Gehirnebene beobachtet, welcher sich in einer signifikant gesteigerten Antwort auf angekündigte im Vergleich zu unangekündigter Berührung im rechten unteren Okzipitallappen (peak MNI Koordinaten x, y, z: 26, -96, -2; $t_{(164)} = 5,16$, $P_{FWE} = 0,022$) und im rechten unteren Gyrus Temporalis (40, -50, -4; $t_{(164)} = 5,08$, $P_{FWE} = 0,031$) zeigte. Zusätzliche Regressionsanalysen bestätigten das beobachtete Reaktionsmuster auf soziale Berührung und zeigten, dass höhere CTQ-Summenwerte mit geringerer limbischer Aktivität auf langsame Berührung im rechten Hippocampus (peak MNI Koordinaten x, y, z: 36, -12, -24; $t_{(83)} = 3,67$, $P_{FWE} = 0,039$) und in der rechten Amygdala (24, 2, -20; $t_{(83)} = 3,53$, $P_{FWE} = 0,015$) und mit gesteigerter corticaler Reaktivität in der rechten Insula (38, -18, 6; $t_{(83)} = 4,36$, $P_{FWE} = 0,008$) und einer Tendenz zu einer signifikant erhöhten Aktivität im rechten SC (42, -22, 60; $t_{(83)} = 3,95$, $P_{FWE} = 0,055$) auf

schnelle Berührung einhergehen.

Es lag eine Assoziation zwischen der Hyperreaktivität im rechten SC ($r_{(85)} = -0,51$, $P < 0,001$) sowie der rechten posterioren Insula ($r_{(85)} = -0,23$, $P = 0,035$) auf schnelle Berührung und einer geringeren Empfindung von Beruhigung bei schneller Berührung vor. Zwischen der hippocampalen Antwort auf langsame Berührung und der empfundenen Beruhigung durch langsame Berührung ($r_{(85)} = 0,21$, $P = 0,055$) lag ein Trend zu einer signifikant positiven Assoziation vor.

Tab. 6: Berührungsspezifische Aktivierung in der GLM Analyse (slow vs. fast)

Für die Whole-Brain-Analyse wurde eine Signifikanzschwelle von $P < 0,001$ (unkorrigiert) verwendet. P-Werte werden auf Spitzenniveau angegeben. Task-Effekte wurden bei ProbandInnen mit geringen Kindheitstraumata untersucht. Abkürzungen: GLM: Generalized Linear Model (Supplementary Information of Maier et al., 2019)

Region	Rechts / Links	t-Wert	MNI-Koordinaten			P
			x	y	z	
Slow_{Touch} > Fast_{Touch}						
Anteriorer Cingulärer Cortex	R	5,67	12	48	18	< 0,001
Gyrus Angularis	L	4,85	-44	-64	24	< 0,001
Anteriorer Cingulärer Cortex	R	4,66	8	22	20	< 0,001
Gyrus Fusiformis	R	4,63	40	-16	-24	< 0,001
Insula	L	4,50	-32	2	14	< 0,001
Insula	R	4,28	38	8	10	< 0,001
Gyrus Temporalis Medius	L	4,23	-62	-14	-18	< 0,001
Polus Temporalis Superior	R	4,05	44	8	-26	< 0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Triangularis	R	4,00	48	28	8	< 0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Triangularis	L	3,96	-34	28	12	< 0,001
Posteriorer Cingulärer Cortex	L	3,93	-4	50	32	< 0,001
Gyrus Temporalis Inferior	L	3,88	-44	-22	-20	< 0,001
Gyrus Frontalis Medius	L	3,76	-20	28	36	< 0,001
Gyrus Fusiformis	L	3,70	-40	-46	-20	< 0,001
Operculum Rolandi	R	3,69	50	-8	14	< 0,001
Gyrus Fusiformis	R	3,66	38	-40	-20	< 0,001
Polus Temporalis Superior	L	3,57	-36	16	-28	< 0,001
Mittlerer Cingulärer Cortex	L	3,48	-18	-14	42	< 0,001
Operculum Rolandi	R	3,46	56	8	0	< 0,001
Gyrus Supramarginalis	L	3,45	-54	-28	28	< 0,001

Tab. 6: Berührungsspezifische Aktivierung in der GLM Analyse (slow vs. fast)

Für die Whole-Brain-Analyse wurde eine Signifikanzschwelle von $P < 0,001$ (unkorrigiert) verwendet. P-Werte werden auf Spitzenniveau angegeben. Task-Effekte wurden bei ProbandInnen mit geringen Kindheitstraumata untersucht. Abkürzungen: GLM: Generalized Linear Model (Supplementary Information of Maier et al., 2019)

Anteriorer Cingulärer Cortex	R	3,45	12	42	0	< 0,001
Mittlerer Cingulärer Cortex	R	3,44	10	-2	30	< 0,001
Insula	R	3,40	40	0	20	< 0,001
Gyrus Temporalis Transversus	R	3,40	52	-12	6	< 0,001
Polus Temporalis Superior	L	3,40	-30	4	-26	< 0,001
Gyrus Supramarginalis	R	3,39	62	-26	26	< 0,001
Gyrus Supramarginalis	R	3,32	40	-32	28	0,001
Anteriorer Cingulärer Cortex	L	3,30	-4	-2	28	0,001
Lobulus Parietalis Superior	R	3,26	16	-50	68	0,001
Gyrus Frontalis Medialis	L	3,26	-10	46	20	0,001
Putamen	L	3,24	-12	6	-8	0,001
Gyrus Temporalis Medius	L	3,24	-54	-14	-8	0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Triangularis	R	3,23	38	30	12	0,001
Gyrus Temporalis Inferior	R	3,22	46	-48	-14	0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Triangularis	L	3,21	-40	26	6	0,001
Gyrus Frontalis Medius	L	3,19	-28	46	28	0,001
Gyrus Fusiformis	L	3,18	-34	-14	-24	0,001
Operculum Rolandi	R	3,18	60	-2	10	0,001
Lobulus Paracentralis	R	3,15	20	-42	50	0,001
Gyrus Temporalis Superior	L	3,15	-56	-10	-6	0,001
Putamen	L	3,15	-34	-10	0	0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Orbitalis	L	3,14	-38	32	-4	0,001
Gyrus Temporalis Medius	R	3,13	52	-12	-12	0,001
Polus Temporalis Superior	L	3,13	-28	8	-26	0,001
Hippocampus	L	3,13	-32	-16	-22	0,001
Mittlerer Cingulärer Cortex	R	3,13	14	-28	30	0,001
Fast Touch > Slow Touch						
Medialer prämotorischer Cortex	R	4,53	20	-20	52	< 0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Triangularis	R	4,23	48	30	30	< 0,001
Gyrus Temporalis Superior	L	4,14	-60	-38	14	< 0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Orbitalis	R	3,68	42	8	-2	< 0,001

Tab. 6: Berührungsspezifische Aktivierung in der GLM Analyse (slow vs. fast)

Für die Whole-Brain-Analyse wurde eine Signifikanzschwelle von $P < 0,001$ (unkorrigiert) verwendet. P-Werte werden auf Spitzenniveau angegeben. Task-Effekte wurden bei ProbandInnen mit geringen Kindheitstraumata untersucht. Abkürzungen: GLM: Generalized Linear Model (Supplementary Information of Maier et al., 2019)

Cerebellum IV V	L	3,68	-4	-50	-2	< 0,001
Gyrus Frontalis Superior	R	3,55	30	14	62	< 0,001
Gyrus Frontalis Inferior, Pars Orbitalis	L	3,44	-22	46	-4	< 0,001
Gyrus Frontalis Superior	R	3,20	20	12	46	0,001
Gyrus Frontalis Superior	L	3,20	-12	32	42	0,001
Hippocampus	L	3,13	-22	-40	6	0,001

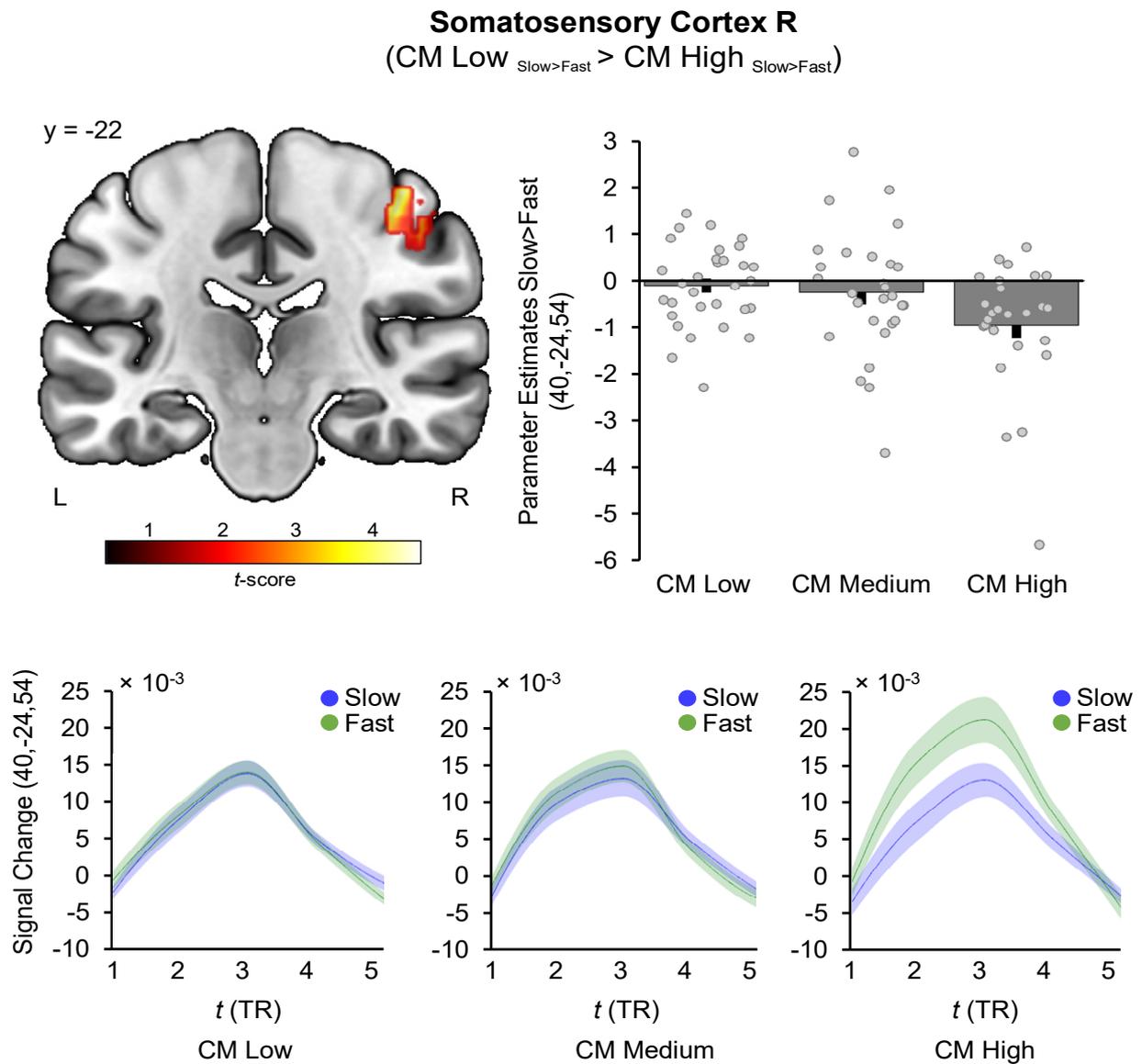


Abb. 7: Berührungsspezifische Aktivität des somatosensorischen Cortex (SC)

Menschen mit schweren Kindheitstraumatisierungen (Childhood Maltreatment) zeigten erhöhte neurale Antworten auf schnelle Berührung im rechten SC im Vergleich zu Menschen mit leicht ausgeprägten Kindheitstraumatisierungen. Die Fehlerbalken und die schattierten Bereiche zeigen den Standardfehler des Mittelwerts. Abkürzungen: L: linke Hemisphäre; R: rechte Hemisphäre; CM: Childhood Maltreatment. Grafik aus Maier et al. (2019)

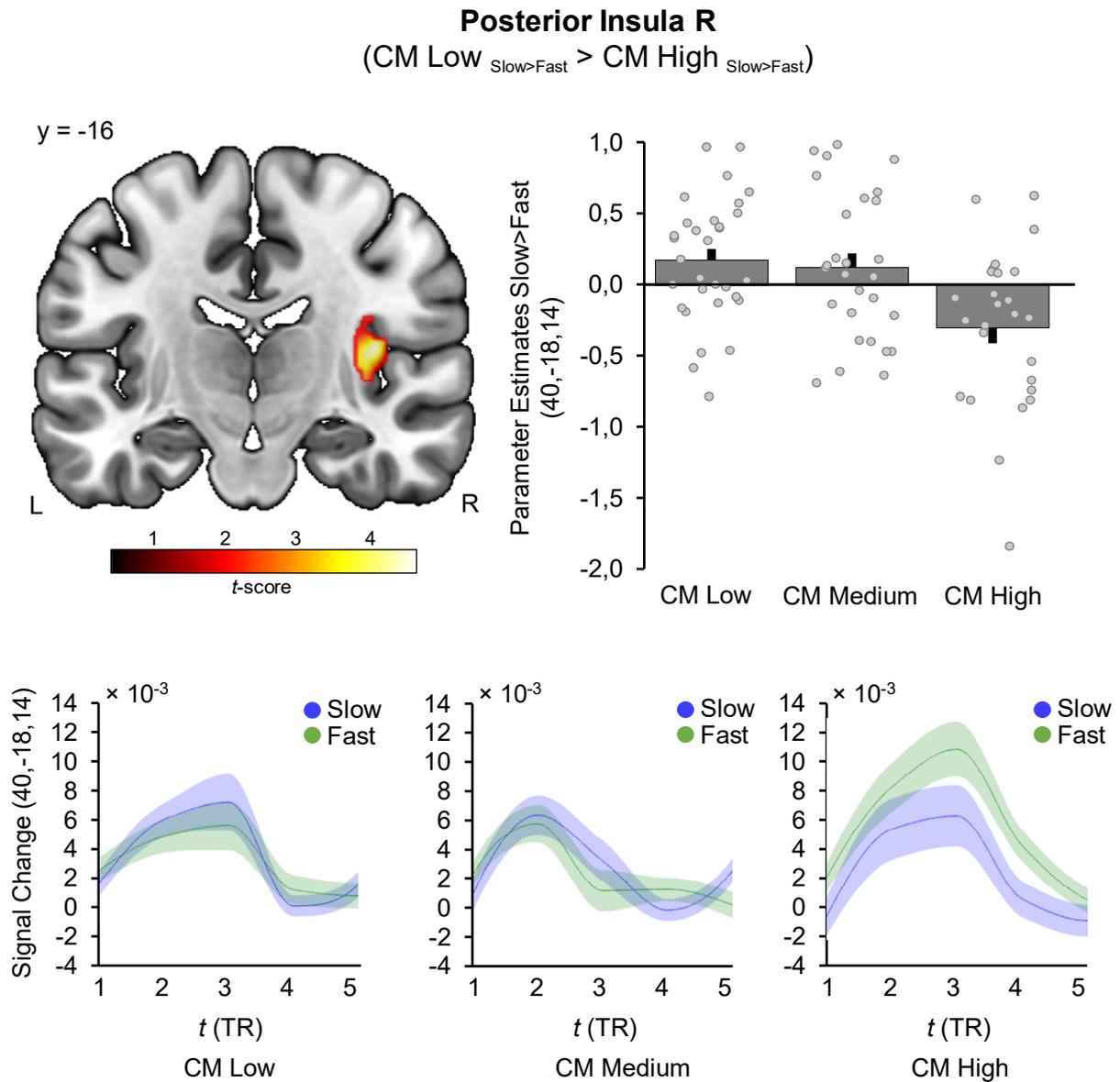


Abb. 8: Berührungsspezifische Aktivität der posterioren Insula

Menschen mit schweren Kindheitstraumatisierungen (Childhood Maltreatment) zeigten erhöhte neurale Antworten auf schnelle Berührung in der rechten posterioren Insula im Vergleich zu Menschen mit marginalen traumatischen Kindheitserfahrungen. Die Fehlerbalken und die schattierten Bereiche zeigen den Standardfehler des Mittelwerts. Abkürzungen: L: linke Hemisphäre; R: rechte Hemisphäre; CM: Childhood Maltreatment. Grafik aus Maier et al. (2019)

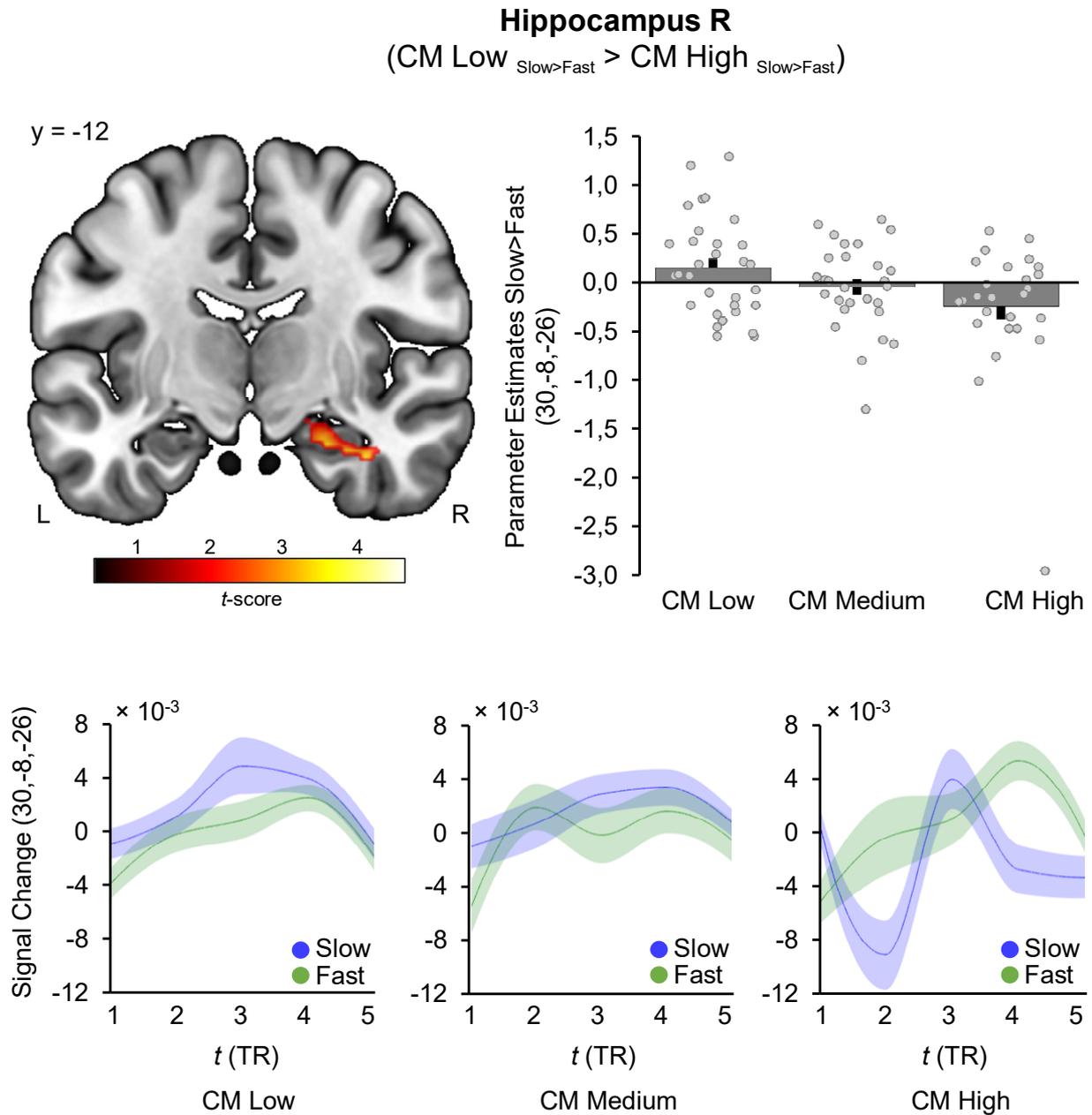


Abb. 9: Berührungsspezifische Aktivität des Hippocampus

Menschen mit schweren Kindheitstraumatisierungen (Childhood Maltreatment) zeigten verringerte neurale Antworten auf langsame, affektive Berührung im rechten Hippocampus im Vergleich zu Menschen mit marginalen traumatischen Kindheitserfahrungen. Die Fehlerbalken und die schattierten Bereiche zeigen den Standardfehler des Mittelwerts. Abkürzungen: L: linke Hemisphäre; R: rechte Hemisphäre; CM: Childhood Maltreatment. Grafik aus Maier et al. (2019)

3.4 Mediations- und Moderationseffekte

Der Effekt des Kindheitstraumas auf die empfundene Beruhigung bei langsamer Berührung ($\beta = -0,16$, $SE = 0,08$, 95 % Konfidenzintervall = $[-0,33, -0,03]$) und schneller Berührung ($\beta = -0,09$, $SE = 0,05$, 95 % Konfidenzintervall = $[-0,19, -0,01]$) wurde durch eine generelle Aversion gegen soziale Berührung vermittelt. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass durch traumatische Erlebnisse in der Kindheit die Erfahrung der sozialen Berührung unabhängig von dem speziellen Aufgabenkontext beeinflusst wird. Dass CAPS-Summenwerte einen moderierenden Effekt auf die Auswirkungen des Kindheitstraumas auf die Bewertung der schnellen Berührung haben ($t_{(81)} = 2,90$, $P = 0,005$), wurde durch Moderationsanalysen gezeigt. Eine signifikante Beziehung zwischen Kindheitstrauma und Bewertung der schnellen Berührung wurde mit der Johnson-Neyman Technik nachgewiesen, wenn die CAPS-Symptomschwere-Werte weniger als 19,45 betragen ($\beta = -0,203$, $SE = 0,102$, $P = 0,05$). Bei höheren Summenwerten war die Beziehung nicht signifikant. Die starke positive Korrelation zwischen CAPS-Werten und CTQ-Summenwerten ($r_{(89)} = 0,52$, $P < 0,001$) weist auf einen Höchstwerteffekt hin, bei dem die negativen Auswirkungen der Traumata auf soziale Berührung ein Plateau erreichen und nicht weiter steigen. Für andere Kovariaten wurden keine Mediations- oder Mediatoreffekte nachgewiesen. Dementsprechend konfundieren soziodemografische Faktoren, Stresslevel, PTBS-Symptomschwere und Depression nicht die neuralen und sozialen Effekte der Kindheitstraumatisierungen (alle 95 % CIs gingen gegen null).

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Anhand der neuropsychologischen Tests wurden die TeilnehmerInnen entsprechend ihrer Summenwerte im CTQ in drei Gruppen aufgeteilt (CM Low, Medium und High).

Im Rahmen der behavioralen Experimente konnte festgestellt werden, dass die Bewertung der schnellen Berührung und die IPD abhängig von der CM-Gruppe sind. Die schnelle Berührung, die tendenziell in allen Gruppen als weniger beruhigend als die langsame Berührung empfunden wurde, wurde von den drei Gruppen in der Gruppe mit den hohen CTQ-Werten am wenigsten beruhigend empfunden. Die Hypothese, dass die bei schneller Berührung empfundene Beruhigung invers mit dem CTQ-Summenwert korreliert, konnte bestätigt werden. Die Diskrepanz zwischen der Beruhigung durch schnelle

und langsame Berührung war in der high CM-Gruppe am größten. Außerdem wurde eine Assoziation zwischen geringeren Beruhigungs-Bewertungen von langsamer und schneller Berührung mit höherer Aversion gegen alltägliche Berührung nachgewiesen. In Bezug auf die IPD konnte die Hypothese bestätigt werden, dass höhere CTQ-Summenwerte mit größeren idealen Distanzen korrelieren. Die TeilnehmerInnen aus der high CM-Gruppe empfanden eine größere Entfernung als die TeilnehmerInnen aus anderen CM-Gruppen zwischen sich und dem Versuchsleiter oder der Versuchsleiterin als ideal. Außerdem konnte eine Assoziation zwischen der Präferenz für eine größere ideale IPD und niedrigeren Werten der empfundenen Beruhigung durch schnelle Berührung im fMRT-Paradigma festgestellt werden. Die Ergebnisse der behavioralen Experimente lassen vermuten, dass höhere CTQ-Summenwerte zu einer negativeren Wahrnehmung von interpersonellem Kontakt führen.

Die fMRT-Analysen haben gezeigt, dass Menschen der high CM-Gruppe im Vergleich zu der low CM-Gruppe soziale Berührung neural anders verarbeiten. So zeigten sie eine geringere limbische Aktivierung des rechten Hippocampus und einen Trend zur Hypoaktivität der rechten Amygdala auf langsame, CT-Faser-vermittelte Berührung. Die hippocampale Aktivierung bei langsamen Berührungen wies einen Trend zur positiven Assoziation mit der empfundenen Beruhigung von langsamen Berührungen auf. Die schnelle Berührung hingegen löste eine erhöhte corticale Aktivität des rechten SC und der rechten posterioren Insula bei der high CM-Gruppe aus. Diese beobachteten neuronalen Aktivierungen bei schneller Berührung korrelierten negativ mit dem wahrgenommenen Maß an Beruhigung bei schnellen taktilen Stimulationen. Die Ergebnisse entsprechen dem Aspekt der aufgestellten Hypothese, nach welchem es bei höheren CTQ-Summenwerten bei schneller Berührung durch die erhöhte Alarmbereitschaft zu höheren Aktivitäten im SC und der Insula und bei langsamer Berührung zu einer verminderten Aktivität im Hippocampus und der Amygdala kommt, als bei niedrigeren CTQ-Summenwerten.

Die vorliegenden Studienergebnisse unterstreichen die sozialen Auswirkungen von Kindheitstraumata in Bezug auf interpersonelle Distanz und soziale Berührung und zeigen zudem die neuronalen Hintergründe auf.

4. Diskussion

Die hier vorliegende Studie untersucht den Einfluss von Kindheitstraumata auf die behaviorale und neurale Verarbeitung von sozialer Berührung sowie Präferenzen der IPD im Erwachsenenalter. Die Wahrnehmung und neurale Verarbeitung von Berührung wurden in einem fMRT-Experiment exploriert. Es wurde bei der sozialen Berührung zwischen der diskriminativen (schnellen und CT-suboptimalen) sowie der affektiven (langsamen und CT-optimalen) Berührung unterschieden. In einem Stopp-Distanz-Experiment wurden traumabedingte Veränderungen in der IPD erforscht.

Entsprechend der Hypothese empfanden Menschen, die schwerwiegende Kindheitstraumata erlebt haben, schnelle Berührung als weniger beruhigend. Die veränderte Wahrnehmung der Berührung spiegelte sich auch in einer erhöhten Aktivität im rechten SC und in der posterioren Insula auf die diskriminierenden Aspekte sozialer Berührung und in einer verminderten Aktivität im rechten Hippocampus und einer Tendenz zu einer verminderten Aktivität in der Amygdala auf die affektiven Aspekte sozialer Berührung wider. Im Stopp-Distanz-Experiment bevorzugten Menschen mit schwerwiegenden Kindheitstraumatisierungen größere IPD. Die vorliegenden Ergebnisse tragen zu den sich häufenden Forschungsergebnissen bei, die zeigen, dass Kindheitstraumatisierungen langfristige negative Auswirkungen auf die sensorische Verarbeitung sozialer Informationen haben (Jaffee, 2017; Teicher et al., 2016). Die Mehrzahl der bildgebenden Studien konzentrierte sich bisher auf visuelle Reize. Die vorliegende Studie ist die erste, die eine veränderte Verarbeitung von körperlicher Nähe und sozialer Berührung bei Personen mit einem schweren Ausmaß an erlebten traumatischen Erfahrungen in der Kindheit zeigt.

Die Studie veranschaulichte erstmalig, in wieweit die Wahrnehmung sozialer Berührung bei erwachsenen ProbandInnen mit schwerwiegenden traumatischen Erfahrungen in der Kindheit verändert ist. So empfanden Menschen mit einem höheren Ausmaß an erlebten Kindheitstraumata die diskriminative Berührung weniger beruhigend als Menschen mit einem geringeren Ausmaß an erlebten Kindheitstraumata. Im Einklang mit bisherigen Forschungsergebnissen (Löken et al., 2009; McGlone et al., 2014; Rolls et al., 2003), die die angenehmen Aspekte von affektiver, CT-Faser-vermittelter Berührung übergreifend de-

monstrierten, konnte die vorliegende Studie aufzeigen, dass eine optimale CT-Faser-Stimulationsgeschwindigkeit mit einer höheren wahrgenommenen Beruhigung der Berührung verknüpft zu sein scheint.

Die nachgewiesene verstärkte SC-Aktivierung in Bezug auf schnelle Berührung könnte die motorische Vorbereitung für eine Fluchtreaktion darstellen, da der SC der motorischen Kontrolle dient (McGlone et al., 2014) und erhöhte SC-Aktivitäten mit taktiler Überempfindlichkeit assoziiert werden (Pissioti et al., 2002). Analog zu den vorliegenden Forschungsergebnissen wurde eine Hyperaktivität der posterioren Insula bei traumatisierten Erwachsenen auch als Reaktion auf widersprüchliche visuelle Reize gezeigt (Marusak et al., 2015). Dieses könnte eine erhöhte Aufmerksamkeit bezüglich der Salienz externer Reize darstellen. Die Insula dient vor allem der Interozeption, der Wahrnehmung des emotionalen und physiologischen Zustandes des Körpers und integriert diese Informationen in einer posterioren-anterioren Abfolge, um das Körperbewusstsein herzustellen (Craig, 2009). In der vorliegenden Studie wurden die erhöhte Insula- und SC-Aktivität mit einer geringeren Beruhigung durch schnelle Berührung assoziiert, was mit einer vermehrten Alarmbereitschaft auf potenziell bedrohliche Reize in Verbindung gebracht werden kann. Zudem könnte man annehmen, dass das potenzierte sensorische Signal der schnellen Berührung bei Personen mit schwerwiegenden Kindheitstraumatisierungen zu einer interozeptiven Integration und einem Bewusstsein führt, die Gefühle von Anspannung und Unbehagen auslösen.

Zusätzlich zu den Veränderungen im sensorischen System wurden im limbischen System ebenfalls Reaktionen auf Berührungen detektiert, die vom Ausmaß der erlebten Kindheitstraumata abhängig waren. Bei einem schwerwiegenden Ausmaß an Kindheitstraumata wiesen der Hippocampus eine signifikante Hypoaktivität und die Amygdala eine Hypoaktivität mit einem Trend zur Signifikanz bei langsamer Berührung auf. Dieses könnte Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen bezüglich ungefährlicher Reize widerspiegeln. Der Hippocampus spielt eine entscheidende Rolle in der Konsolidierung und dem Abruf episodischer Erinnerungen (Tulving, 2002) und weist eine erhöhte Anfälligkeit für Stress in der Kindheit auf (Teicher et al., 2016). Darüber hinaus wird der Hippocampus als Bestandteil des neuralen Belohnungsnetzwerkes angesehen (Haber und Knutson,

2010). Vor Kurzem wurden zudem belohnungsassoziierte Zellen im Hippocampus identifiziert (Tryon et al., 2017). Eine verminderte Verarbeitung der affektiven Berührung durch Missbrauchs- oder Vernachlässigungserfahrungen und somit ein frühkindliches geringeres Belohnungserleben affektiver Berührung könnte sich in einer späteren hippocampalen Hypoaktivität bei affektiven Berührungen manifestieren. Dieses würde die These des „biological embedding“ untermauern, die besagt, dass traumatische Erfahrungen in die Biologie und Physiologie des Körpers eingearbeitet werden, und somit persistierende Veränderungen nach sich ziehen können (Berens et al., 2017).

Die nachgewiesene Tendenz zur Amygdala-Hypoaktivität auf langsame Berührung könnte ein verringertes neurales Netzwerk auf positive soziale Signale darstellen. Es wird angenommen, dass die Amygdala den emotionalen Wert von somatosensorischem Input extrahiert (Lucas et al., 2015). Analog zu den vorliegenden Ergebnissen zeigten frühere Studien eine verringerte Amygdala-Reaktionen auf positive Gesichter bei Menschen mit Kindheitstraumata (Dannlowski et al., 2012).

Eine marginal signifikante positive Assoziation zwischen hippocampaler Aktivität und der wahrgenommenen Beruhigung von langsamer Berührung konnte bestimmt werden. Ein signifikanter Effekt des Kindheitstraumas auf langsame Berührung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. So könnte man annehmen, dass der Effekt des Kindheitstraumas vor allem in den sensorischen Bereichen ausgeprägt ist. Dies passt zu der hervorstechenden Symptomatik des Hyperarousals. Vorstellbar ist jedoch auch, dass behaviorale Veränderungen in belohnungsfokussierten Bewertungen der Berührung auffällig geworden wären.

Die Ankündigung der Berührung verringerte die kindheitstraumaassoziierten Veränderungen in der Antwort auf soziale Berührung nicht. So kann der Effekt von Kindheitstraumatisierungen auf soziale Berührung und Nähe nicht nur als Konsequenz von fehlerhafter Kognition gesehen werden (Jaffee, 2017). Er ist vielmehr ein Produkt von grundlegend veränderter sensorischer Erfahrung. Bei Störungen aus dem Autismus-Spektrum wurde die Hyperresponsivität auf Berührung als Vermittler der sozialen Einschränkungen gesehen (Lundqvist, 2015). Hieraus könnte man ableiten, dass sensorische Dysregulation die Anfälligkeit für zwischenmenschliche Schwierigkeiten und assoziierte Psychopathologie erhöht.

Im Rahmen des Experimentes zur IPD wurde ersichtlich, dass die TeilnehmerInnen mit schwerwiegenden erlebten Kindheitstraumatisierungen eine größere Entfernung zwischen sich und dem Versuchsleiter oder der Versuchsleiterin als ideal empfanden als TeilnehmerInnen aus anderen Gruppen. Die Befunde zur IPD unterstreichen die Annahme, dass Menschen mit einem schwerwiegenden Ausmaß an Kindheitstraumata eine erhöhte sensorische Sensitivität aufweisen. Dieses reiht sich in kürzlich publizierte Forschungsergebnisse ein, die darstellen, dass die soziale Interaktion von der individuellen sensorischen Sensitivität eines Menschen abhängig ist (Perry et al., 2015). Eine Präferenz für eine größerer IPD könnte eine erhöhte Alarmbereitschaft und Sensitivität auf bedrohlich empfundene Reize bei Menschen, die Kindheitstraumata erfahren haben, repräsentieren (Jaffee, 2017). Die größere IPD wird als Selbstschutz und Erregungs-Regulation genutzt (Uzzell und Horne, 2006), um emotionale und körperliche Bedrohungen abzumildern. So könnten auch verstärktes Misstrauen und Gefühle der Entfremdung erklärt werden. Eine größere IPD kann also eine weitere Dimension der Hypervigilanz auf bedrohliche Reize bei Menschen mit Kindheitstraumata darstellen (Jaffee, 2017). In früheren Studien wurde gezeigt, dass ein größeres erfahrenes Risiko für körperliche Bedrohung mit einer größeren IPD assoziiert ist (Edney et al., 1976). Dieser größere Abstand würde eine potenzielle Flucht erleichtern. Da die Größe der IPD maßgeblich von der Amygdala bestimmt wird (Kennedy et al., 2009), könnte die größere IPD bei Menschen mit schwerwiegenden Kindheitstraumatisierungen auf eine Hyperaktivität der Amygdala in Bezug auf zwischenmenschliche Nähe hinweisen.

In der vorliegenden Studie wurden größere IPD bei Personen mit einem schwerwiegenden Ausmaß an erlebten Kindheitstraumata mit einer generellen Aversion gegen Berührung sowie einer geringer empfundenen Beruhigung bei schneller Berührung assoziiert. Hier wird eine generelle Vermeidung von zwischenmenschlicher sensorischer Stimulation deutlich, die der Verringerung von emotionalem Stress dient. Dadurch wird auch die soziale Beeinflussung durch Traumatisierungen offengelegt. Die Symptomatik bezieht sich nicht nur auf eigene Gefühle und Reaktionen, sondern beeinflusst auch in großem Maße das Sozialleben.

Die signifikanten nachteiligen Effekte auf die IPD und soziale Berührung traten nur bei Menschen mit schwerwiegenden Kindheitstraumatisierungen auf. Ein mittleres Ausmaß

an Kindheitstraumatisierungen führte hingegen nicht zu signifikanten Veränderungen. Dieses stimmt mit bisherigen Studienergebnissen überein, bei denen Schweregrad-abhängige Effekte von Kindheitstraumata auf psychosoziale Funktionen und Komorbidität gefunden wurden (Green et al., 2010).

Durch ähnliche neurale Veränderungen nach Traumatisierungen, bei Depressionen und PTBS besteht die Vermutung, dass nicht die Erkrankungen, sondern die oftmals zugrunde liegenden Kindheitstraumata ursächlich für diese Veränderungen sind. So weisen Menschen mit Traumatisierungserfahrungen in der Kindheit beispielsweise mit einer und ohne eine Depression ähnliche Veränderungen auf, wo hingegen traumatisierte und nicht-traumatisierte Menschen mit der gleichen psychischen Diagnose unterschiedliche neurale Aktivitätsmuster aufweisen (Teicher et al., 2016). Gerade in der Kindheit sind das Nervensystem und das eigene Selbstbild noch sehr vulnerabel, wodurch gravierende Ereignisse die ungestörte Entwicklung dramatisch beeinflussen können. Durch Vermeidungsverhalten (Fenster et al., 2018) und Wiedererleben (Abdallah et al., 2017) werden die Defizite in den Neuronenverbindungen weiter gefestigt, wodurch die Symptomatik auch Jahre oder gar Jahrzehnte später noch persistieren kann. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstützen also aufkommende Hinweise, dass Kindheitstraumata belastende Langzeiteffekte auf die sensorische Verarbeitung von sozialen Reizen haben (Jaffee, 2017; Teicher et al., 2016).

Dadurch, dass Berührungen bei Kindern ein verstärktes Zellwachstum im Hippocampus begünstigen und so auch die Gedächtnisfunktion positiv beeinflussen (Miles et al., 2006), könnte man annehmen, dass Berührungen auch einen positiven Einfluss auf die festgestellte traumabedingte Aktivitätsstörung im Hippocampus hätten. Somit könnte es auch eine positive Beeinflussung der Aufmerksamkeitsstörung geben. Hierdurch könnte die Aufmerksamkeit wieder stärker zu neutralen und angenehmen Reizen wie der langsamen Berührung geleitet und somit das allgemeine Hyperarousal vermindert werden. Dieses könnte ein Ansatzpunkt für neue körperorientierte Therapien sein. Die Tatsache, dass die langsame Berührung von Menschen mit einem schwerwiegenden Ausmaß an erlebten Kindheitstraumata nicht mit einer erhöhten Alarmbereitschaft assoziiert war, untermauert ihre Eignung als Therapiemöglichkeit. Der Einbezug von CT-Faser-vermittelten Berührun-

gen in die Therapie könnte dazu führen, dass das neurale Netzwerk für positive Emotionen und Belohnungen angesprochen wird. Somit könnte versucht werden, Defizite in diesem Bereich aufzulösen. Es gibt bereits erste Studien, die eine positive Wirkung von Massage-Interventionen in der Therapie von Menschen, die sexuellen Missbrauch erfahren haben (Price, 2005) sowie von Menschen mit PTBS (Jain et al., 2012) zeigen. Durch die höhere Plastizität des kindlichen Gehirns ist jedoch davon auszugehen, dass solche Therapien den größten Effekt haben, je früher sie begonnen werden. Hier gilt es für Angehörige, ÄrztInnen und MitarbeiterInnen der Sozialämter besonders aufmerksam zu sein und bei Bedarf, natürlich neben dem Schutz des Kindes und der Verhinderung einer erneuten Traumatisierung, frühzeitig eine Therapie einzuleiten. Auch durch die fehlende Eignung von Gesprächstherapien bei kleineren Kindern wären neue, körperorientierte Verfahren, die soziale Berührungen mit einbeziehen, eine Alternative. Ein zusätzlicher Ansatzpunkt zur Unterstützung der Neuroplastizität könnte eine Omega-3-fetteiche Ernährung sein. Erste Forschungsergebnisse zeigen, dass Omega-3-Fettsäuren die neuronalen Funktionen regulieren (Layé et al., 2018) und im Mausversuch das Risiko für eine PTBS vermindern (Alquraan et al., 2019).

Außerdem könnte für die Defizite in der Reizverarbeitung, der Interozeption und des Sozialverhaltens eine tierunterstützte Therapie hilfreich sein. Durch die Analogien im sensorischen System zwischen den ProbandInnen und Menschen mit Autismus, bei denen diese Therapieform bereits erfolgreich eingesetzt wird (Gabriels et al., 2015), kann eine Wirksamkeit angenommen werden. Pferde helfen beispielsweise durch sofortige Reaktion auf das Verhalten und die Stimmung einer Person die Selbstwahrnehmung zu schärfen und sorgen für ein Gefühl der Kontrollierbarkeit der Reize. Außerdem könnte durch die Arbeit mit Tieren wieder eine Assoziation zwischen langsamer Berührung (von der Person selbst beim Streicheln des Pferdes ausgeführt) und dem Belohnungssystem hergestellt werden. Es gibt bereits beginnende Forschungen zu diesem Thema (O’Haire et al., 2015).

Positive Wirkungen von Meditations- und Achtsamkeitsübungen auf die Interozeption sowie die Regulierung der Insula und des Hippocampus (Engström et al., 2010; Lazar et al., 2005) könnten Hinweise auf eine Eignung von solchen Verfahren in der spezifischen The-

rapie sein. Auch positive Effekte von Achtsamkeitsbasierter Psychotherapie bei Menschen mit PTBS legen die Eignung dieser Therapie nach Kindheitstraumata nahe (Heffner et al., 2016).

Im Rahmen der Traumabewältigung sind soziale Unterstützung und ein stabiles persönliches Umfeld wichtig. In der Übersichtsstudie von Charuvastra und Cloitre (2008) wird unter anderem der Einfluss von sozialer Unterstützung auf die Entwicklung von psychischen Erkrankungen nach traumatischen Erfahrungen diskutiert. Sie kommen zu dem Schluss, dass positive soziale Unterstützung den negativen Einfluss von Kindheitstraumatisierungen und die Schwere von PTBS-Symptomen verringert. Die Nähe zu einer Bezugsperson ist für das Kind von entscheidender Bedeutung für ein Gefühl von Sicherheit nach traumatischen Ereignissen. Hierbei scheint die subjektiv empfundene Hilfe durch andere relevanter als quantitative Aspekte des sozialen Netzwerks zu sein (Charuvastra und Cloitre, 2008). Soziale Unterstützung durch Freunde und Familie ist zudem mit einem geringeren Risiko verbunden, unter psychischen Erkrankungen wie der zu den Traumafolgestörungen gehörenden Depression zu leiden (Werner-Seidler et al., 2017). Kindheitstraumatisierungen in Form von Vernachlässigung und Missbrauch finden oft innerhalb der Familie oder des engeren persönlichen Umfelds statt (Green et al., 2010). Diese durch eine versagende Familienstruktur ausgelösten Traumata (elterliche psychische Erkrankungen, elterlicher Substanzmissbrauch und Kriminalität, Gewalt innerhalb der Familie, körperlicher Missbrauch, sexueller Missbrauch, Vernachlässigung) korrelieren am stärksten mit dem Auftreten von psychischen Störungen (Green et al., 2010). Hierdurch kann man annehmen, dass häufig kein stabiles persönliches Umfeld vorliegt, was zu einer schwierigeren Traumabewältigung führen kann. Hinzu kommen die möglichen Schwierigkeiten traumatisierter Menschen, hilfreiche Beziehungen zu knüpfen (Braithwaite et al., 2017). Die nun nachgewiesene Hyperaktivität bzw. Hypervigilanz auf soziale Reize lässt auf einen vermehrten sozialen Rückzug und ein vermehrtes Misstrauen als Kompensationsmechanismen schließen. So kann es möglich sein, dass die soziale Unterstützung von einer traumatisierten Person nicht angenommen und zugelassen werden kann. Dieses kann zu einer weiteren Konsolidierung der Symptomatik führen. Zudem könnte das Vermeiden interpersonellen Kontakts aufgrund eines veränderten sensorischen Erlebens zu einem erhöhten Risiko für Traumafolgestörungen wie Depressionen und PTBS führen. An

dieser Stelle könnte man therapeutisch ansetzen. Nicht nur körperorientierte Psychotherapien könnten eine Option darstellen, sondern auch angepasste, reizarme Therapien. So könnte der Therapeut oder die Therapeutin

auf einen größeren räumlichen Abstand zwischen sich und dem Patienten oder der Patientin achten. Hierdurch wäre der Patient oder die Patientin in geringerer Alarmbereitschaft und könnte sich leichter entspannen und öffnen. Dieses besondere Gewahrsein könnte natürlich auch von FreundInnen und Angehörigen gezeigt werden. So könnten sie versuchen, ebenfalls die räumliche Distanz zu vergrößern oder (unbeabsichtigte) schnelle Berührungen zu vermeiden. Dieses könnte zu einem größeren Wohlbefinden des oder der Traumatisierten in Gegenwart dieser Menschen führen. Dennoch ist zu hinterfragen, inwieweit ein solches dauerhaftes „in-Watte-Packen“ durch die fehlende Gewöhnung an potenziell alarmierende Reize kontraproduktiv ist.

Als Limitation der Studie kann die multiple Traumatisierung genannt werden. Diese erlaubte keine Zuordnung von Effekten und Symptomen zu den spezifischen Traumtypen. Generell kommen Misshandlungen und Vernachlässigungen in der Kindheit oftmals wiederholt und in unterschiedlicher Art vor, sodass das gleichzeitige Auftreten mehrerer Typen von Kindheitstraumata in der Gesellschaft eine hohe Prävalenz aufweist (Green et al., 2010).

Auch die Verlässlichkeit der Selbstbeurteilungs-Fragebögen kann als Limitation genannt werden. Die Angaben können durch ein zum Befragungszeitpunkt erhöhtes Level von Depression oder psychischem Stress zu einem negativen Recall-Bias führen (Colman et al., 2016). In der vorliegenden Studie wurden daher depressive Symptome und subjektives Stressempfinden berücksichtigt und so für eine verstärkte Angabe von Kindheitstraumatisierungen kontrolliert. Eine Nicht-Nennung des Kindheitstraumas konnte nicht kontrolliert werden und könnte dementsprechend die Ergebnisse beeinflusst haben. Des Weiteren entsprach das Setting, in dem die Berührung stattgefunden hat, nicht der natürlichen Umgebung für Berührungen. Das Setting war zum einen durch die Situation im MRT und zum anderen darin begründet, dass Top-Down-Mechanismen wie der Einfluss durch Alter, Geschlecht und Sympathie des Versuchsleiters oder der Versuchsleiterin verhindert

werden sollten. Dennoch zeigt die beobachtete, generelle alltägliche Berührungs-Aversion, dass das Laborexperiment ein verändertes Verarbeiten von Berührung adressieren konnte.

Eine weitere Schwierigkeit stellte die Standardisierung der Berührung dar. Da diese von einem Versuchsleiter oder einer Versuchsleiterin durchgeführt wurde, musste besonders darauf geachtet werden, dass sie immer gleichförmig ausgeführt wurde. Dazu wurden die VersuchsleiterInnen genau in die Berührungsverfahren eingearbeitet und trainierten die Gleichmäßigkeit sorgfältig an Testpersonen. Zudem wurde die Schnelligkeit durch Tonsignale vorgegeben. Dieses führte zu einer annähernd gleichbleibenden Berührungsgüte.

Durch die vorliegende Studie konnte belegt werden, dass Kindheitstraumata weitreichende Folgen auf die sozialen Funktionen in Bezug auf soziale Berührung und körperliche Nähe haben. So liegt eine sensorische Dysregulation auf soziale Reize vor. Diese zeigt sich in veränderter Bewertung und neuraler Verarbeitung von sozialer Berührung. Außerdem wurde ein Einfluss des Ausmaßes der Kindheitstraumatisierung auf einen weiteren reizgeladenen Bereich der sozialen Interaktion, der IPD, nachgewiesen. Kindheitstrauma-abhängig wird eine größere IPD als ideal empfunden. Durch diese veränderte Reizverarbeitung könnte erklärt werden, warum Menschen, die Kindheitstraumata erlebt haben, im Erwachsenenalter vermehrt unter Schwierigkeiten leiden, enge soziale Beziehungen aufzubauen und zu erhalten. Dieses Wissen leistet einen Beitrag zum Verständnis der Pathophysiologie, insbesondere der Reizverarbeitung und Hypervigilanz, nach erlebten Kindheitstraumata und kann dadurch zukünftige Therapiemöglichkeiten beeinflussen.

5. Zusammenfassung

Kindheitstraumatisierungen stellen einen wesentlichen Risikofaktor für Psychopathologien, die mit zwischenmenschlichen Problemen im Erwachsenenalter einhergehen, dar. Die zugrundeliegenden Ursachen sind jedoch unklar.

Daher wurde in der vorliegenden Studie der Einfluss von Kindheitstraumata auf die behaviorale und neurale Verarbeitung von sozialer Berührung sowie auf Präferenzen der interpersonellen Distanz (IPD) im Erwachsenenalter untersucht. Die Wahrnehmung und neurale Verarbeitung von diskriminativer, schneller (CT-suboptimaler, 20 cm/s schnellen) sowie affektiver, langsamer (CT-optimaler, 5 cm/s schnellen) Berührung wurden in einem fMRT-Experiment exploriert. Die Kindheitstraumatisierungen wurden durch den Childhood Trauma Questionnaire (CTQ) erfasst und die 92 StudienteilnehmerInnen anhand ihres CTQ-Summenwertes, der den Schweregrad der erlebten Kindheitstraumata repräsentiert, in die drei Gruppen low, medium und high Childhood Maltreatment (CM) eingeteilt.

Entsprechend der aufgestellten Hypothese bevorzugten StudienteilnehmerInnen mit einem schwerwiegenden Ausmaß an erlebten Kindheitstraumatisierungen eine größere IPD und empfanden schnelle Berührung als weniger beruhigend als TeilnehmerInnen mit geringem Ausmaß an Kindheitstraumatisierungen. Auf der neuronalen Ebene zeigten die ProbandInnen mit schwerwiegendem Ausmaß an Kindheitstraumata erhöhte Aktivitäten nach schneller Berührung im rechten somatosensorischen Cortex (SC) und in der posterioren Insula. Dieses korrelierte mit einer als geringer beruhigend empfundenen schnellen Berührung. Außerdem zeigte sich bei ProbandInnen mit schwergradigem Ausmaß an Kindheitstraumatisierungen eine verminderte Aktivität auf langsame Berührung im rechten Hippocampus, der einen Teil des neuronalen Belohnungsnetzwerkes darstellt.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Kindheitstraumatisierungen mit einer sozialen Hypersensitivität assoziiert sind, die durch eine Präferenz für eine größere IPD, eine als weniger beruhigend empfundene schnelle Berührung und veränderte neuronale Reaktionen auf Berührung gekennzeichnet ist. So könnte ein Aufschluss darüber gegeben werden, warum Personen mit erlebten Kindheitstraumatisierungen eine erhöhte Anfälligkeit

für soziale Dysfunktionen und psychiatrische Störungen im Erwachsenenalter aufweisen. Zudem könnten Therapien beispielsweise durch Achtsamkeitsübungen, Unterstützung durch Tiere oder Körperorientierung an die Hypersensitivität angepasst werden.

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Berührungsparadigma.....	39
Abbildung 2: Interpersonelle Distanz - Experiment	42
Abbildung 3: Bewertung der sozialen Berührung	52
Abbildung 4: Korrelation zwischen den Ergebnissen des Berührungsexperimentes und STQ-Fragebogens	53
Abbildung 5: Ergebnisse des Interpersonelle Distanz-Experimentes	55
Abbildung 6: Korrelation zwischen den Ergebnissen des Interpersonelle-Distanz- und Berührungsexperimentes	56
Abbildung 7: Berührungsspezifische Aktivität des somatosensorischen Cortex (SC)	61
Abbildung 8: Berührungsspezifische Aktivität der posterioren Insula	62
Abbildung 9: Berührungsspezifische Aktivität des Hippocampus	63

7. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Fragebögen und die jeweils erreichbaren Summenwerte	35
Tabelle 2: Psychische Störungen der ProbandInnen	48
Tabelle 3: Ergebnisse der klinischen Interviews und neuropsychologischen Tests	49
Tabelle 4: Ergebnisse des Berührungsexperimentes.....	51
Tabelle 5: Ergebnisse des Interpersonelle Distanz - Experimentes	54
Tabelle 6: Berührungsspezifische Aktivierung in der GLM Analyse (slow vs. fast)	58

8. Literaturverzeichnis

Abdallah CG, Southwick SM, Krystal JH. Neurobiology of posttraumatic stress disorder (PTSD): A path from novel pathophysiology to innovative therapeutics. *Neuroscience Letters*. 2017; 649: 130-132

Ackerley R, Backlund Wasling H, Liljencrantz J, Olausson H, Johnson RD, Wessberg J. Human C-Tactile Afferents Are Tuned to the Temperature of a Skin-Stroking Caress. *Journal of Neuroscience*. 2014; 34.8: 2879-2883

Adolphs R. Social cognition and the human brain. *Trends in Cognitive Sciences*. 1999; 3: 469-479

Alink LRA, Cicchetti D, Kim J, Rogosch FA. Longitudinal associations among child maltreatment, social functioning, and cortisol regulation. *Developmental Psychology*. 2012; 48: 224-236

Alkon A, Wolff B, Boyce WT. Poverty, Stress, and Autonomic Reactivity. *The Oxford Handbook of Poverty and Child Development*. New York: Oxford University Press, 2012

Allison T, Puce A, McCarthy G. Social perception from visual cues: Role of the STS region. *Trends in Cognitive Sciences*. 2000; 4: 267-278

Alquraan L, Alzoubi KH, Hammad H, Rababa'h SY, Mayyas F. Omega-3 Fatty Acids Prevent Post-Traumatic Stress Disorder-Induced Memory Impairment. *Biomolecules*. 2019; 9: 100

American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (Fifth Edition)*. Washington: American Psychiatric Association Publishing, 2013

Anda RF, Felitti VJ, Bremner JD, Walker JD, Whitfield C, Perry BD, Dube SR, Giles WH. The enduring effects of abuse and related adverse experiences in childhood: A convergence of evidence from neurobiology and epidemiology. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 2006; 256: 174-186

- Arabin B, Bos R, Rijlaarsdam R, Mohnhaupt A, Van Eyck J. The onset of inter-human contacts: Longitudinal ultrasound observations in early twin pregnancies. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 1996; 8: 166-173
- Badura-Brack AS, Becker KM, McDermott TJ, Ryan TJ, Becker MM, Hearley AR, Heinrichs-Graham E, Wilson TW. Decreased somatosensory activity to non-threatening touch in combat veterans with posttraumatic stress disorder. *Psychiatry Research - Neuroimaging*; 2015; 233: 194-200
- Baron RM, Kenny DA. The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research. Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1986; 51: 1173-1182
- Baumeister D, Akhtar R, Ciufolini S, Pariante CM, Mondelli V. Childhood trauma and adulthood inflammation: A meta-analysis of peripheral C-reactive protein, interleukin-6 and tumour necrosis factor- α . *Molecular Psychiatry*. 2016; 21: 642-649
- Beck AT, Steer RA, Brown GK. *Manual for the Beck Depression Inventory-II*. San Antonio: TX: Psychological Corporation, 1996
- Belsky J, Pluess M. Beyond risk, resilience, and dysregulation: Phenotypic plasticity and human development. *Development and Psychopathology*. 2013; 25: 1243-1261
- Benjet C, Borges G, Medina-Mora ME. Chronic childhood adversity and onset of psychopathology during three life stages: Childhood, adolescence and adulthood. *Journal of Psychiatric Research*. 2010; 44: 732-740
- Berens AE, Jensen SKG, Nelson CA. Biological embedding of childhood adversity: From physiological mechanisms to clinical implications. *BMC Medicine*. 2017; 15: 135
- Bernstein DP, Fink L, Handelsman L, Foote J, Lovejoy M, Wenzel K, Sapareto E, Ruggiero J. Initial reliability and validity of a new retrospective measure of child abuse and neglect. *American Journal of Psychiatry*. 1994; 151: 1132-1136

Birn RM, Smith MA, Jones TB, Bandettini PA. The respiration response function: The temporal dynamics of fMRI signal fluctuations related to changes in respiration. *Neuroimage*. 2008; 40: 644-654

Bjornsdotter M, Loken L, Olausson H, Vallbo A, Wessberg J. Somatotopic Organization of Gentle Touch Processing in the Posterior Insular Cortex. *Journal of Neuroscience*. 2009; 29: 9314-9320

Bogovic A, Mihanovic M, Jokic-Begic N, Svagelj A. Personal Space of Male War Veterans With Posttraumatic Stress Disorder. *Environment and Behavior*. 2014; 46: 929-945

Braithwaite EC, O'Connor RM, Degli-Esposti M, Luke N, Bowes L. Modifiable predictors of depression following childhood maltreatment: A systematic review and meta-analysis. *Translational Psychiatry*. 2017; 7: e1162

Bremner JD. Functional neuroimaging in post-traumatic stress disorder. *Expert Review of Neurotherapeutics*. 2007; 7: 393-405

Butruille L, Blouin A, De Jonckheere J, Mur S, Margez T, Rakza T, Storme L. Impact of skin-to-skin contact on the autonomic nervous system in the preterm infant and his mother. *Infant Behavior and Development*. 2017; 49: 83-86

Charuvastra A, Cloitre M. Social Bonds and Posttraumatic Stress Disorder. *Annual Review of Psychology*. 2008; 59: 301-328

Chen LP, Hassan M, Paras ML, Colbenson KM, Sattler AL, Goranson EN, Elamin MB, Seime RJ, Shinozaki G, Prokop LJ, Zirakzadeh A. Sexual Abuse and Lifetime Diagnosis of Psychiatric Disorders: Systematic Review and Meta-analysis. *Mayo Clinic Proceedings*. 2010; 85: 618-629

Choi J, Jeong B, Rohan ML, Polcari AM, Teicher MH. Preliminary evidence for white matter tract abnormalities in young adults exposed to parental verbal abuse. *Biological Psychiatry*. 2009; 65: 227-234

Choi J, Jeong B, Polcari A, Rohan ML, Teicher MH. Reduced fractional anisotropy in the visual limbic pathway of young adults witnessing domestic violence in childhood.

Neuroimage. 2012; 59: 1071-1079

Cisler JM, James GA, Tripathi S, Mletzko, T. Differential functional connectivity within an emotion regulation neural network among individuals resilient and susceptible to the depressogenic effects of early life stress. Cambridge University Press. 2013; 43: 507-518

Cohen S, Kamarck T, Mermelstein R. A Global Measure of Perceived Stress. Journal of Health and Social Behavior. 1983; 24: 385-396

Colman RA, Widom CS. Childhood abuse and neglect and adult intimate relationships: a prospective study. Child Abuse and Neglect. 2004; 28: 1133-1151

Colman I, Kingsbury M, Garad Y, Zeng Y, Naicker K, Patten S, Jones PB, Wild TC, Thompson AH. Consistency in adult reporting of adverse childhood experiences. Psychological Medicine. 2016; 46: 543-549

Copeland WE, Shanahan L, Hinesley J, Chan RF, Aberg KA, Fairbank JA, van den Oord EJCG, Costello EJ. Association of Childhood Trauma Exposure With Adult Psychiatric Disorders and Functional Outcomes. JAMA Netw. Open. 2018; 1: e184493

Craig AD. Interoception: The sense of the physiological condition of the body. Current Opinion in Neurobiology. 2003; 13: 500-505

Craig AD. How do you feel - now? The anterior insula and human awareness. Nature Reviews Neuroscience. 2009; 10: 59-70

Crucianelli L, Cardi V, Treasure J, Jenkinson PM, Fotopoulou A. The perception of affective touch in anorexia nervosa. Psychiatry Research. 2016; 239: 72-78

Dannlowski U, Stuhrmann A, Beutelmann V, Zwanzger P, Lenzen T, Grotegerd D, Domschke K, Hohoff C, Ohrmann P, Bauer J, Lindner C, Postert C, Konrad C, Arolt V, Heindel W, Suslow T, Kugel H. Limbic scars: Long-term consequences of childhood maltreatment revealed by functional and structural magnetic resonance imaging. Biological Psychiatry. 2012; 71: 286-293

Delahanty DL, Raimonde AJ, Spoonster E. Initial posttraumatic urinary cortisol levels

predict subsequent PTSD symptoms in motor vehicle accident victims. *Biological Psychiatry*. 2000; 48: 940-947

DiLilio D, Long PJ. Perceptions of Couple Functioning Among Female Survivors of Child Sexual Abuse. *Journal of Child Sexual Abuse*. 1999; 7: 59-76

Dillon DG, Holmes AJ, Birk JL, Brooks N, Lyons-Ruth K, Pizzagalli DA. Childhood Adversity Is Associated with Left Basal Ganglia Dysfunction During Reward Anticipation in Adulthood. *Biological Psychiatry*. 2009; 66: 206-213

Dube SR, Felitti VJ, Dong M, Giles WH, Anda RF. The impact of adverse childhood experiences on health problems: Evidence from four birth cohorts dating back to 1900. *Preventive Medicine*. 2003; 37: 268-277

Edney JJ, Walker CA, Jordan NL. Is there reactance in personal space? *Journal of Social Psychology*. 1976; 100: 207-217

Elzinga BM, Bremner JD. Are the neural substrates of memory the final common pathway in posttraumatic stress disorder (PTSD)? *Journal of Affective Disorders*. 2002; 70: 1-17

Engström M, Pihlsgård J, Lundberg P, Söderfeldt B. Functional Magnetic Resonance Imaging of Hippocampal Activation During Silent Mantra Meditation. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2010; 16: 1253-1258

Fenster RJ, Lebois LAM, Ressler KJ, Suh J. Brain circuit dysfunction in post-traumatic stress disorder: from mouse to man. *Nature Reviews Neuroscience*. Springer US; 2018; 19: 535-551

Fox SE, Levitt P, Nelson CA. How the timing and quality of early experiences influence the development of brain architecture. *Child Development*. 2010; 81: 28-40

Gabriels RL, Pan Z, Dechant B, Agnew JA, Brim N, Mesibov G. Randomized Controlled Trial of Therapeutic Horseback Riding in Children and Adolescents With Autism Spectrum Disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2015; 54: 541-549

Gallace A, Spence C. The science of interpersonal touch: An overview. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2010; 34: 246-259

Gilbert R, Widom CS, Browne K, Fergusson D, Webb E, Janson S. Burden and consequences of child maltreatment in high-income countries. *Lancet*. 2009; 373: 68-81

Glover GH, Li TQ, Ress D. Image-based method for retrospective correction of physiological motion effects in fMRI: RETROICOR. *Magnetic Resonance in Medicine*. 2000; 44: 162-167

Gordon I, Voos AC, Bennett RH, Bolling DZ, Pelphrey KA, Kaiser MD. Brain mechanisms for processing affective touch. *Human Brain Mapping*. 2013; 34: 914-922

Green JG, McLaughlin KA, Berglund PA, Gruber MJ, Sampson NA, Zaslavsky AM, Kessler RC. Childhood adversities and adult psychiatric disorders in the national comorbidity survey replication I: Associations with first onset of DSM-IV disorders. *Archives of General Psychiatry*. 2010; 67: 113

Haber SN, Knutson B. The reward circuit: Linking primate anatomy and human imaging. *Neuropsychopharmacology*. 2010; 35: 4-26

Halonen JI, Kivimäki M, Vahtera J, Pentti J, Virtanen M, Ervasti J, Oksanen T, Lallukka T. Childhood adversity, adult socioeconomic status and risk of work disability: A prospective cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*. 2017; 74: 659-666

Hardt J, Rutter M. Validity of adult retrospective reports of adverse childhood experiences: Review of the evidence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*. 2004; 45: 260-273

Harvey AK, Pattinson KTS, Brooks JCW, Mayhew SD, Jenkinson M, Wise RG. Brainstem functional magnetic resonance imaging: Disentangling signal from physiological noise. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2008; 28: 1337-1344

Hayduk LA. Personal space: Where we now stand. *Psychological Bulletin*. 1983; 94: 293-335

Hayes AF. Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis: A Regression-Based Approach. New York: Guilford Publications, 2013

Heffner KL, Crean HF, Kemp JE. Meditation programs for veterans with posttraumatic stress disorder: Aggregate findings from a multi-site evaluation. *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*. 2016; 8: 365-374

Heim CM, Mayberg HS, Mletzko T, Nemeroff CB, Pruessner JC. Decreased cortical representation of genital somatosensory field after childhood sexual abuse. *American Journal of Psychiatry*. 2013; 170: 616-623

Hertenstein MJ, Keltner D, App B, Bulleit BA, Jaskolka AR. Touch communicates distinct emotions. *Emotion*. 2006; 6: 528-533

Huang X, Chen L, Zhang L. Effects of Paternal Skin-to-Skin Contact in Newborns and Fathers After Cesarean Delivery. *The Journal of Perinatal & Neonatal Nursing*. 2019; 33: 68-73

Jaffee SR. Child Maltreatment and Risk for Psychopathology in Childhood and Adulthood. *Annual Review of Clinical Psychology*. 2017; 13: 525-551

Jain S, McMahon GF, Hasen P, Kozub MP, Porter V, King R, Guarneri EM. Healing Touch with Guided Imagery for PTSD in returning active duty military: a randomized controlled trial. *Military Medicine*. 2012; 177: 1015-1021

Kasper L, Bollmann S, Diaconescu AO, Hutton C, Heinzle J, Iglesias S, Hauser TU, Sebold M, Manjaly ZM, Pruessmann KP, Stephan KE. The PhysIO Toolbox for Modeling Physiological Noise in fMRI Data. *Journal of Neuroscience Methods*. 2017; 276: 56-72

Kennedy DP, Gläscher J, Tyszka JM, Adolphs R. Personal space regulation by the human amygdala. *Nature Neuroscience*. 2009; 12: 1226-1227

Keverne EB, Martensz ND, Tuite B. Beta-endorphin concentrations in cerebrospinal fluid of monkeys are influenced by grooming relationships. *Psychoneuroendocrinology*. 1989; 14: 155-161

Kurth F, Zilles K, Fox PT, Laird AR, Eickhoff SB. A link between the systems: functional differentiation and integration within the human insula revealed by meta-analysis. *Brain Structure and Function*. 2010; 214: 519-534

Lansford JE, Dodge KA, Pettit GS, Bates JE, Crozier J, Kaplow J. A 12-year prospective study of the long-term effects of early child physical maltreatment on psychological, behavioral, and academic problems in adolescence. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*. Med. 2002; 156: 824-830

Layé S, Nadjar A, Joffre C, Bazinet RP. Anti-Inflammatory Effects of Omega-3 Fatty Acids in the Brain: Physiological Mechanisms and Relevance to Pharmacology. *Pharmacological Reviews*. 2018; 70: 12-38

Lazar SW, Kerr CE, Wasserman RH, Gray JR, Greve DN, Treadway MT, McFarvey M, Quinn BT, Dusek JA, Benson H, Rauch SL, Moore CI, Fischl B. Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport*. 2005; 16: 1893-1897

LeDoux JE. Emotional memory systems in the brain. *Behavioural Brain Research*. 1993; 58: 69-79

Liljencrantz J, Strigo I, Ellingsen DM, Krämer HH, Lundblad LC, Nagi SS, Leknes S, Olausson H. Slow brushing reduces heat pain in humans. *European Journal of Pain*. 2017; 21: 1173-1185

Löken LS, Wessberg J, Morrison I, McGlone F, Olausson H. Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans. *Nature Neuroscience*. 2009; 12: 547-548

Lucas M V., Anderson LC, Bolling DZ, Pelphrey KA, Kaiser MD. Dissociating the neural correlates of experiencing and imagining affective touch. *Cerebral Cortex*. 2015; 25: 2623-2630

Lundqvist LO. Hyper-responsiveness to touch mediates social dysfunction in adults with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2015; 9: 13-20

Lupien SJ, McEwen BS, Gunnar MR, Heim C. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*. 2009; 10: 434-445

Maier A, Gieling C, Heinen-Ludwig L, Stefan V, Schulz J, Güntürkün O, Becker B, Hurlemann R, Scheele, D. Association of Childhood Maltreatment With Interpersonal Distance and Social Touch Preferences in Adulthood. *American Journal of Psychiatry*. In Advance. 2019; appiajp201919020212 [Epub ahead of print]

Maniam J, Antoniadis C, Morris MJ. Early-life stress, HPA axis adaptation, and mechanisms contributing to later health outcomes. *Frontiers in Endocrinology*. 2014; 5: 1-17

Maniglio R. The role of child sexual abuse in the etiology of suicide and non-suicidal self-injury. *Acta Psychiatrica Scandinavica*. 2011; 124: 30-41

Marusak HA, Etkin A, Thomason ME. Disrupted insula-based neural circuit organization and conflict interference in trauma-exposed youth. *NeuroImage: Clinical*. 2015; 8: 516-525

Mason WA, Capitanio JP, Machado CJ, Mendoza SP, Amaral DG. Amygdalectomy and responsiveness to novelty in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*): Generality and individual consistency of effects. *Emotion*. 2006; 6: 73-81

McCrory EJ, De Brito SA, Sebastian CL, Mechelli A, Bird G, Kelly PA, Viding E. Heightened neural reactivity to threat in child victims of family violence. *Current Biology*. 2011; 21: 947-948

McEwen BS. Glucocorticoids, depression, and mood disorders: structural remodeling in the brain. *Metabolism*. 2005; 54: 20-23

McEwen BS. Neurobiological and Systemic Effects of Chronic Stress. *Chronic Stress (Thousand Oaks)*. 2017; 1: .

McGlone F, Olausson H, Boyle JA, Jones-Gotman M, Dancer C, Guest S, Essick G. Touching and feeling: Differences in pleasant touch processing between glabrous and hairy skin in humans. *European Journal of Neuroscience*. 2012; 35: 1782-1788

McGlone F, Wessberg J, Olausson H. Discriminative and Affective Touch: Sensing and Feeling. *Neuron*. 2014; 82: 737-755

Miles R, Cowan F, Glover V, Stevenson J, Modi N. A controlled trial of skin-to-skin contact in extremely preterm infants. *Early Human Development*. 2006; 82: 447-455

Montagu A. The skin, touch, and human development. *Clinics in Dermatology* 1984; 2: 17-26

Moody G, Cannings-John R, Hood K, Kemp A, Robling M. Establishing the international prevalence of self-reported child maltreatment: A systematic review by maltreatment type and gender. *BMC Public Health*. 2018; 18: 1164

Morrison I, Löken LS, Olausson H. The skin as a social organ. *Experimental Brain Research*. 2010; 204: 305-314

Morrison I. ALE meta-analysis reveals dissociable networks for affective and discriminative aspects of touch. *Human Brain Mapping*. 2016; 37: 1308-1320

Nemeroff CB. Paradise Lost: The Neurobiological and Clinical Consequences of Child Abuse and Neglect. *Neuron*. 2016; 89: 892-909

Nguyen TP, Karney BR, Bradbury TN. Childhood Abuse and Later Marital Outcomes: Do Partner Characteristics Moderate the Association? *Journal of Family Psychology*. 2017; 31: 82-92

O'Haire ME, Guérin NA, Kirkham AC. Animal-Assisted Intervention for trauma: a systematic literature review. *Frontiers in Psychology*. 2015; 6: 1121

Olausson H, Lamarre Y, Backlund H, Morin C, Wallin BG, Starck G, Ekholm S, Strigo I, Worsley K, Vallbo B, Bushnell MC. Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nature Neuroscience*. 2002; 5: 900-904

Olausson H, Cole J, Rylander K, McGlone F, Lamarre Y, Wallin BG, Krämer H, Wessberg J, Elam M, Bushnell MC, Vallbo Å. Functional role of unmyelinated tactile afferents in human hairy skin: Sympathetic response and perceptual localization. *Experimental Brain Research*. 2008; 184: 135-140

O'Mahony SM, Clarke G, Dinan TG, Cryan JF. Early-life adversity and brain development:

Is the microbiome a missing piece of the puzzle? *Neuroscience*. 2017; 342: 37-54

Perroud N, Zewdie S, Stenz L, Adouan W, Bavamian S, Prada P, Nicastro R, Hasler R, Nallet A, Piguet C, Paoloni-Giacobino A, Aubry JM, Dayer A. Methylation of serotonin receptor 3A in ADHD, Borderline personality, and bipolar disorders: Link with severity of the disorders and childhood maltreatment. *Depression and Anxiety*. 2016; 33: 45-55

Perry A, Nichiporuk N, Knight RT. Where does one stand: A biological account of preferred interpersonal distance. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2015; 11: 317-326

Pissiota A, Frans Ö, Fernandez M, von Knorring L, Fischer H, Fredrikson M. Neurofunctional correlates of posttraumatic stress disorder: A PET symptom provocation study. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 2002; 252: 68-75

Preckel K, Scheele D, Kendrick KM, Maier W, Hurlmann R. Oxytocin facilitates social approach behavior in women. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2014; 8: 1-9

Price C. Body-oriented therapy in recovery from child sexual abuse: an efficacy study. *Alternative therapies in health and medicine*. 2005; 11: 46-57

Putnam KT, Harris WW, Putnam FW. Synergistic childhood adversities and complex adult psychopathology. *Journal of Traumatic Stress*. 2013; 26: 435-442

Resnick HS, Yehuda R, Pitman RK, Foy DW. Effect of previous trauma on acute plasma cortisol level following rape. *American Journal of Psychiatry*. 1995; 152: 1675-1677

Ressler K, Smith ADAC, Klengel T, Relton CL, Simpkin AJ, Dunn EC, Suderman MJ, Zhu Y, Soare TW. Sensitive periods for the effect of childhood adversity on DNA methylation: Results from a prospective, longitudinal study. *Biological Psychiatry*. 2019; 85: 789-791

Rolls ET, O'Doherty J, Kringelbach ML, Francis S, Bowtell R, McGlone F. Representations of pleasant and painful touch in the human orbitofrontal and cingulate cortices. *Cerebral Cortex*. 2003; 13: 308-317

Scott KM, Smith DR, Ellis PM. Prospectively ascertained child maltreatment and its association with DSM-IV mental disorders in young adults. *Archives of General*

Psychiatry. 2010; 67: 712-719

Segerstrom SC, Miller GE. Psychological stress and the human immune system: a meta-analytic study of 30 years of inquiry. *Psychological Bulletin*. 2004; 130: 601-630

Sperduti M, Delaveau P, Fossati P, Nadel J. Different brain structures related to self- and external-agency attribution: A brief review and meta-analysis. *Brain Structure and Function*. 2011; 216: 151-157

Stoltenborgh M, Bakermans-Kranenburg MJ, Alink LRA, van Ijzendoorn MH. The Prevalence of Child Maltreatment across the Globe: Review of a Series of Meta-Analyses. *Child Abuse Review*. 2015; 24: 37-50

Takesian AE, Hensch TK. Balancing plasticity/stability across brain development. *Progress in Brain Research*. 2013; 207: 3-34

Teicher MH, Samson JA. Childhood maltreatment and psychopathology: A case for ecophenotypic variants as clinically and neurobiologically distinct subtypes. *American Journal of Psychiatry*. 2013; 170: 1114-1133

Teicher MH, Samson JA, Anderson CM, Ohashi K. The effects of childhood maltreatment on brain structure, function and connectivity. *Nature Reviews Neuroscience*. 2016; 17: 652-666

Tomoda A, Sheu YS, Rabi K, Suzuki H, Navalta CP, Polcari A, Teicher MH. Exposure to Parental Verbal Abuse is Associated with Increased Gray Matter Volume in Superior Temporal Gyrus. *Neuroimage*. 2011; 54: S280-S286

Tomoda A, Polcari A, Anderson CM, Teicher MH. Reduced Visual Cortex Gray Matter Volume and Thickness in Young Adults Who Witnessed Domestic Violence during Childhood. *PLoS One*. 2012; 7: e52528

Tryon VL, Penner MR, Heide SW, King HO, Larkin J, Mizumori SJY. Hippocampal neural activity reflects the economy of choices during goal-directed navigation. *Hippocampus*. 2017; 27: 743-758

Tulving E. Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*. 2002; 53: 1-25

Tyrka AR, Price LH, Gelernter J, Schepker C, Anderson GM, Carpenter LL. Interaction of Childhood Maltreatment with the Corticotropin-Releasing Hormone Receptor Gene: Effects on Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis Reactivity. *Biological Psychiatry*. 2009; 66: 681-685

Tyrka AR, Price LH, Kao HT, Porton B, Marsella SA, Carpenter LL. Childhood Maltreatment and Telomere Shortening: Preliminary Support for an Effect of Early Stress on Cellular Aging. *Biological Psychiatry*. 2010; 67: 531-534

Uvnäs-Moberg K, Arn I, Magnusson D. The psychobiology of emotion: The role of the oxytocinergic system. *International Journal of Behavioral Medicine*. 2005; 12: 59-65

Uzzell D, Horne N. The influence of biological sex, sexuality and gender role on interpersonal distance. *British Journal of Social Psychology*. 2006; 45: 579-597

Vaillancourt-Morel MP, Rellini AH, Godbout N, Sabourin S, Bergereon S. Intimacy Mediates the Relation Between Maltreatment in Childhood and Sexual and Relationship Satisfaction in Adulthood: A Dyadic Longitudinal Analysis. *Archives of Sexual Behavior*. 2019; 48: 803-814

Vallbo A, Olausson H, Wessberg J, Norrsell U. A system of unmyelinated afferents for innocuous mechanoreception in the human skin. *Brain Research*. 1993; 628: 301-304

Vranic A. Personal space in physically abused children. *Environment and Behavior*. 2003; 35: 550-565

Wang L, Dai Z, Peng H, Tan L, Ding Y, He Z, Zhang Y, Xia M, Li Z, Li W, Cai Y, Lu S, Liao M, Zhang L, Wu W, He Y, Li L. Overlapping and segregated resting-state functional connectivity in patients with major depressive disorder with and without childhood neglect. *Human Brain Mapping*. 2014; 35: 1154-1166

Weathers FW, Bovin MJ, Lee DJ, Sloan DM, Schnurr PP, Kaloupek DG, Keane TM, Marx BP. The Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5 (CAPS-5): Development and

Initial Psychometric Evaluation in Military Veterans. *Psychological Assessment*. 2018; 30: 383-395

Werner-Seidler A, Afzali MH, Chapman C, Sunderland M, Slade T. The relationship between social support networks and depression in the 2007 National Survey of Mental Health and Well-being. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiologie*. 2017; 52: 1463-1473

Whisman MA. Dyadic Perspectives on Trauma and Marital Quality. *Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy*. 2014; 6: 207-215

Whitcher SJ, Fisher JD. Multidimensional Reaction to Therapeutic Touch in a Hospital Setting. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1979; 37: 87-96

Wilhelm FH, Kochar AS, Roth WT, Gross JJ. Social anxiety and response to touch: Incongruence between self-evaluative and physiological reactions. *Biological Psychology*. 2001; 58: 181-202

Witt A, Brown RC, Plener PL, Brähler E, Fegert JM. Child maltreatment in Germany: Prevalence rates in the general population. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*. 2017; 11: 1-9

Wittchen H-U, Zaudig M, Fydrich T. *Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV (SKID I und SKID II)*. Göttingen: Hogrefe, 1997

World Health Organization, 2018: Adverse Childhood Experiences International Questionnaire. http://www.who.int/violence_injury_prevention/violence/activities/adverse_childhood_experiences/en/ (Zugriffsdatum: 12.12.2018)

World Health Organization, 2019: Child Maltreatment - Definition. <http://apps.who.int/violence-info/child-maltreatment/> (Zugriffsdatum: 01.04.2019)

Yehuda R, Hoge CW, McFarlane AC, Vermetten E, Lanius RA, Nievergelt CM, Hobfoll SE, Koenen KC, Neylan TC, Hyman SE. Post-traumatic stress disorder. *Nature Reviews Disease Primers*. 2015; 1: 15057

Zoladz PR, Diamond DM. Current status on behavioral and biological markers of PTSD: A search for clarity in a conflicting literature. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2013; 37: 860-895

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Dissertation unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr. Dr. Hurlermann, der meine Dissertation betreut und begutachtet hat.

Für die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich ganz besonders bei meiner Betreuerin Aylene Maier bedanken. Ohne sie wäre die Dissertation in dieser Form nicht möglich gewesen.

Zudem danke ich meinen beiden studentischen Kollegen und ebenfalls Doktoranden dieser Studie Luca Heinen-Ludwig und Vlad Stefan. Das gemeinsame Arbeiten war trotz mancher Rückschläge stets konstruktiv und zielführend.

Außerdem möchte ich Carolin Helena Lampe sowie meiner Mutter Antje Gieling für das Korrekturlesen meiner Dissertation danken.

Vor allem gebührt mein besonderer Dank jedoch den Teilnehmern und Teilnehmerinnen dieser Studie, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Mein Dank gilt ihrem uns entgegengebrachten Vertrauen, ihre traumatischen Erlebnisse mit uns zu teilen und der Bereitschaft, sich den langen und aufreibenden Studientagen hinzugeben.

Ich hoffe, dass durch unsere gemeinsame Forschungsarbeit ein Beitrag zur Entwicklung effektiver Therapiemöglichkeiten für Menschen, die traumatische Erfahrungen in der Kindheit erlebt haben, geleistet werden kann.