

**Der Zusammenhang von Gehirnstruktur und der
Wahrnehmung sozialer Berührungsreize im Kontext
von Kindheitstraumata**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)
der Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Vlad Stefan
aus Sebes/Rumänien
2025

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Rene Hurlemann
2. Gutachterin: Prof. Dr. Stefanie Kürten

Tag der mündlichen Prüfung: 25.06.2025

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1. Einleitung.....	7
2. Kindheitstrauma.....	9
3. Folgen von Kindheitstraumata.....	11
3.1 Psychopathologie.....	11
3.2 Psychosoziales Funktionsniveau	12
3.3 Pathophysiologie.....	13
3.3.1 Neuroendokrinologie	13
3.3.2 Genetik	15
3.3.3 Das Immunsystem und der Metabolismus.....	16
3.3.4 Funktionelle Veränderungen.....	16
3.3.5 Strukturelle Veränderungen.....	18
4. Interpersonelle Berührung	22
4.1 Hintergrund	22
4.2 Physiologische Grundlagen	25
5. Hypothesen.....	28
6. Material und Methoden	29
6.1 StudienteilnehmerInnen	29
6.2 Studienablauf	30
6.3 Fragebögen.....	31
6.4 fMRT-Experiment	33
6.5 MRT-Datenerhebung	35
6.6 Datenanalyse	37
6.6.1 Statistische Analyse	38
6.6.2 VBM-Analyse.....	38
7. Ergebnisse.....	39
7.1 Ergebnisse der Fragebögen.....	39
7.2 Behaviorale Ergebnisse	41
7.3 VBM-Ergebnisse	44
7.4 Mediations- und Moderationseffekte	45
8. Diskussion	47
8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	47
8.2 Überprüfung der Hypothesen.....	48
8.3 Reflexion	48
8.4 Limitationen.....	53
8.5 Implikationen.....	54
9. Zusammenfassung.....	56
10. Abbildungsverzeichnis	57
11. Tabellenverzeichnis	58
12. Literaturverzeichnis	59
13. Erklärung zum Eigenanteil	78

14. Danksagung..... 79

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACC	Anteriorer cingulärer Cortex
ANOVA	Analysis of Variance (Varianzanalyse)
ATP	Adenosintriphosphat
BDI	Beck Depression Inventory
BOLD	Blood Oxygen Level Dependent
BNDF	Brain-derived neurotrophic factor
CAPS	Clinician-Administered PTSD Scale
CI	Konfidenzintervall
CM	Childhood Maltreatment (Kindesmisshandlung)
CpG	Cytosin-Phosphat-Guanin
CRH	Corticotropin-Releasing-Hormon
CT	C-taktil
CTQ	Childhood Trauma Questionnaire
df	Freiheitsgrade (degrees of freedom)
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DSM	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
DTI	Diffusions-Tensor-Bildgebung
EPI	Echo Planar Imaging
et al.	et alii (und andere)
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
FoV	Field of View (Sichtfeld)
FWE	Family Wise Error
GMV	Gray Matter Volume (Volumen der grauen Substanz)
GR	Glukokortikoidrezeptor
HHNA	Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse
IPD	Interpersonelle Distanz
MNI	Montreal Neurological Institute
MPRAGE	Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo
MRT	Magnetresonanztomographie
mPFC	Medialer präfrontaler Cortex
MW	Mittelwert
N	Stichprobengröße
ncRNA	nichtkodierende Ribonukleinsäure
P	Signifikanzwert
PFC	Präfrontaler Cortex
PSS	Perceived Stress Scale
PTBS	Posttraumatische Belastungsstörung
r	Korrelationskoeffizient
RAAS	Renin-Angiotensin-Aldosteron-System
ROI	Region of Interest
SC	Somatosensorischer Cortex
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
SKID	Strukturiertes Klinisches Interview für DSM

SPM	Statistical Parametric Mapping
STQ	Social Touch Questionnaire
t	t-Wert (t-Test)
Tab.	Tabelle
TE	Echozeit
TR	Repetitionszeit
TSST	Trier Social Stress Test
VBM	Voxel-basierte Morphometrie
z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem

1. Einleitung

Kindheitstraumata sind psychische Verletzungen, die im Kindes- und Jugendalter auftreten und langfristige Auswirkungen auf die psychische und physische Gesundheit haben können. Diese Traumata können durch familiäre Ereignisse wie Trennungen oder durch einschneidende Erlebnisse wie Krieg verursacht werden. Ein großer Teil der Kindheitstraumata resultiert aus Vernachlässigung und Misshandlung. Da Kindesmisshandlung ein bedeutendes Problem des öffentlichen Gesundheitswesens darstellt, ist es wichtig, die Verbindungen zwischen diesen Traumata und späteren Gesundheitsproblemen zu untersuchen (Gilbert et al., 2009). Die Folgen von Kindheitstraumata sind vielfältig und können die Opfer ihr gesamtes Leben über begleiten. Zu diesen Folgen zählen psychische Symptome wie Angststörungen, Posttraumatische Belastungsstörung (PTBS) und Verhaltensstörungen wie beispielsweise soziale Isolation oder auch somatische Störungen (Lansford et al., 2002). Insbesondere manifestiert sich das in der Kindheit entstandene Trauma häufig in einem gestörten zwischenmenschlichen Verhalten, welches nicht nur sozialen Rückzug umfasst (Copeland et al., 2018), sondern auch zu aggressiven Tendenzen führen kann (Alink et al., 2012).

Um eine Verbindung zwischen dem im Kindesalter erlittenen Trauma und den emotionalen Störungen, die im Erwachsenenalter auftreten, darzustellen, müssen die neurobiologischen Folgen der Kindesmisshandlung untersucht werden. Aktuelle Studien zeigen, dass frühe negative psychosoziale Erfahrungen weitreichende Auswirkungen auf die Physiologie des Körpers haben (McCrary et al., 2011; Teicher et al., 2016). Molekulare Veränderungen führen unter anderem zu einer Störung des zentralen Nervensystems (ZNS). Während seiner Entwicklung durchläuft das ZNS verschiedene Phasen, in denen es sehr empfindlich auf negative Ereignisse reagieren kann. Mehrere Studien konnten zeigen, dass Kindheitstraumata weitreichende Auswirkungen auf die neuronale, endokrine, immunologische und metabolische Physiologie haben können. Die untersuchten molekularen Mechanismen deuten auf eine Störung im Bereich der zentralen neuronalen Netzwerke, eine neuroendokrine Stressdysregulation sowie auf chronische Entzündungen hin. Durch diese physiologischen Störungen steigt die Wahrscheinlichkeit, im Laufe des Lebens an z. B. Adipositas, Dyslipidämie, Diabetes Typ 2, Atherosklerose oder Thrombosen zu erkranken (Berens et al., 2017).

Um einen vollständigen Überblick über das Ausmaß der Veränderungen nach einem Trauma im Kindesalter zu erlangen, sollten auch die strukturellen und neurologischen Veränderungen näher betrachtet werden. Bei PatientInnen, welche unter Depressionen leiden, wurden deutlich geringere Hippocampusvolumina gefunden, wenn sie als Kind emotionale Vernachlässigung und/oder körperlichen oder sexuellen Missbrauch erfahren haben (Vythilingam et al., 2003; Frodl et al., 2010). Diese Untersuchungen könnten helfen, den zu Grunde liegenden Mechanismus für die Entstehung von Krankheiten wie PTBS oder Depressionen besser zu verstehen.

Ein nicht unerheblicher Teil der Kindheitstraumata entsteht durch die Nichtbeachtung von körperlichen und sozialen individuellen Grenzen, wie zum Beispiel bei Missbrauch. In diesem Kontext beschreibt die interpersonelle Distanz den Bereich, bei dessen Überschreitung Unwohlsein ausgelöst wird (Hayduk et al., 1978). Menschen können diesen Abstand zwischen sich selbst und anderen Personen automatisch regulieren (Hayduk et al., 1981). Dabei ergaben Studien, dass sowohl Personen die Kindesmisshandlungen erlebt haben als auch Erwachsene, welche unter PTBS leiden, zu einer größeren interpersonellen Distanz neigen (Vranic et al., 2003; Bogovic et al., 2014). Die Regulierung dieser Distanz wird durch die Amygdala kontrolliert (Kennedy et al., 2009). Für die sozialen Interaktionen zwischen Individuen sind Berührungen und die interpersonelle Distanz sehr wichtige Aspekte. Veränderungen in diesem Bereich des Gehirns können folglich das soziale Interaktionsverhalten maßgeblich beeinflussen. Daher ist die Frage, wie genau Kindheitstraumata die Strukturen des Gehirns verändern können und wie sich dies auf die Wahrnehmung von Berührungen auswirkt von essenzieller Bedeutung. Zum Zeitpunkt der Durchführung der vorgenannten Studien gab es noch keine Untersuchungen, die mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) bei erwachsenen PatientInnen, welche traumatische Erfahrungen im Kindesalter erlebt haben, die neuronale Verarbeitung von taktilen Reizen betrachtet haben.

In der vorliegenden Studie wurde daher näher untersucht, ob und wie weit Kindheitstraumata zu Veränderungen sowohl im Bereich der neuronalen und behavioralen Verarbeitung von sozialen Berührungen als auch in der interpersonellen Distanz führen. Die Untersuchungen wurden an erwachsenen ProbandInnen mittels einer

fMRT durchgeführt. Des Weiteren wurde anhand eines Experiments die Regulierung der interpersonellen Distanz der ProbandInnen analysiert.

2. Kindheitstrauma

Die *World Health Organization* (WHO, 2019) definiert ein Kindheitstrauma als Missbrauch oder Vernachlässigung von Personen unter 18 Jahren was alle Arten von körperlicher und emotionaler Misshandlung, sexuellem Missbrauch, Vernachlässigung sowie jegliche Art der Ausbeutung umfasst, die zu tatsächlichen oder potenziellen Schäden für die Gesundheit, das Überleben, die Entwicklung oder die Würde des Kindes führen können. Kindheitstraumata sind die Folgen solcher emotionalen und körperlichen Misshandlungen, sexuellen Missbrauchs, Vernachlässigung sowie häuslicher Gewalt (Goldbeck und Petermann, 2013). Die Erforschung der Auswirkungen von Kindheitstraumata wird durch das Fehlen einer umfassenden, zuverlässigen und gültigen Methodik zur Erfassung und Bewertung früher traumatischer Erfahrungen erschwert. Die retrospektive Erfassung von traumatischen Erfahrungen in der Kindheit ist daher besonders herausfordernd. Zu den diagnostischen Möglichkeiten gehören retrospektive Fragebögen wie der *Childhood Trauma Questionnaire* (CTQ) (Bernstein et al., 1994), der *Adverse Childhood Experiences International Questionnaire* (ACE-IQ) (World Health Organization, 2012) und der *Early Trauma Inventory* (ETI) (Bremner et al., 2000). Eine weitere Möglichkeit zur Erfassung traumatischer Erfahrungen besteht in der Meldung durch Dritte, wie medizinisches Personal, Erzieher oder Lehrer, die sich an das Jugendamt oder die Polizei wenden. Diese Berichte führen jedoch oft zu einer niedrigeren Prävalenz, da sie nur in einem begrenzten Zeitraum mit den Kindern in Kontakt stehen und nicht alle Arten von Misshandlungen bezeugen oder nachweisen können (Stoltenborgh et al., 2014).

Im Jahr 2018 gaben die Jugendämter in Deutschland bekannt rund 157.300 Verfahren zur Kindeswohlgefährdung geprüft zu haben und damit fast 7 % mehr als im Vorjahr. Darunter fielen auch Fälle von Vernachlässigung und Misshandlung (Statistisches Bundesamt, 2019). Bei der Einschätzung der Prävalenz von Kindheitstraumata sollte jedoch berücksichtigt werden, dass es aus den genannten Gründen eine große Dunkelziffer gibt (Fegert und Petermann, 2011; Pillhofer et al., 2011). Da bei vielen der Betroffenen die Erfahrungen mit Scham und Schuldgefühlen verbunden sind, werden sie

häufig von den Betroffenen selbst oder von ihren Familien und nahestehenden Personen verschwiegen. Forschungen zeigten auch, dass bestimmte Personengruppen, z. B. Personen aus sozial höheren Schichten, ihre Erlebnisse vergessen, bewusst nicht darüber berichten oder diese einfach verdrängen (Hardt und Rutter, 2004).

In einer repräsentativen Studie aus dem Jahr 2011 wurden in Deutschland 2.504 Personen über Misshandlung in der Kindheit und Jugend befragt. 15,0 % der Personen der Gesamtstichprobe berichteten über emotionalen, 12,0 % über körperlichen, 12,6 % über sexuellen Missbrauch sowie 49,5 % über emotionale und 48,4 % über körperliche Vernachlässigung. 1,6 % der Personen der Gesamtstichprobe berichteten über schweren emotionalen, 2,8 % über schweren körperlichen, 1,9 % über schweren sexuellen Missbrauch. 6,6 % der Befragten gaben Auskunft über schwere emotionale und 10,8 % über schwere körperliche Vernachlässigung. 796 (31,8 %) Personen berichteten über keine, 690 (27,7 %) eine, 591 (23,7 %) zwei, 208 (8,3 %) drei, 115 (4,6 %) vier und 93 (3,7 %) fünf Formen des Missbrauchs. 2.131 Personen (85,5 %) gaben keine, 222 (8,9 %) eine, 82 (3,3 %) zwei, 35 (1,4 %) drei, 20 (0,8 %) vier und 3 (0,1 %) fünf schwere Formen des Missbrauchs an (Häuser et al., 2011). In einer weiteren repräsentativen Studie aus dem Jahr 2017 äußerten von den 2.487 TeilnehmerInnen, die mittels CTQ befragt wurden, 31,0 % mindestens eine Art von Kindesmisshandlung erlitten zu haben. Von den TeilnehmerInnen berichteten 6,5 % über emotionalen Missbrauch, 6,7 % über körperlichen Missbrauch, 7,6 % über sexuellen Missbrauch, 13,3 % über emotionale Vernachlässigung und 22,5 % über körperliche Vernachlässigung (Witt et al., 2017).

In einer Studie aus dem Jahr 2014 wurde versucht, die weltweite Prävalenz von Kindesmisshandlung zu ermitteln. Die Ergebnisse zeigten geschätzte Prävalenzen von 127 Fällen pro 1.000 Personen für sexuellen Missbrauch, wobei männliche Personen mit 76 Fällen pro 1.000 und weibliche Personen mit 180 Fällen pro 1.000 unterschiedlich betroffen waren. Körperlicher Missbrauch wurde bei 226 Fällen pro 1.000 Personen geschätzt, emotionaler Missbrauch bei 363 Fällen pro 1.000, körperliche Vernachlässigung bei 163 Fällen pro 1.000 und emotionale Vernachlässigung bei 184 Fällen pro 1.000.

Die Berichte über die Prävalenz von Misshandlungen variieren jedoch stark je nach Region. Insbesondere für Gebiete außerhalb Europas und Nordamerikas fehlen

ausreichende Daten für metaanalytische Untersuchungen, die eine umfassende Erfassung der Prävalenz von Kindesmisshandlungen weltweit ermöglichen würden. Dies bedeutet, dass Milliarden von Menschen in der Forschung zu Kindesmisshandlungen nicht vollständig erfasst werden (Pinheiro, 2006; Stoltenborgh et al., 2014).

Auch in entwickelten Ländern mit hohem Einkommen wie z. B. Deutschland zeigt sich eine hohe Prävalenz: Laut einer Studie erlebten 31 % der Bevölkerung mindestens ein traumatisches Erlebnis in der Kindheit (Witt et al., 2017) und litten unter den dadurch entstehenden Folgen, die im folgenden Abschnitt näher beschrieben werden. Diese Erkenntnis bestätigt nachdrücklich die Relevanz der Behandlung dieses Themas.

3. Folgen von Kindheitstraumata

3.1 Psychopathologie

In zahlreichen epidemiologischen Studien wurden signifikante Zusammenhänge zwischen frühen belastenden Erfahrungen, vor allem multiplen Belastungen wie Vernachlässigung, Misshandlung und sexuellem Missbrauch in Kindheit und Jugendzeit und langfristigen psychischen sowie körperlichen Erkrankungen gefunden (Fergusson et al., 1996; Collishaw et al., 2007). Hierbei sind typische psychische Auffälligkeiten und Störungen, die mit traumatischen Erfahrungen in der Kindheit assoziiert sind: aggressives Verhalten, Angststörungen, Essstörungen, Depression, Suizidalität, verschiedene Formen der Persönlichkeitsstörung, Posttraumatische Belastungsstörung oder der Substanzmissbrauch (Benjet et al., 2010; Hughes et al., 2017; Witt et al., 2019).

Eine Untersuchung der WHO in 21 Ländern zeigte, dass Kindheitstraumata besonders im Kontext einer dysfunktionalen Familienatmosphäre einen starken Prädiktor für eine Reihe psychischer Störungen im Erwachsenenalter darstellen (Kessler et al., 2010). In der *Adverse Childhood Experiences Study* (ACE-Studie) wurde belegt, dass die Substanzabhängigkeit von Alkohol und Drogen sowie Depressionen und Suizidversuche bei Menschen mit mehr als vier erlittenen Formen von Kindheitstraumata um das Vier- bis Zwölfwache erhöht sind (Felitti et al., 1998). Auch Chen et al. (2010) kommen zu dem Schluss, dass das Erleben von sexuellem Missbrauch im Kindesalter zu einer erhöhten

Rate multipler psychiatrischer Störungen führt, einschließlich Angststörungen, depressiven Störungen, Essstörungen, Schlafstörungen, Posttraumatischer Belastungsstörung und Suizidversuchen.

Es gibt eine Vielzahl an Faktoren, wie die Schwere oder Dauer des Kindesmissbrauchs, die sich auf die Entwicklung psychiatrischer Erkrankungen auswirken (Anda et al., 2006; Martin und Silverstone, 2016). Das Aufwachsen in einem ungünstigen familiären Umfeld verbunden mit psychischen Erkrankungen der Eltern, Substanzmissbrauch der Eltern, allgemeiner Kriminalität und Gewalt innerhalb der Familie, körperlichen und sexuellem Missbrauch sowie allgemeine Vernachlässigung zeigte die stärkste Korrelation zum Auftreten von psychischen Störungen (Green et al., 2010).

Statistisch gesehen entwickeln circa 47 % der Personen nach traumatischen Erfahrungen im Kindesalter eine PTBS (Yehuda et al., 2015). In einer weiteren Studie wurde ermittelt, dass bei Personen die mindestens vier traumatische Kindheitserfahrungen gemacht haben, das Risiko von Panikreaktionen, depressiven Affekten, Angstzuständen und Halluzinationen um das Zwei- bis Dreifache erhöht ist (Anda et al., 2006). Da es sich bei traumatischen Erfahrungen in der Kindheit oftmals um mehrere Ereignisse handelt, die über einen längeren Zeitraum bestehen bleiben, ist das Risiko psychiatrische Erkrankungen zu entwickeln besonders hoch (Gilbert et al., 2009). Der Verlauf dieser Erkrankungen ist meist auch komplexer und mit einer stärkeren Symptomatik verbunden (Putnam et al., 2013).

3.2 Psychosoziales Funktionsniveau

Viele Untersuchungen zeigen, dass Kinder, welche schon in jungen Jahren Misshandlungen erlitten haben, ein aggressiveres und unsozialeres Verhalten im Vergleich zu nicht misshandelten Kindern aufweisen (Bessou et al., 1971; Burgess und Conger, 1979; Lewis et al., 1989). Auch ein eher zurückgezogenes und introvertiertes Verhalten wurde bei diesen Jugendlichen häufiger beobachtet (George und Main, 1979). Jugendliche, die frühe Misshandlungen erlebt haben, hatten rund anderthalbmal mehr Fehltag in der Schule im Vergleich zu nicht misshandelten Jugendlichen. Ebenso wurde eine deutlich geringere Wahrscheinlichkeit ermittelt, dass diese im Anschluss eine Hochschule besuchen. Des Weiteren, litten traumatisch belastete Studenten häufiger an

Angstzuständen, Depressionen, verschiedenen Symptomen einer Posttraumatischen Belastungsstörung, sozialen Problemen und sozialer Isolation als ihre nicht misshandelten KommilitonInnen (Lansford et al., 2002). Auch Hankin et al. (2006) hat in einer Untersuchung einen signifikanten Zusammenhang zwischen Depressionen, Angststörungen, Schwierigkeiten bei emotionalen Bindungen und einem körperlichen und emotionalen Missbrauch im Kindesalter entdeckt. Auch im späteren Verlauf des Lebens begegnen Personen, die Kindesmisshandlungen erfahren haben, Schwierigkeiten in wichtigen sozialen Bereichen. Zu diesen zählen Schwierigkeiten eine Arbeitsstelle zu finden und langfristig zu behalten oder eine Beziehung zu führen (Braithwaite et al., 2017; Copeland et al., 2018). Sowohl männliche als auch weibliche Personen, die in der Kindheit Missbrauchs- und Vernachlässigungsoffer waren, berichteten über höhere Raten von Trennungen und Scheidungen als Kontrollpersonen. Darüber hinaus zeigte sich in einer spezifischen Studie, dass in der Kindheit missbrauchte und vernachlässigte Frauen mit geringerer Wahrscheinlichkeit ihrem aktuellen Partner treu blieben als die beteiligten weiblichen Kontrollpersonen (Colman und Widom, 2004). Kindheitstraumata haben auch wirtschaftliche Auswirkungen. Infolge von Kindheitstraumata entstehen in Deutschland jährlich geschätzt mehrere hundert Milliarden Euro Kosten durch Gesundheitsschäden, zusätzliche Erziehungshilfe, Produktivitätsverluste, frühzeitigen Tod, Kriminalität, staatliche Ausgaben für Betreuung und Schutz sowie durch Wohlfahrtsverlust (Habetha et al., 2012). Fehlende oder fehlerhafte Diagnosen sowie falsch ausgerichtete Therapien verursachen weitere Kosten durch Krankschreibungen oder bescheinigte Arbeitsunfähigkeit.

3.3 Pathophysiologie

3.3.1 Neuroendokrinologie

Viele Studien sehen Kindheitstraumata als eine Form von Umweltstress an, der zur Auslösung einer biologischen Stressantwort des menschlichen Körpers führt. Die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHNA) ist daher wahrscheinlich das am besten untersuchte neurobiologische System in Verbindung mit Kindheitstraumata (Brückl und Binder, 2017). Eine veränderte Funktion dieser HHNA und der damit verbundenen Cortisolregulation konnte im Zusammenhang mit Kindesmisshandlung beobachtet werden (Alink et al., 2012).

Das *Corticotropin-Releasing-Hormon* (CRH) spielt eine zentrale Rolle bei der Stressreaktion. Als Reaktion auf Stress löst das CRH eine Kaskade aus, die zu einer Freisetzung von Glukokortikoiden aus der Nebennierenrinde führt (Smith und Vale, 2006). Eine Vielzahl von Studien hat sich mit den Auswirkungen der in der Kindheit erlebten Traumata auf die Cortisolregulation des Körpers beschäftigt. Doom et al. (2014) zeigten, dass sich misshandelte und nicht misshandelte Kinder in der langzeitigen Cortisolregulation unterscheiden. Misshandelte Kinder wiesen im Vergleich zu nicht misshandelten Kindern eine höhere Spannbreite zwischen den am Anfang der Studie gemessenen Cortisolwerten auf, was auf eine größere interindividuelle Variabilität in der misshandelten Gruppe deutet. Misshandelte Kinder mit höherem Cortisolspiegel hatten bei den späteren Untersuchungen einen niedrigeren Cortisolspiegel als die nicht misshandelten Kinder, was auf eine mögliche Unterdrückung der HHNA nach chronisch hohen Cortisolwerten hinweist. Der Schweregrad, der Zeitpunkt und die Anzahl der Misshandlungen haben demnach einen entscheidenden Einfluss auf die Spannbreite des Cortisolspiegels (Doom et al., 2014). Dies wurde auch in einer weiteren Untersuchung von sexuell missbrauchten Mädchen bestätigt. Hier wurden zunächst erhöhte morgendliche Cortisolwerte gemessen, mit zunehmendem Alter und zeitlichem Abstand vom Trauma waren die gemessenen Werte aber niedriger als die Werte einer nicht traumatisierten Vergleichsgruppe (Trickett et al., 2010). In einer weiteren Studie von Alink et al. (2012) wurden die Cortisolwerte und das soziale Verhalten untersucht. Hier wurde ermittelt, dass traumatisierte Kinder mit einem vermehrt antisozialen und aggressiven Verhalten nach einem Jahr geringere morgendliche Cortisolspiegel aufwiesen. Demgegenüber hatten traumatisierte Kinder, die sich in einem sozialen Rückzug befanden, vergleichsweise erhöhte Cortisolspiegel am Nachmittag. Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass es bei misshandelten Kindern eine Verbindung zwischen dem sozialen Verhalten und den ein Jahr nach dem Trauma gemessenen Cortisolwertengibt (Alink et al., 2012). Neben der HHNA gibt es auch Hinweise darauf, dass Kindheitstraumata das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS) beeinflussen. Eine Studie von (Terock et al., 2022) fand heraus, dass Personen mit Kindheitstraumata erhöhte Aldosteronspiegel aufweisen, was möglicherweise mit einer Desensibilisierung der peripheren Mineralokortikoidrezeptoren verbunden ist. Diese Veränderungen könnten das Risiko für psychiatrische Störungen erhöhen.

3.3.2 Genetik

Epigenetische Modifikationen, wie die Desoxyribonukleinsäure-(DNA-)Methylierung, die Histonmodifikation oder die Hydroxymethylierung, stellen einen wichtigen Mechanismus dar, über den äußeren Faktoren, wie Kindheitstraumata, langfristige Veränderungen im Gehirn und im Körper auslösen können (Blaze et al., 2015). Die Hauptaufgabe des Epigenoms besteht neben der Regulation der Genexpression darin, die DNA im Zellkern zu verpacken. Dies wird durch ein Zusammenspiel verschiedener epigenetischer Markierungen ermöglicht, zu denen DNA-Methylierung, Hydroxymethylierung, Histonmodifikationen, ATP-abhängige Chromatinveränderungen und nichtkodierende Ribonukleinsäuren (ncRNA) gehören. Diese Mechanismen können nicht nur die aktuelle, sondern auch die zukünftige Genexpression und Proteintranslation beeinflussen und sind daher von großer Bedeutung, um die Effekte von frühen Traumata auf die spätere Entwicklung einer PTBS zu verstehen (Pape und Binder, 2014). DNA-Methylierung ist eine kovalente Modifikation der Cytosin-Nukleotide der DNA-Sequenz, die in erster Linie bei Säugetieren (allerdings nicht ausschließlich) in CpG-(Cytosin-Phosphat-Guanin-)Dinukleotid-Sequenzen liegen (Xie et al., 2012).

Die oben genannten epigenetischen Veränderungen stellen mögliche molekulare Ursachen für die stressinduzierten Effekte auf die Genexpression und deren Folgen auf neuronale Funktionen dar. Stress und Trauma, die in der frühen Entwicklungsphase erlebt werden, haben langfristige Effekte auf das Epigenom. Dieses wiederum hat Auswirkungen auf das Erkrankungsrisiko im Erwachsenenalter (Pape und Binder, 2014). In einer weiteren grundlegenden Arbeit auf diesem Gebiet konnte gezeigt werden, dass mütterliches Lecken und Fellpflege bei Ratten zu einer verminderten DNA-Methylierung im Promoter des Glukokortikoidrezeptor-(GR-)Gens (Nr3c1) führt. Dies wird durch die Aktivierung serotonerger Signalwege vermittelt, die eine erhöhte Bindung von Transkriptionsfaktoren nach sich zieht und anschließend zu einer gesteigerten Transkription des GR führt. Ratten mit geringerer mütterlicher Fürsorge wiesen wiederum eine höhere DNA-Methylierung sowie eine verminderte GR-Expression auf, welche mit einer gesteigerten Stressreaktivität im Erwachsenenalter verbunden war (Weaver et al., 2004). Die meisten nachfolgenden Humanstudien konnten eine erhöhte DNA-Methylierung infolge von Kindesmisshandlung und anderen Kindheitstraumata bestätigen (Turecki und Meaney, 2016).

3.3.3 Das Immunsystem und der Metabolismus

Die ACE-Studie lieferte einen der ersten eindeutigen Beweise dafür, dass Kindesmisshandlung und -vernachlässigung mit einem erhöhten Risiko nicht nur für psychiatrische Störungen, sondern auch mit einer Vielzahl von anderen Morbiditätsarten verbunden sind. Darunter fallen unter anderem Herzerkrankungen, Krebs, chronische Lungenerkrankungen, Frakturen, Autoimmunerkrankungen und Lebererkrankungen. Das Risiko ist direkt proportional zur Häufigkeit und Stärke des erlebten Stresses (Felitti et al., 1998; Dube et al., 2009;). Nachfolgende Studien und Metaanalysen haben diese Beobachtungen bestätigt und ergänzt.

In der Metaanalyse von Paras et al. (2009) von 23 Studien mit 4.640 ProbandInnen war sexueller Missbrauch mit einem erhöhten Risiko für gastrointestinale Störungen, chronische Schmerzen und chronische Beckenschmerzen verbunden. Außerdem waren Vergewaltigungen zusätzlich mit einem Risiko für Fibromyalgie verbunden.

Weiterhin haben Wegman und Stetler (2009) in einer Metaanalyse von 24 Studien mit 48.801 ProbandInnen Kindesmissbrauch mit neurologischen und muskuloskelettalen Beschwerden sowie Gastrointestinal-, Atemwegs-, Herz-Kreislauf- und Stoffwechselstörungen in Verbindung gebracht. Erwachsene, die Misshandlungen im Kindesalter erlebt haben, zeigten eine stärkere Aktivierung der HHNA und erhöhte Entzündungswerte wie CRP, TNF- α oder IL-6 im Vergleich zu nicht misshandelten Personen. Die Daten deuten darauf hin, dass traumatisierende Kindheitserfahrungen mit dauerhaften Veränderungen des Nerven-, Endokrinen- und Immunsystems verbunden sind (Danese und McEwen, 2012). Auch bei PatientInnen mit PTBS wurde eine veränderte Immunantwort festgestellt, da die traumatisierenden Ereignisse zu einer reduzierten DNA-Methylierung einiger Gene führen, die für die Immunantwort zuständig sind (Uddin et al., 2010).

3.3.4 Funktionelle Veränderungen

Die Amygdala ist eine Struktur im limbischen System, die bei der Verarbeitung von Emotionen bedrohlicher und unangenehmer Natur eine zentrale Rolle spielt (Davis und Whalen, 2001; Costafreda et al., 2008). In mehreren Studien wurde bei PatientInnen, die unter Depression oder PTBS litten, eine Hyperresponsivität der Amygdala bemerkt (Shin et al., 2005; Siegel et al., 2007). Eine der durchgeführten Untersuchungen bestätigte eine

positive Korrelation zwischen physischer Kindesmisshandlung und der Aktivierung der Amygdala. Die Ergebnisse der von Grant et al. (2011) publizierten Studie deuten darauf hin, dass die Hyperresponsivität der Amygdala nicht nur für Personen mit Depressionen charakteristisch ist, sondern vor allem auch für Personen mit einer Kindesmisshandlung in der Anamnese (Grant et al., 2011). Bei einer weiteren Untersuchung mittels einer fMRT wurde ein Zusammenhang zwischen der Schwere des Kindheitstraumas, gespiegelt durch den CTQ-Wert und der Hyperresponsivität der rechten Amygdala auf negative visuelle Stimuli festgestellt. Die negativen Stimuli wurden in Form von angsteinflößenden Gesichtern präsentiert (Dannlowski et al., 2012). Ein weiterer Bereich, der aufgrund von Missbrauchserfahrungen im Kindesalter eine veränderte Funktionsweise aufweist, ist der mediale präfrontale Cortex (mPFC). Forscher konstatieren eine deutliche Hypoaktivierung des mPFC bei Leittragenden von Missbrauchserfahrungen im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Dies umfasst die Präsentation sowohl von positiven als auch negativen und neutralen Stimuli (van Harmelen et al., 2014). Dem mPFC und der Amygdala kommen im Zusammenspiel eine entscheidende Rolle bei der Verarbeitung und Wahrnehmung von bedrohlichen Reizen zu. So spielt insbesondere die Verknüpfung zwischen dem mPFC und der Amygdala eine fundamentale Rolle bei der Lagebeurteilung von potenziell bedrohlichen Reizen. Diese scheint bei PatientInnen eingeschränkt zu sein, die eine Kindesmisshandlung erlebt haben (Teicher et al., 2016).

Die oben beschriebenen Untersuchungen legen daher nahe, dass Kindesmisshandlungen zu dauerhaften funktionellen Veränderungen in neuronalen Systemen wie der Amygdala oder dem Hippocampus führen können, die für die Verarbeitung von Emotionen entscheidend sind. Abnormale Aktivierungsmuster innerhalb des limbischen Systems, z. B. nach einer Misshandlung, sind ähnlich zu solchen die bei einer Depression und PTBS zu beobachten sind. Das wiederum würde auf eine mögliche Rolle von Störungen des limbischen Systems in der Beziehung zwischen Kindesmisshandlung und psychiatrischer Erkrankung hinweisen (Dannlowski et al., 2007, 2012; Etkin und Wager, 2007). Forschungsergebnisse zeigen eine erhöhte Aktivierung der Amygdala als Reaktion auf negative Reize bei Erkrankungen wie PTBS oder sozialer Phobie (Herpertz et al., 2003; Rauch et al., 2006; Shin et al., 2006). Die Aktivierung der Inselrinde scheint bei vielen Angststörungen erhöht zu sein. Im Gegensatz zu den Angststörungen ist eine PTBS mit einer verminderten Empfindlichkeit im anterioren

cingulären Cortex (ACC) und im angrenzenden ventromedialen präfrontalen Cortex (PFC) verbunden (Shin und Liberzon, 2010).

Nicht nur die einzelnen beschriebenen Strukturen können durch traumatische Erfahrungen in der Kindheit beeinträchtigt sein, sondern auch die neuronalen Verbindungen, die die aufgenommenen Reize aus den einzelnen Sinnesorganen in die sensorischen Cortexareale übertragen (Choi et al., 2012). Bei einer Untersuchung von Personen, die in ihrer Kindheit häusliche Gewalt beobachtet haben, wurden strukturelle Veränderungen in dem linken *Fasciculus longitudinalis inferior* beobachtet. Der linke *Fasciculus longitudinalis inferior* ist eine wichtige Komponente, die den visuellen Cortex mit dem limbischen System verbindet (Choi et al., 2012). Andererseits wurde beobachtet, dass bei Erfahrung von traumatischen Ereignissen in Form von verbalem Missbrauch Defizite im Bereich des linken *Fasciculus arcuatus* auftreten können. Dieser verbindet das Broca-Areal und das Wernicke-Zentrum, welche beide wichtige Bestandteile des Sprachzentrums sind (Choi et al., 2009). Diese Befunde stehen im Einklang mit der Hypothese, dass Misshandlungen im Kindesalter mit Veränderungen der neuronalen Verbindungen des PFC und des limbischen Systems in Zusammenhang stehen. Diese spielen bei der Verarbeitung von Emotionen eine entscheidende Rolle (Choi et al., 2012).

3.3.5 Strukturelle Veränderungen

Nach Erfahrung von traumatisierenden Ereignissen in der Kindheit können auch morphologische Veränderungen auftreten. Diese hirmorphologischen Veränderungen treten vor allem in den Bereichen auf, die für die emotionale Regulation und das emotionale Erleben bedeutend sind (Plener et al., 2017).

Während der Entwicklung des Gehirns können Stress sowie ein erhöhter Spiegel an Stresshormonen und Neurotransmittern zu einer Beeinträchtigung der Entwicklung des Gehirns durch Apoptose führen (Edwards et al., 1990; Simantov et al., 1996). Studien mit Ratten haben auch gezeigt, dass der Entzug mütterlicher Zuneigung zum Untergang von Neuronen führt (Zhang et al., 2002). Außerdem kommt es durch Stress zu Verzögerungen bei der Myelinisierung der Nervenfasern oder zu einer stressinduzierten Abnahme der Hirnwachstumsfaktoren, wie z. B. dem *Brain-derived neurotrophic factor* (BDNF) (Dunlop et al., 1997; Pizarro et al., 2004). Misshandlungen im Kindesalter sind mit einer veränderten Diffusion (Fraktionale Anisotropie) in occipito-temporalen Bahnen und einer

veränderten Mikrostruktur der weißen Substanz verbunden einschließlich einer geringeren fraktionalen Anisotropie im *Fasciculus longitudinalis inferior* (Olson et al., 2020). Dieser spielt eine wichtige Rolle bei der Kopplung zwischen der Wahrnehmung visueller Reize in der occipitalen Region und der Verarbeitung von Emotionen im *Lobus temporalis anterior* (Olson et al., 2020).

In einer MRT-Studie wurde das Volumen verschiedener Cortex-Regionen bei 51 medizinisch gesunden erwachsenen Frauen untersucht. Ziel der Studie war es zu testen, ob verschiedene Formen des Kindesmissbrauchs mit einer Volumenverminderung des Cortexes in Zusammenhang stehen. Dabei war die Exposition gegenüber sexuellem Missbrauch im Kindesalter mit einer ausgeprägten Verminderung des Cortexvolumens im Bereich des genitalienassoziierten sensorischen Cortex verbunden. Weiterhin korrelierte ein erlittener emotionaler Missbrauch mit einer Volumenverminderung in Regionen wie dem linken und rechten Precuneus und dem linken anterioren und posterioren *Gyrus cinguli* (Heim et al., 2013).

In einer MRT-Studie wurde das Volumen verschiedener Gehirnregionen bei Kindern und Jugendlichen untersucht, die interpersonale Gewalt erlebt hatten. Ziel der Studie war es, zu untersuchen, ob Kindheitstraumata mit Veränderungen im Volumen der grauen Substanz einhergehen. Die Ergebnisse zeigten, dass interne psychische Störungen mit einer Verringerung des Volumens der grauen Substanz in Regionen wie dem präfrontalen Cortex, der Insel und dem Hippocampus verbunden waren. Andererseits war die Erfahrung von Kindheitstraumata mit einer Zunahme des Volumens im cingulären Cortex und im supramarginalen Gyrus assoziiert. Diese Befunde unterstreichen die Komplexität der neurobiologischen Auswirkungen von Kindheitstraumata auf die Gehirnentwicklung (Heyn et al., 2025)

Die Ergebnisse einer weiteren Studie legen nahe, dass eine CpG 5,6-Methylierung, die für die Modulation des Oxytocin-Signalwegs bedeutsam ist, zu einer atypischen Entwicklung des linken orbitofrontalen Cortex führt (Fujisawa et al., 2019). Fujisawa et al. (2019) fanden heraus, dass bei den ProbandInnen, die Kindheitstraumata erfahren haben, ein signifikant niedrigeres Volumen der grauen Substanz im linken orbitofrontalen Cortex verglichen mit der Kontrollgruppe besteht. Diese Veränderungen im Volumen des

orbitofrontalen Cortex können zugleich im Laufe des Lebens zu Bindungsstörungen führen (Fujisawa et al., 2019).

Untersuchungen der Größe der Amygdala lieferten unterschiedliche Ergebnisse. In einer Studie bei Kindern die verschiedenen Formen von Kindesmisshandlung sowie einem niedrigen sozioökonomischen Status ausgesetzt waren, wurden verringerte Amygdalavolumina beobachtet (Hanson et al., 2015). Bei einer weiteren Studie, welche ProbandInnen in Bezug auf Kindheitstraumata und Depressionen untersuchte, stellte sich heraus, dass Frauen, die sowohl Kindheitstraumata erlebt haben als auch aktuell unter Depressionen leiden, im Vergleich zu den nichttraumatisierten Kontrollgruppen ein deutlich erhöhtes Volumen der rechten Amygdala aufweisen (Buss et al., 2012). Weitere Untersuchungen ergaben, dass höhere CTQ-Werte mit einer höheren Wahrscheinlichkeit unter Depressionen zu leiden assoziiert sind und auch mit der Größe der rechten Amygdala korrelieren (Buss et al., 2012).

Demgegenüber steht eine Metaanalyse bei gesunden ProbandInnen, die traumatisierende Erfahrungen in der Kindheit gemacht haben. Hier waren keine Unterschiede in dem Volumen der Amygdala festzustellen (Calem et al., 2017). Auch bei Kindern, die als Folge der erfahrenen Misshandlungen unter einer PTBS leiden, wurden keine Unterschiede in der Größe der Amygdala gefunden (Woon und Hedges, 2008). Um eine eindeutige Korrelation zwischen den morphologischen Veränderungen der Amygdala und dem Erleben von traumatischen Ereignissen in der Kindheit zu belegen, sind daher weitere Studien notwendig.

Hinsichtlich der morphologischen Modifikation des Hippocampus werden in der Literatur einige Veränderungen konstant beschrieben und in mehreren Studien bestätigt. So kommt es bei PTBS-PatientInnen im Erwachsenenalter zu einer deutlichen Volumenminderung im Hippocampus und zu einem Verlust von Dendriten (Heim und Nemeroff, 2009; Morey et al., 2012). Der häufig beschriebene Befund einer Volumenminderung im Hippocampus bei Erwachsenen mit einer PTBS und/oder traumatisierenden Erfahrungen im Kindesalter konnte bei Kindern nicht bestätigt werden (Dannowski et al., 2012; de Bellis et al., 1999, 2001; Nemeroff et al., 2016). Kleinere Hippocampusvolumina wurden jedoch bei Kindern festgestellt, die körperlich missbraucht

wurden oder aus Haushalten einer niedrigen sozioökonomischen Schicht stammen (Hanson et al., 2015).

Diese Studien legen nahe, dass frühe traumatisierende Erfahrungen die Entwicklung von Gehirnbereichen, die an der Emotionsverarbeitung und Emotionsregulation beteiligt sind, verändern können. Veränderungen in der Amygdala und im Hippocampus können eine entscheidende Rolle für die spätere Entwicklung von Pathologien im Zusammenhang mit Kindheitstraumata spielen.

Bereits ein verbaler Missbrauch ohne körperliche Gewalt kann Auswirkungen auf das sich noch in der Entwicklung befindende Gehirn eines Kindes haben. Bei MRT-Untersuchungen zeigen sich Unterschiede in der Dichte der grauen Substanz im *Fasciculus arcuatus*, genauer gesagt im linken oberen *Gyrus temporalis*, einem Bereich des Gehirns der bei der Sprachverarbeitung eine entscheidende Rolle spielt. Eine verringerte Dichte der grauen Substanz wurde bei jungen Erwachsenen beobachtet, die zwischen dem dritten und dem dreizehnten Lebensjahr Zeugen von verbalem Missbrauch zwischen den Eltern wurden (Mueller und Tronick, 2019). Außerdem zeigten Untersuchungen mittels Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI, „*Diffusion Tensor Imaging*“), dass eine signifikante Verringerung des Volumens der weißen Substanz im temporalen Gyrus mit einer Exposition gegenüber verbalem Missbrauch verbunden ist. Des Weiteren wiesen diese Volumenreduktionen eine statistisch signifikante Korrelation mit der verbalen Intelligenz und dem Sprachverständnis auf (Choi et al., 2009; Tomoda et al., 2011).

Der visuelle Cortex ist eine wichtige Komponente bei der Wahrnehmung und Verarbeitung von emotionalen Reizen. Die wiederholte visuelle Exposition von Gewalt zwischen ErzieherInnen oder BetreuerInnen eines Kindes, die als enge Bezugspersonen wahrgenommen werden, ist mit einem verringerten Volumen im visuellen Cortex und verminderten Verbindungen zwischen dem visuellen Cortex und dem limbischen System verbunden. Die zu beobachtende Minderung des Gehirnvolumens und der intraneuronalen Verbindungen hängt direkt mit der Häufigkeit der Exposition vor dem zwölften Lebensjahr zusammen (Choi et al., 2012; Tomoda et al., 2012). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine frühzeitige Exposition gegenüber verbalem Missbrauch (beispielsweise das Erleben von verbalem Missbrauch zwischen den Eltern)

die Integrität bestimmter Gehirnstrukturen beeinträchtigen kann (Mueller und Tronick, 2019).

4. Interpersonelle Berührung

4.1 Hintergrund

Die Eigenschaften des menschlichen somatosensorischen Systems sind bisher nicht im Detail geklärt. Immer mehr Hinweise deuten darauf hin, dass eine Berührung nicht nur den diskriminativen Reiz für das Gehirn liefert, sondern auch einen emotionalen Input (McGlone et al., 2014). In diesem Abschnitt werden die Relevanz und die Rolle der interpersonellen Berührung sowie ihre Bedeutung für soziale Interaktionen beschrieben, insbesondere innerhalb der Entwicklung im Kindes- und Jugendalter. McGlone et al. (2014: 737) definieren interpersonelle Berührung als

„eine über die Haut aufgenommene sensorische Erfahrung, die die Entwicklung des Gehirns beeinflusst, das Gefühl und die Wahrnehmung des eigenen Körpers fördert und als Regulator für akuten Stress dienen kann“.

Frühe sensorische Erfahrungen inklusive Berührungen sind entscheidend für die normale neuronale Entwicklung. Der Tastsinn ist dabei der erste der Sinne, der sich entwickelt (Barnett et al., 1972). Der menschliche Embryo reagiert aktiv auf die Stimulation der Haut und wird so bereits stark mit der Außenwelt verbunden (Montagu et al., 1984). So ist Berührung auch unsere erste Form der Kommunikation. Bei der Ultraschalluntersuchung von Schwangeren mit Zwillingen wurde bemerkt, dass schon in der neunten Schwangerschaftswoche die Embryos auf gegenseitige Berührungen reagieren (Arabin et al., 1996). Die Haut-zu-Haut-Berührungen durch die Eltern haben starke Auswirkungen auf die Stressregulation der Neugeborenen. Beobachtet und untersucht wurde dies auch bei Tieren: Das Lecken und die Fellpflege bei Ratten haben ähnliche Effekte (Hertenstein et al., 2006; Weaver et al., 2004). In einer Untersuchung haben Brummelman et al. (2019) die Auswirkungen von kurzen und sanften Berührungen der Kinder durch die Eltern auf die Wahrnehmung von Bedrohungen untersucht. Diese Berührungen verringerten die Aufmerksamkeit der Kinder auf soziale Bedrohungen. Bei sozial ängstlichen Kindern wurde durch die Berührungen auch das generelle Vertrauen erhöht (Brummelman et al., 2019).

Es wurde auch gezeigt, dass Berührungen die Produktion der natürlichen Opiate des Körpers – der Endorphine – stimulieren. Dadurch kann es sowohl zu einer Beruhigung (McGlone et al., 2014) als auch zu einer Schmerzlinderung kommen (Liljenkrantz et al., 2017). In der Untersuchung der neurochemischen Prozesse bei der Primatenpflege wurde festgestellt, dass Veränderungen der Opioid-Produktion von der Pflegedauer abhängen (Keverne et al., 1989).

Beim Menschen führt die Berührung des Partners bei Frauen zu einer stärkeren Analgesie im Vergleich zur Berührung eines Unbekannten (Goldstein et al., 2016). Die Vorteile der Analgesie durch Berührungen konnten auch bei starken Schmerzen in realen Situationen beobachtet werden. Bei Jugendlichen konnte das Handhalten mit der Mutter besonders wirksam sein, um Schmerzen bei der Krebsbehandlung sowie allgemeine Krankheitsschmerzen zu lindern (Weekes et al., 1993). Während der Geburt kann die Unterstützung mittels Berührung die Schmerzen und die Dauer der perinatalen Probleme verringern und den Einsatz der analgetischen Medikation erheblich reduzieren (López-Solà et al., 2019).

Soziale Interaktionen in der Frühgeborenenphase haben Einfluss auf das Sozialverhalten im Erwachsenenalter, da sie die Sensitivität auf Neuropeptide wie Oxytocin oder Vasopressin beeinflussen (McGlone et al., 2014). Auch während des Stillens wird durch langsame Berührungen Oxytocin beim Kind freigesetzt (Uvånas-Moberg et al., 2005). Im Kontext der Mutter-Kind-Dyade vermindert die mütterliche Berührung die Glukokortikoid-Reaktion bei Säuglingen während einer stressinduzierten Situation (Feldman et al., 2010). Auch bei Personen im Erwachsenenalter führen körperliche Berührungen, wie beispielsweise eine Handmassage oder Massagetherapie, zu niedrigeren Cortisolwerten im Speichel (Maratos et al., 2017). Im Rahmen des Trier Social Stress Tests (TSST) fand man heraus, dass sich bei Frauen die Cortisolausschüttung durch Berührung nicht aber rein durch verbale Unterstützung verringern ließ (Ditzen et al., 2007).

Von einem anderen Menschen berührt zu werden, kann starke Emotionen hervorrufen. Vergleicht man langsame und schnelle Berührungen, so führen die langsameren Berührungen zu einer spezifischen Abnahme des Gefühls der sozialen Ausgrenzung. Auch dies legt eine typische Beziehung zwischen Berührung und sozialer Bindung nahe und unterstreicht die beruhigende Funktion langsamer Berührungen insbesondere im

Zusammenhang mit dem Gefühl sozialer Trennung oder Ablehnung (von Mohr et al., 2017).

Hertenstein et al. (2006) zeigten in einer Studie, dass Menschen nur über Berührung vermittelte Emotionen richtig erkennen können. TeilnehmerInnen in dieser Studie sollten versuchen, Emotionen mittels Berührungen an eine unbekannte Person zu vermitteln. Die Ergebnisse belegten, dass die EmpfängerInnen der Berührungen Emotionen wie Angst, Wut, Liebe oder Dankbarkeit mit einer siebzigprozentigen Sicherheit richtig identifizieren konnten (Hertenstein et al., 2006).

Eine Reihe von weiteren Studien hat offenbart, dass kurze und zufällige Berührungen von Fremden positive Verhaltenseffekte auf Menschen haben und diese sogar großzügiger machen können. Restaurantgäste geben mehr Trinkgeld, wenn die Kellnerin sie bei der Rückgabe ihres Wechselgeldes beiläufig berührt (Crusco und Wetzel, 1984). Auch sind Personen mit einem Bibliotheksbesuch zufriedener, wenn das Bibliothekspersonal ihre Hand bei der Rückgabe des Bibliotheksausweises berührt (Fisher et al., 1976). Ähnliche Studien berichten, dass Menschen, die beiläufig berührt werden, eher das Geld zurückgeben, welches sie in einem öffentlichen Telefon finden (Kleinke, 1977), mehr Geld in einem Supermarkt ausgeben (Hornik, 1992) und VerkäuferInnen in Autohäusern positiver bewerten (Erceau und Guéguen, 2007). Bei der Untersuchung der Auswirkungen von Berührungen im Krankenhaus wurde herausgefunden, dass präoperative Berührungen der PatientInnen durch das Pflegepersonal positive gesundheitliche Auswirkungen im Sinne einer Stressreduzierung haben (Whitcher und Fisher, 1979).

Eine Verbindung zwischen Berührungen und der Psyche des Menschen impliziert, dass sich bei psychischen Erkrankungen die Wahrnehmung von Berührungen ändern kann. Dies wurde in mehreren Studien untersucht. Zum Beispiel haben Crucianelli et al. (2016) gezeigt, dass PatientInnen die unter *Anorexia Nervosa* leiden, affektive Berührungen als weniger angenehm empfinden als gesunde Kontrollpersonen. In einer Studie testeten Croy et al. (2016) die veränderte Wahrnehmung von affektiven Berührungen bei psychotherapeutisch behandelten PatientInnen mit einem breiten Spektrum an psychischen Störungen, wie z. B. affektiven Störungen, Persönlichkeitsstörungen, PTBS und Angststörungen. Die AutorInnen fanden heraus, dass PatientInnen die Berührungen im Allgemeinen als weniger angenehm bewerteten als die beteiligten Kontrollpersonen.

Insbesondere bei PatientInnen mit Persönlichkeitsstörungen war dieser Effekt sehr ausgeprägt. In ähnlicher Weise fand eine kürzlich von Strauss et al. (2019) durchgeführte Studie heraus, dass Patientinnen mit PTBS als Folge von Gewalt und sexuellem Missbrauch insbesondere langsame Berührungen ebenfalls als weniger angenehm bewerteten als die Kontrollpersonen.

Das vegetative System, insbesondere die Indikatoren für Herzaktivität wie die Herzfrequenz, reagieren schnell auf emotionale Zustandsänderungen (Bales et al., 2018). Unter Stressbedingungen steigt die Herzfrequenz, kann jedoch durch die Berührung eines romantischen Partners verringert werden (Ditzen et al., 2007). Im Gegensatz dazu nimmt die Herzfrequenzvariabilität während der Berührung durch fremde Personen ab (Lindgren et al., 2010). Interessanterweise erhöht sich die Herzfrequenzvariabilität während der Berührung des Unterarms mit einer Geschwindigkeit, die für die Stimulation von C-taktilen Fasern (CT-Fasern) optimal ist (Triscoli et al., 2017). Zudem führte die Umarmung des Partners bei Frauen zu einem niedrigeren Blutdruck (Light et al., 2005). Eine weitere Untersuchung zeigte, dass die Berührung des Partners sowohl bei schmerzhaften als auch nicht schmerzhaften Stimuli Auswirkungen auf die Atemfrequenz hat. Eine Kopplung der Herzfrequenz konnte jedoch nur unter dem Einfluss schmerzhafter Stimuli und gleichzeitiger Berührung festgestellt werden (Goldstein et al., 2017).

Trotz dieser Erkenntnisse ist jedoch noch unklar, ob Misshandlungen im Kindesalter und die damit verbundene Neuroplastizität negative Auswirkungen auf Schlüsselprozesse sozialer Interaktionen wie die zwischenmenschliche Distanz und soziale Berührung haben. Die vorliegende Studie untersucht, ob Veränderungen in der Wahrnehmung von Berührungen auch durch traumatisierende Erfahrungen im Kindesalter ausgelöst werden können. Darüber hinaus soll durch die Verwendung unterschiedlicher Berührungsgeschwindigkeiten geklärt werden, ob bei Probanden mit Kindheitstraumata eher die emotionale Ebene (langsame Berührungen) oder die sensorische Ebene (schnelle Berührungen) der Berührungswahrnehmung verändert ist.

4.2 Physiologische Grundlagen

Die Haut ist das erste sich entwickelnde Sinnesorgan und hat gleichzeitig die größte Repräsentationsfläche im Cortex. Ungefähr 16-18 % des Körpergewichts eines

erwachsenen Menschen werden ihr zugeschrieben (Montagu, 1984). Das somatosensorische System verarbeitet Informationen aus Haut-, Gelenk- und Muskelrezeptoren und dient damit primär der Wahrnehmung sensorischer Qualitäten wie Druck, Berührung, Schmerz und Temperatur (Grefkes und Fink, 2007). Es gibt verschiedene Arten von Rezeptoren, die die Wahrnehmung von Reizen ermöglichen und über unterschiedliche Nervenfasern die Information an das zentrale Nervensystem weiterleiten (McGlone et al., 2014). Die Wahrnehmung der interpersonellen Berührung erfolgt mittels zwei Arten von Fasern über die niedrigschwelligen Mechanorezeptoren. Zum einen über myelinisierte, schnell leitende A β -Fasern (50 m/s) und zum anderen die nicht myelinisierten, langsam leitenden CT-Fasern (1-10 cm/s). Die A β -Fasern übertragen die diskriminativen und sensorischen Qualitäten der Berührungen, die CT-Fasern wiederum die emotionalen und sozialen Qualitäten der Berührung (McGlone et al., 2014). Die Autoren unterscheiden zwischen einem schnellen „*first touch*“-Berührungssystem mit offensichtlichen Vorteilen für diskriminative und sensomotorische Funktionen und einem langsamen „*second touch*“-Berührungssystem mit weniger offensichtlichen Vorteilen für das Überleben (McGlone et al., 2014).

Schon 1939 wurden CT-Fasern das erste Mal beschrieben (Zotterman, 1939). Untersuchungen sowohl an Tieren als auch an Menschen haben gezeigt, wie wichtig die nicht myelinisierten CT-Fasern für die Wahrnehmung von Juckreiz, Temperatur, Schmerz und angenehmer Berührung sind (Bessou et al., 1971; Liljencrantz und Olausson, 2014). Die Bewertung darüber, wie angenehm eine Berührung ist, unterliegt dem sogenannten Top-down-Effekt, welcher durch Aspekte wie Geschlecht, Kontext oder kulturelle Faktoren beeinflusst wird (Cascio et al., 2019). Nicht nur die Geschwindigkeit der Berührungen beeinflusst die Aktivierung der CT-Fasern, sondern auch die Temperatur, bei der diese stattfindet. Die CT-Fasern sind unter den Afferenzen der Mechanorezeptoren einzigartig, da sie bevorzugt auf langsame Stimuli bei einer neutralen Temperatur reagieren, welche eher dem Niveau der Hauttemperatur als kühleren oder wärmeren Temperaturen entspricht (Ackerley et al., 2014). CT-Fasern befinden sich in der behaarten Haut von Menschen und anderen Säugetieren. Hinweise von PatientInnen ohne myelinisierte taktile Afferenzen deuten darauf hin, dass die Signalübertragung in diesen Fasern den insulären Cortex aktiviert. Da dieses System schlecht in der Lage ist, diskriminative Aspekte der Berührung zu kodieren, aber gut geeignet ist, langsame, sanfte Berührungen zu kodieren,

können CT-Fasern in der behaarten Haut Teil eines Systems zur Verarbeitung angenehmer und sozialer Aspekte der Berührung sein (Olausson et al., 2010). Die neuronalen Aktivitäten, die durch Berührungen ausgelöst werden, sind von hoher Relevanz um die Auswirkungen untersuchen zu können. Die Reize, die über die Haut aufgenommen werden, aktivieren den primären und sekundären somatosensorischen Cortex auf der kontralateralen Seite. Außerdem werden der kontralaterale insuläre Cortex, der prämotorische Cortex (Olausson et al., 2002), der *Sulcus temporalis superior posterior*, ACC und PFC (Cascio et al., 2019; Kida und Shinohara, 2013; Olausson et al., 2002) angesprochen. Die kortikalen Bereiche, welche die positiven und negativen Aspekte der Berührungen wahrnehmen, wurden mit Hilfe der fMRT untersucht, indem Aktivierungen durch angenehme Berührung, schmerzhaft Berührung und neutrale Berührung der linken Hand verglichen wurden. Es zeigte sich, dass die orbitofrontalen Cortexen eher durch angenehme bzw. schmerzhaft Berührungen aktiviert wurden und nicht durch neutrale Berührungen. Durch die angenehmen bzw. die schmerzhaften Berührungen wurden unterschiedliche Bereiche des orbitofrontalen Cortex aktiviert. Die Aktivierung des orbitofrontalen Cortex, die mit den affektiven Aspekten der Berührung zusammenhängt, wurde durch diese angenehmen und schmerzhaften Reize weniger aktiviert. Die neutralen Stimuli erzeugten keine Aktivierung (Rolls et al., 2003).

Der posterioren Insula werden vor allem die Wahrnehmung von Berührungen mit einer Geschwindigkeit von 3 cm/s zugeschrieben, was auf eine Aktivierung durch die Erregung der CT-Fasern hindeutet (Morrison et al., 2011). Bei einer Metaanalyse von Kurth et al. (2010) wurde die menschliche Insula in vier funktionell unterschiedliche Regionen eingeteilt: eine sensomotorische Region in der mittleren posterioren Insula, eine zentral-olfaktogustatorische Region, eine sozioemotionale Region in der anterior-ventralen Insula und eine kognitive anterior-dorsale Region. Die posteriore Insula wurde auch mit Faktoren wie Schmerz und Interozeption in einen Zusammenhang gebracht (Kurth et al., 2010). Eine Reaktion auf das sanfte Streichen des Armes sowie der Handinnenfläche zeigte die Beteiligung von verschiedenen Hirnregionen zusätzlich zur posterioren Insula durch die Aktivierung der CT-Fasern. Es sind die Bereiche, von denen bekannt ist, dass sie an sozialer Wahrnehmung und sozialer Interaktion beteiligt sind, wie z. B. der *Sulcus temporalis superior posterior*, ACC und mPFC. Bei Konnektivitätsanalysen wurde bei der Aktivierung der ACC und des mPFC während der Berührung des Armes eine Co-

Aktivierung der linken Insula und der Amygdala bemerkt, was auf deren funktionelle Verbindung hindeutet. Diese Befunde charakterisieren ein Netzwerk von Hirnregionen jenseits der Insula, die an der Verarbeitung der CT-gesteuerten affektiven Berührung beteiligt sind (Gordon et al., 2013).

5. Hypothesen

Forschungen und Publikationen konnten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Erfahrung eines Kindheitstraumas und dem Vorliegen von emotionalen Störungen wie PTBS oder Depression im Erwachsenenalter feststellen. In anderen Studien wiederum konnte nachgewiesen werden, dass solche Erkrankungen mit einem verminderten Volumen bestimmter Areale des Gehirns einhergingen, insbesondere solcher, die für die Sprachverarbeitung, die Verarbeitung emotionaler Reize und die Verbindung zur visuellen Wahrnehmung zuständig sind. Auch ein vermindertes Gesamtvolumen der grauen Gehirnssubstanz wurde festgestellt, ebenso wie ein Zusammenhang zwischen Kindheitstraumata und funktionellen Veränderungen wie einer Hyperresponsivität der Amygdala und einer Hemmung des Sympathikus.

Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse stellt die vorliegende Ausarbeitung die Forschungsfrage, ob bei Personen, die ein Kindheitstrauma erlitten, ein Zusammenhang zwischen der subjektiven Wahrnehmung sozialer Berührungen und der individuellen Umbildung der Gehirnstruktur feststellbar ist. Untersucht werden soll, ob bei Betroffenen beispielsweise die stark positive oder negativ empfundene Wahrnehmung einer Berührung feststellbar ist, die mit Veränderungen in bestimmten Teilen des Gehirns korreliert.

Es wäre z. B. anzunehmen, dass bei Vorhandensein einer solchen Korrelation insbesondere die Gehirnareale betroffen sind, bei denen Veränderungen aufgrund von Traumata bereits festgestellt wurden. Es ist allerdings auch denkbar, dass solche Korrelationen in anderen Bereichen auftreten. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden zu Beginn der Studie folgende Arbeitshypothesen aufgestellt, die mittels der in Kapitel sechs beschriebenen Methoden überprüft wurden:

- Kindheitstraumata führen zu einer veränderten behavioralen Verarbeitung von sozialen Berührungen.

- Kindheitstraumata führen zu einer veränderten interpersonellen Distanz.
- Kindheitstraumata verändern das Volumen der grauen Substanz derart, dass (soziale) Berührungen verändert wahrgenommen werden.

Die Hypothesen und mögliche Befunde beziehen sich ausschließlich auf erwachsene Personen. Für Aussagen zu den jeweiligen möglicherweise auftretenden Veränderungen bei Kindern und Jugendlichen sind weitere Studien notwendig.

6. Material und Methoden

Die Studie wurde von der lokalen Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn (BRD) genehmigt (Anerkennung 158/15) und in der Datenbank ClinicalTrials.gov (Identifizier: NCT03421587) des *National Institutes of Health* (USA) registriert. Alle TeilnehmerInnen gaben nach der Aufklärung eine schriftliche Einwilligung ab. Die Studie wurde in Übereinstimmung mit der letzten Revision der Erklärung von Helsinki des Weltärztebundes (*World Medical Association*) von 1964 durchgeführt. Alle Daten (behaviorale und fMRT) wurden in Bonn erhoben.

6.1 StudienteilnehmerInnen

Für die vorliegende Studie wurden insgesamt 120 ProbandInnen untersucht, die unterschiedliche Formen von Kindheitstraumata aufwiesen. Ausschlusskriterien waren psychotische Störungen, neurologische Anomalien, Schädel-Hirn-Traumata in der Anamnese, die Einnahme psychotroper Medikamente und Kontraindikationen für eine MRT-Untersuchung. 28 ProbandInnen wurden aufgrund dieser Kriterien von der Studienteilnahme ausgeschlossen. Getestet wurden insgesamt 92 ProbandInnen, davon 64 Frauen und 28 Männer im Alter von 18 bis 55 Jahren. Das Durchschnittsalter lag bei 27,8 Jahren mit einer Standardabweichung (SD) von achteinhalb Jahren. Die Anwerbung der ProbandInnen erfolgte im Zeitraum von November 2015 bis Juli 2017 über Online-Anzeigen und öffentliche Aushänge. Die ProbandInnen wurden im Vorfeld über den Ablauf der Studie aufgeklärt. Die Bestätigung über die Aufklärung sowie die jederzeit widerrufbare Einverständniserklärung zur Teilnahme der ProbandInnen wurden schriftlich eingeholt. Die TeilnehmerInnen erhielten am Ende des Experiments eine finanzielle Aufwandsentschädigung für ihre Teilnahme.

Alle potenziellen TeilnehmerInnen wurden anhand des strukturierten klinischen Interviews für DSM-IV (Wittchen et al., 1997) gründlich auf eine lebenslange Vorgeschichte psychiatrischer Störungen untersucht. Die *Clinician-Administered PTSD Scale* (CAPS) wurde zur Diagnose und Messung des Schweregrades der aktuellen PTBS verwendet (Weathers et al., 2018). Zur Erhebung wurde der *Child Trauma Questionnaire* (CTQ) eingesetzt, dessen Zuverlässigkeit in der vorliegenden Stichprobe hoch war (Cronbachs Alpha = 0,94). Die allgemeine Einstellung gegenüber Berührungen wurde mit Hilfe eines Fragebogens zur sozialen Berührung erhoben (Wilhelm et al., 2001). Sieben TeilnehmerInnen mussten wegen technischer Fehlfunktionen oder starker Kopfbewegung ($> 0,3 \text{ mm}^{\circ}$) aus der fMRT-Analyse ausgeschlossen werden. Daher wurden insgesamt 85 TeilnehmerInnen in die abschließenden Analysen eingeschlossen.

6.2 Studienablauf

An zwei Studienterminen sowie in einem telefonischen Gespräch mit den ProbandInnen wurden die Ein- und Ausschlusskriterien kontrolliert. Der erste Termin diente der ausführlichen Aufklärung der ProbandInnen, der schriftlichen Einwilligung sowie psychometrischen Tests zum Ausschluss psychiatrischer Erkrankungen einschließlich der persönlichen und computergestützten Beantwortung von Fragebögen. Dabei 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 in einem persönlichen Gespräch durchgeführt. Des Weiteren wurden in einem persönlichen Interview mit Hilfe der *Clinician-Administered PTSD-Scale* (CAPS) (Weathers et al., 2018) eine mögliche PTBS und die Symptomschwere erfasst. Im weiteren Verlauf wurde auch der 25 Items umfassende retrospektive CTQ-Fragebogen verwendet, um die Misshandlungen und Vernachlässigung in der Vorgeschichte zu beurteilen. Der CTQ misst fünf Arten von Misshandlung: emotionalen, körperlichen und sexuellen Missbrauch sowie emotionale und körperliche Vernachlässigung (Bernstein et al., 1994). Depressive Symptome innerhalb der letzten zwei Wochen und subjektiver Stress im vergangenen Monat wurden mit dem *Beck Depression Inventory II* (BDI II) (Beck et al., 1996) und der *Perceived Stress Scale* (PSS) (Cohen et al., 1983) erfasst. Außerdem wurde ein Fragebogen des *Social Touch Questionnaires* (STQ) zu Berührungen (Wilhelm et al., 2001) benutzt.

Der zweite Termin beinhaltete die fMRT-Messung und umfasste neben einer strukturellen MRT-Messung ein Paradigma zur Messung der Verarbeitung von Berührungsreizen. Darüber hinaus wurde an diesem Termin ein Verhaltensexperiment zur interpersonellen Distanz (IPD) durchgeführt. Im Rahmen dieser Doktorarbeit sollen Zusammenhänge zwischen möglichen strukturellen Veränderungen und sozialer Berührung untersucht werden. Am Messtag wurde von den ProbandInnen ein selbstverfasster *Screening*-Fragebogen zur Erfassung allgemeiner Informationen ausgehändigt. Diese beinhalteten Fragestellungen nach der Schlafdauer der letzten Nacht, dem Alkoholkonsum am Vortag, dem Kaffeekonsum, den zu sich genommenen Speisen, dem Hungergefühl, der sportlichen Aktivität und dem allgemeinen Befinden am *Screening*-Tag selbst. Weiterhin wurden der Ablauf und die Paradigmen erklärt und die ProbandInnen wurden für die fMRT-Untersuchung vorbereitet. Während der fMRT-Untersuchung wurden durchgehend die Atmung und die Herzfrequenz gemessen. Dies wurde mithilfe eines um den Brustkorb gelegten Gurtes und eines Photoplethysmogramms an einer der Zehen sichergestellt. Die ProbandInnen bekamen zwei Antwortgriffe für das behaviorale Experiment, deren Handhabung im Vorfeld erklärt wurde. Nach der fMRT-Messung wurde das IPD-Experiment durchgeführt.

6.3 Fragebögen

Im Rahmen des ersten Termins der Studie wurden mit den ProbandInnen verschiedene Fragebögen bearbeitet und Interviews durchgeführt. Es erfolgte sowohl ein persönliches Gespräch als auch eine Selbstbeurteilung.

Zum einen wurde das Strukturierte Klinische Interview für DSM-IV, Achse I und Achse II (SKID I und II) durchgeführt (Wittchen et al., 1997). Das Strukturierte Klinische Interview für DSM-IV (SKID) ist ein verbreitetes Verfahren zur Diagnostik psychischer Störungen und Persönlichkeitsstörungen nach dem Klassifikationssystem der Psychiatrie DSM-IV (*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*). Das SKID I befasst sich mit psychischen Störungen und das SKID II mit Persönlichkeitsstörungen. Das SKID I dient der Erfassung und Diagnostik ausgewählter psychischer Syndrome und Störungen und ist grundsätzlich ein Leitfaden für das Interview. Es beginnt mit einem offenen, wenig strukturierten Anamneseabschnitt, worauf ein strukturierter Teil folgt. In diesem strukturierten Teil wird nach eindeutig formulierten diagnostischen Kriterien gefragt,

welche in zehn Sektionen (A bis J) eingeteilt sind. Diese Sektionen sind affektive Syndrome, psychotische Symptome, Differentialdiagnosen psychotischer Störungen, Differentialdiagnosen affektiver Störungen, Missbrauch und Abhängigkeit von psychotropen Substanzen, Angststörungen, somatoforme Störungen, Essstörungen, Anpassungsstörungen sowie optionale Störungen. Durch das SKID II können die auf der Achse II aufgeführten Persönlichkeitsstörungen diagnostiziert werden, wie selbstunsichere, dependente, zwanghafte, negativistische, depressive, paranoide, schizotypische, schizoide, histrionische, narzisstische, Borderline- und antisoziale Persönlichkeitsstörungen. Der erste Teil des SKID II ist ein Fragebogen zur Selbstbeurteilung. Im zweiten Teil (Interview) werden Detailfragen ausschließlich zu den Sektionen gestellt, welche in der Selbstbeurteilung von den PatientInnen bejaht wurden.

Die CAPS ist ein persönliches Interview mit dem Ziel, gegebenenfalls eine PTBS-Diagnose zu stellen und den Schweregrad der PTBS-Symptome zu messen (Weathers et al., 2018). Zusätzlich zur Bewertung der 20 DSM-5-PTBS-Symptome zielen die Fragen unter anderem auf den Beginn und die Dauer der Symptome, den subjektiven Stress, den Einfluss der Symptome auf die soziale und berufliche Funktionsfähigkeit, den Gesamtschweregrad der PTBS und Spezifikationen für den dissoziativen Subtyp (Depersonalisierung und Derealisierung) ab. Für jedes Symptom werden standardisierte Fragen benutzt. Die Verabreichung erfordert die Identifizierung eines Indexereignisses, das als Grundlage für die Untersuchung der Symptome dient. Das vollständige Interview dauert ungefähr 45-60 Minuten. Es gibt drei Versionen des CAPS, die unterschiedliche Zeiträume abdecken: die vergangene Woche, den letzten Monat und den schlimmsten Monat (Lebenszeit).

Neben der CAPS kam der CTQ-Fragebogen zum Einsatz (Bernstein et al., 1994). Der CTQ ist ein Selbstbeurteilungsfragebogen, um retrospektiv Missbrauch und Vernachlässigung im Sinne einer Kindheitstraumatisierung (*Childhood Maltreatment*, CM) in der Vergangenheit zu erfassen. In der vorliegenden Studie wurden die ProbandInnen anhand des ermittelten CTQ-Summenwertes mittels eines Tertialsplits in drei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe (*CM Low*, N = 33) entspricht einem Mittelwert (MW) des CTQ-Summenwertes von 26,61 (SD = 0,28), die zweite Gruppe (*CM Medium*, N = 30) einem Summenwert von 35,53 (SD = 0,67) und die dritte Gruppe (*CM High*, N = 29) einem

Summenwert von 63,35 (SD = 2,61). Die ProbandInnen bewerten das Auftreten von Misshandlung auf einer fünfstufigen Skala, die von „überhaupt nicht“ (1) bis „sehr häufig“ (5) reicht. Der Fragebogen besteht aus fünf Subskalen, wie emotionale Misshandlung, körperliche Misshandlung, sexueller Missbrauch, emotionale Vernachlässigung, körperliche Vernachlässigung und einer zusätzlichen Bagatellisierungsskala, die aus drei Bereichen besteht. Der Gesamtwert jeder Misshandlungssubskala reicht von fünf Punkten (keine Misshandlung in der Kindheit und Jugend) bis zu 25 Punkten (sehr starke Erfahrungen von Misshandlung).

Ferner wurde auch das BDI II in der Studie eingesetzt. Das BDI II ist ein psychologisches Testverfahren, welches die Schwere depressiver Symptome erfasst (Beck et al., 1996). Hierbei geben die ProbandInnen in einem Fragebogen an, wie sie sich in den letzten Wochen gefühlt haben. Der Fragebogen besteht aus 21 Kategorien mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten, aus denen je eine gewählt wird. Es können 0-63 Punkte erreicht werden. Die Addition der Punkte der einzelnen Kategorien ergibt das Endergebnis, welches mit den *Cut-off*-Werten verglichen wird und so den Schweregrad der Depression ermittelt: 0-14 = unauffällig, 14-19 = milde depressive Symptomatik, 20-28 = moderate depressive Symptomatik, 29-63 = schwere depressive Symptomatik.

Um das Stressempfinden zu beurteilen, haben die ProbandInnen in der vorliegenden Studie das PSS beantwortet (Cohen et al., 1983). Der Fragebogen beinhaltet 34 Fragen, welche auf einer Skala von null („nie“) bis vier („sehr oft“) beantwortet werden können. Dieser Fragebogen dient zur Selbsteinschätzung des im letzten Monat erlebten Stresses.

Hinsichtlich der Reaktion auf Berührungen und soziale Interaktion haben die ProbandInnen den STQ-Fragebogen ausgefüllt (Wilhelm et al., 2001). Dieser Fragebogen beinhaltet 20 Items, welche auf einer fünfstufigen Skala von „überhaupt nicht“ bis „extrem“ bewertet werden.

6.4 fMRT-Experiment

Während der fMRT-Messung wurde das Experiment zur sozialen Berührung durchgeführt. In diesem Experiment wurden die ProbandInnen aufgefordert, die Berührungen auf einer Skala von „überhaupt nicht beruhigend“ bis zu „sehr beruhigend“ zu bewerten und dabei wurde die Hirnaktivität gemessen. Für dieses Experiment wurde

eine angepasste Variante des Berührungsparadigmas von McGlone et al. (2012) verwendet. Dieses Paradigma ist in Abbildung 1 zu sehen.

Den ProbandInnen wurde vor der fMRT-Messung eine 20 cm lange Linie auf die Schienbeine gezeichnet. Während des Experiments wurde die Berührung entlang dieser Linie von proximal nach distal durchgeführt. Den ProbandInnen wurden während des fMRT-Experimentes unter Verwendung eines 32-Zoll MRT-kompatiblen TFT-LCD-Monitors (NordicNeuroLab, Bergen, Norwegen) visuelle Hinweise präsentiert. Der Monitor wurde im hinteren Teil der Magnetöffnung platziert. Die TeilnehmerInnen gaben ihre Antworten unter Verwendung eines MRT-kompatiblen *Response*-Griffsystems (NordicNeuroLab, Bergen, Norwegen). Mit zwei Tasten wurde der Cursor auf der visuellen Analogskala nach links und rechts bewegt und die ProbandInnen bestätigten ihre Antworten durch das Drücken einer dieser Tasten. Die ProbandInnen wurden im Voraus über die Handhabung des Griffsystems aufgeklärt. Des Weiteren wurde auch ein Probedurchlauf durchgeführt. Im Experiment sollten die ProbandInnen zunächst drei Sekunden auf ein Kreuz auf dem Bildschirm schauen, welches zwischen den Stimuli präsentiert wurde. In 50 % der Fälle wurde durch das blaue Anfärben des Kreuzes eine Berührung angekündigt. Die einzelnen Berührungen wurden entlang der im Voraus gezeichneten Linie durch den Versuchsleiter durchgeführt. Diese taktilen Stimulationen erfolgten entweder als eine einzelne langsame Berührung mit einer Geschwindigkeit von ~ 5 cm/s (entspricht der optimalen CT-Fasern-Stimulationsgeschwindigkeit) oder als vier schnelle Berührungen mit einer Geschwindigkeit von ~ 20 cm/s (nicht optimale CT-Fasern-Stimulationsgeschwindigkeit). Jede Berührung sollte von den ProbandInnen auf einer Analogskala von 0 = „überhaupt nicht beruhigend“ bis 100 = „sehr beruhigend“ bewertet werden. Das Paradigma dauerte etwa 20 Minuten und beinhaltete insgesamt 100 Durchläufe (*fast announced*, *slow announced*, *fast unannounced*, *slow unannounced*) in einer randomisierten Reihenfolge. Damit eine gleichmäßige Berührung bei den ProbandInnen unabhängig vom Versuchsleiter gewährleistet werden konnte, wurden die Versuchsleiter im Voraus geschult und während des Experiments mittels Audiosignalen unterstützt. Außerdem wurden stets Baumwollhandschuhe benutzt, um individuelle Aspekte der Temperaturwahrnehmung und eine unterschiedliche Gleitfähigkeit u. a. bedingt durch trockene Haut, Behaarung oder Schweiß weitgehend auszuschließen. Um die Top-down-Faktoren wie das Geschlecht, das Alter und die empfundene Sympathie

gegenüber dem Versuchsleiter auszuschließen, wurde die Öffnung des MRTs mit einem schwarzen Tuch abgedeckt, so dass die ProbandInnen die berührende Person nicht sehen konnten.

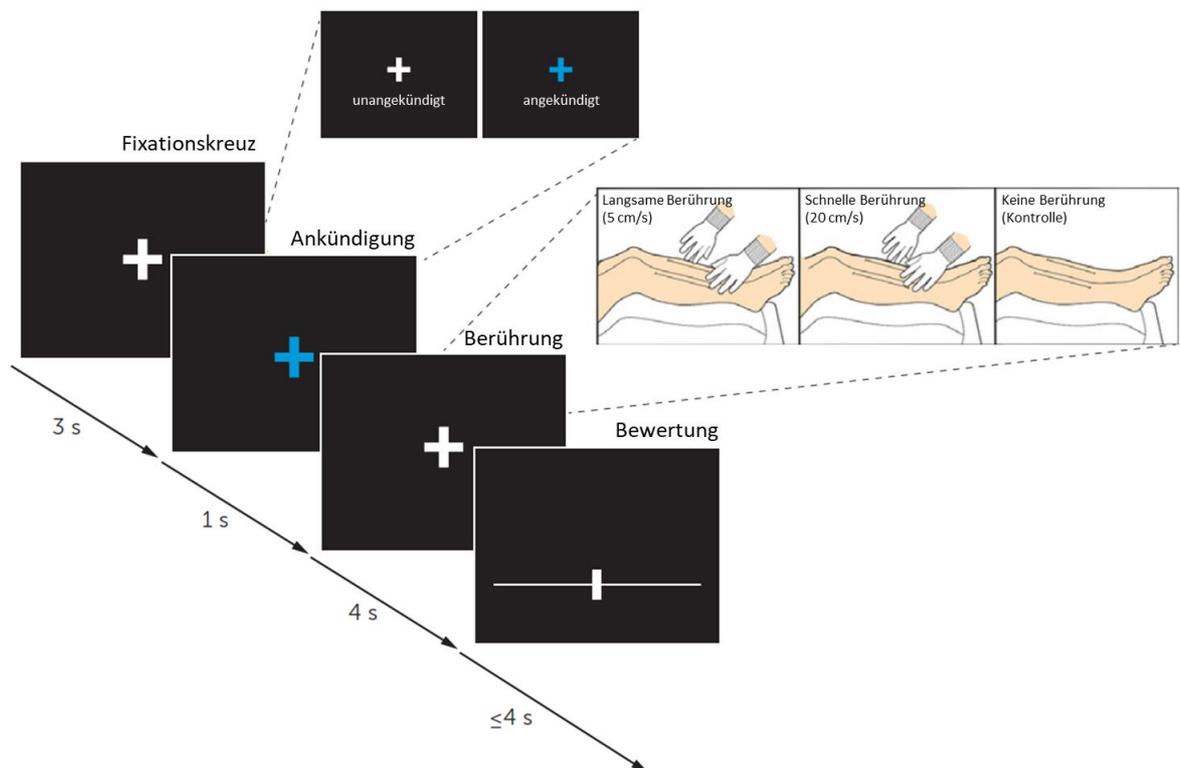


Abb. 1: Berührungspfadparadigma (modifiziert nach Maier et al., 2020)

6.5 MRT-Datenerhebung

Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) ist ein bildgebendes Verfahren, welches mit Verwendung eines starken Magnetfeldes und Hochfrequenzimpulsen aktivierte Hirnareale räumlich abbilden kann. Es ist eine seit Jahrzehnten bewährte und vor allem nicht invasive Untersuchungsmethode. Im Gegensatz zur Computertomographie (CT) oder Röntgen werden hier keine ionisierende Strahlung oder Kontrastmittel verwendet. Eine fMRT-Untersuchung kann aus drei Teilen bestehen: dem *Pre-Scan*, wodurch die

korrekte Lagerung der ProbandInnen geprüft wird, dem anatomischen MRT-Scan, um die Anatomie des zu untersuchenden Bereichs darzustellen und dem eigentlichen fMRT-Scan, welcher Durchblutungsunterschiede im untersuchten Gewebe darstellt.

Beim MRT wird die Eigenschaft der Protonen genutzt, sich mit einer bestimmten Frequenz, um sich selbst zu drehen, wodurch ein kleines Magnetfeld erzeugt wird. Die Achse dieses Magneten ist von Proton zu Proton unterschiedlich. Durch das Magnetfeld werden die Protonen (Wasserstoff-Protonen H^+) angeregt oder relaxiert, was zur Entstehung von magnetischen Impulsen führt, welche gemessen werden können. Dabei werden zwei Arten von Aufnahmen unterschieden: die T1-gewichtete Aufnahme und die T2-gewichtete Aufnahme. Als T1-Zeit, welche 0,5-5 Sekunden beträgt, wird der Zeitpunkt beschrieben, an dem 63 % der Protonen in Längsrichtung relaxiert sind. Sind wiederum 63 % der Protonen in Querrichtung relaxiert, spricht man von der T2-Zeit, welche 0,1-0,3 Sekunden beträgt. Die anatomische T1-gewichtete Aufnahme ist wegen ihrer hohen Auflösung für die Darstellung von Hirnstrukturen geeignet, die T2-gewichtete Aufnahme eignet sich eher zur Darstellung von neuronalen Aktivitäten. Das oxygenierte Hämoglobin ist diamagnetisch und hat somit kein magnetisches Moment. Desoxygeniertes Hämoglobin wiederum ist paramagnetisch und dementsprechend magnetisierbar. Aufgrund dieser Eigenschaften erzeugen das sauerstoffreiche und das sauerstoffarme Blut unterschiedliche Signale im fMRT, deren Unterschied als BOLD-Effekt (*Blood Oxygen Level Dependent*) bezeichnet wird (Huettel et al., 2008). Der BOLD-Effekt wird daher zur Untersuchung der Hirnfunktion genutzt. Wird ein Areal im Gehirn aktiviert, kommt es in diesem zu einem erhöhten Sauerstoffbedarf. Dieser Bedarf wird durch einen gesteigerten zerebralen Blutfluss gedeckt. Dies erfolgt jedoch erst nach einer Latenzzeit von ein bis zwei Sekunden, in der das Desoxyhämoglobin überwiegt – der sogenannte „*initial dip*“. Nachfolgend kommt die eigentliche BOLD-Antwort durch den Zufluss des oxygenierten Hämoglobins und die entsprechende Signaländerung. Sobald der Sauerstoff verbraucht ist und das Desoxyhämoglobin überwiegt, kommt es zum 30 Sekunden langen „*undershoot*“. Daher ist es wichtig bei der Wahl der Abstände zwischen den Stimuli, in diesem Fall den Berührungen, die BOLD-Antwort zu berücksichtigen, um eine Überlappung zwischen dem Signal durch eine Aktivierung und dem Signal des „*undershoot*“ der vorangegangenen Stimulation zu vermeiden. Durch statistische Testverfahren gelingt es, Ruhezustand und aktivierten Zustand zu vergleichen. So lassen

sich in der hier vorliegenden Studie diejenigen Hirnareale bestimmen, welche durch langsame sowie schnelle Berührungen aktiviert werden.

Die fMRT-Daten wurden unter Verwendung eines Siemens MAGNETOM Trio MRT-Systems (Siemens, Erlangen, Deutschland) gesammelt. Die Feldstärke dieses MRT beträgt drei Tesla, und es wurde eine 32-Kanal-Kopfspule (Siemens, Erlangen, Deutschland) benutzt. Für die Untersuchung der Aktivierung der Hirnareale wurden mittels des BOLD-Kontrastes T2-gewichtete echoplanare (EPI) Bilder gewonnen. Bei dem BOLD-Kontrast betrug die Repetitionszeit (TR) 2690 Millisekunden und die Echozeit (TE) 30 Millisekunden. Die Pixelgröße war 2 x 2 x 3 mm und es wurden 41 axiale Schichten mit einer Schichtdicke von 3,0 mm und einem Schichtabstand von 10 % aufgenommen. Das sichtbare Feld der gemessenen Schichten (FoV) betrug 192 mm mit einem Anregungswinkel (flip angle) von 90°. Die hochauflösenden anatomischen Bilder wurden mittels der T1-gewichteten 3D MPRAGE-Sequenz (*Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo*) im gleichen Scanner gewonnen. Bei diesen Aufnahmen betragen die Bildparameter TR = 1660 ms, TE = 2,54 ms, die Matrixgröße 256 x 256 und die Pixelgröße 0,8 x 0,8 x 0,8 mm, FoV = 256 mm und Flip-Winkel 9°. Es wurden 208 sagittale Schichten mit einer Schichtdicke von 0,8 mm aufgenommen (Maier et al., 2020).

6.6 Datenanalyse

Die Auswertung der gewonnenen fMRT-Daten erfolgte mit der SPM12-Software (Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London, Vereinigtes Königreich; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>) in MATLAB R2010b (MathWorks, Natick, Massachusetts, USA).

Die Voxel-basierte-Morphometrie-(VBM-)Analyse konzentrierte sich auf eine Reihe von *a priori* bestimmten bilateralen *Regions of Interest* (ROIs), bestehend aus Amygdala, Hippocampus, Insula und somatosensorischem Cortex (SC), die anatomisch gemäß dem *Wake Forest University Pick Atlas* (Version 3.0) definiert wurden. Die P-Werte wurden für multiple Vergleiche korrigiert, basierend auf der FWE-Rate (*Family Wise Error*) und $p < 0,05$ wurde als signifikant angesehen. Die anatomische Benennung von Hirnarealen wurde mit Hilfe der AAL-Toolbox (<http://www.gin.cnrs.fr/AAL>) durchgeführt (Tzourio-Mazoyer et al., 2002). Werte für das Volumen der grauen Substanz (GMV) wurden aus

den signifikanten Clustern der regionsspezifischen VBM-Analyse mit Hilfe des `get_totals`-Skripts (<http://www.nemotos.net/?p=292>) extrahiert.

6.6.1 Statistische Analyse

Die statistische Analyse der behavioralen, psychometrischen und demografischen Daten erfolgte mit der Software SPSS 24 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Quantitative behaviorale Daten wurden mit Hilfe gemischter Varianzanalysen (*Analysis of Variance*, ANOVA), einfaktorieller ANOVAs und Zweistichproben-t-Tests verglichen. Die Produkt-Moment-Korrelation von Pearson wurde für die Korrelationsanalyse verwendet. Das partielle Eta-Quadrat und Cohens wurden als Maße für die Effektstärke berechnet. Mögliche soziodemografische und psychometrische *A-priori*-Unterschiede zwischen den drei CM-Gruppen wurden mithilfe von Pearsons *Chi*-Quadrat-Test und einfaktoriellen ANOVAs untersucht. Fishers R-to-Z-Transformation wurde zum Vergleich der Korrelationskoeffizienten verwendet. Die P-Werte sind für direktionale *Post-hoc*-Statistiken einseitig und für alle anderen Analysen zweiseitig gemessen worden. Die *Post-hoc*-t-Tests wurden mittels der Bonferroni-Korrektur revidiert, um sie für mehrere Vergleiche zu berücksichtigen.

6.6.2 VBM-Analyse

Die GMV-Daten wurden mit der SPM12 Software unter Verwendung einer absoluten Schwellenwertmarkierung (*Absolute Threshold Masking*) von 0,1 analysiert. Alle T1-gewichteten Aufnahmen wurden auf *Bias-Field*-Inhomogenitäten korrigiert. Die Aufnahmen wurden an das aktuelle Template des *Montreal Neurological Institutes* (MNI) angepasst und auf eine Voxelgröße von 1,5 x 1,5 x 1,5 mm ausgerichtet. Die Anpassung erfolgte mittels des DARTEL-Algorithmus („*diffeomorphic anatomical registration through exponentiated lie*“ (Ashburner, 2007)). Die Homogenität der Aufnahmen der grauen Substanz wurde mittels einer Kovarianzstruktur für jedes Bild mit allen anderen Bildern überprüft. Zusätzlich zu den visuellen Inspektionen haben alle Scans auch ein automatisiertes Qualitätsprüfungsprotokoll bestanden. Anschließend wurden die GMV-Aufnahmen mit einem isotropen Gaußkern von maximal 8 mm FWHM geglättet.

Aufgrund der *A-priori*-Hypothese zu GMV-Reduktionen in Verbindung mit Kindheitstraumata basierend auf der Grundlage früherer Arbeiten wurden die CM-

Gruppen gegenübergestellt und die Kontraste ([low CM > high CM]), ([low CM > medium CM]) und ([medium CM > high CM]) analysiert (Dannlowski et al., 2012; Lim et al., 2014).

7. Ergebnisse

7.1 Ergebnisse der Fragebögen

92 ProbandInnen wurden insgesamt untersucht. In der Stichprobe waren 60,9 % der ProbandInnen mindestens einem Typ von Kindheitstraumata ausgesetzt. Bei 42,4 % der ProbandInnen wurden zwei oder mehr Typen von Kindheitstraumata ermittelt. Tabelle 1 zeigt die Verteilung von psychischen Störungen in der Stichprobe.

In Tabelle 2 sind Art und Häufigkeit der Exposition gegenüber Misshandlungen in der Kindheit aufgelistet. Demografische und psychometrische Merkmale der Stichprobe sowie die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Fragebögen werden in Tabelle 3 dargestellt. Die Tabellen sind auf den nachfolgenden beiden Seiten dargestellt.

Tab 1: Verteilung der Psychischen Störung in der Stichprobe

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 die PTBS diagnostiziert und der Schweregrad festgestellt

Psychische Störungen	Anzahl der ProbandInnen
Posttraumatische Belastungsstörung (PTBS)	7
Depressive Störungen	28
Angststörungen	16
Alkoholmissbrauch und -abhängigkeit	6
Borderline-Persönlichkeitsstörungen Zwangsstörungen	4
Essstörungen	4
Substanzmissbrauch und -abhängigkeit	2
Persönlichkeitsstörung	5
Keine Psychische Störungen	20

Tab 2: Art und Häufigkeit der Exposition von Misshandlungen

Misshandlungen in der Kindheit umfassen alle Berichte über leichte bis extreme Misshandlungs-expositionen in mindestens einem Teilbereich der Misshandlung in der Kindheit, basierend auf der Klassifikation von Bernstein et al. (1994).

Art der Misshandlung	%
Emotionaler Missbrauch	39,1
Körperlicher Missbrauch	22,8
Sexueller Missbrauch	19,6
Emotionale Vernachlässigung	47,8
Körperliche Vernachlässigung	34,8
Jede CM-Art	60,9
Exposition gegenüber 1 CM-Art	18,5
Exposition gegenüber ≥ 2 CM-Arten	42,4

Tab 3: Merkmale der Stichproben (Mittelwerte)

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 des Childhood-Trauma-Questionnaire-(CTQ-)Summenwertes eingeteilt (CM-Gruppen Low, Medium und High) CM = Misshandlung in der Kindheit (Maier et al., 2020).

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

7.2 Behaviorale Ergebnisse

Eine 2 x 2 x 3 gemischte ANOVA wurde benutzt, um die behavioralen Daten auszuwerten. Die Messwiederholungsfaktoren waren zum einen die Ankündigung der Berührung

(angekündigt und unangekündigt) und zum anderen die Berührungsgeschwindigkeit (*slow* und *fast*). Der Gruppenfaktor entsprach der Kindheitstraumata-Gruppe (*low*, *medium*, *high*). Der Haupteffekt, der durch diese ANOVA gezeigt wurde, bezog sich auf die Ankündigung der Berührung ($F_{(1,89)} = 4,09$, $P = 0,046$, $\eta_p^2 = 0,04$) und die Berührungsgeschwindigkeit ($F_{(1,89)} = 61,3$, $P < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,41$) sowie eine Interaktion der Berührungsgeschwindigkeit und Kindheitstraumata-Gruppe ($F_{(1,89)} = 3,02$, $P = 0,045$, $\eta_p^2 = 0,07$). Die schnelle Berührung und die unangekündigte Berührung wurden in der gesamten Stichprobe als weniger beruhigend bewertet. Durch die Ankündigung der Berührung wurde der Effekt der Kindheitstraumata nicht verändert (alle P -Werte $> 0,44$). Die unterschiedlich bewerteten Berührungen zwischen den einzelnen CM-Gruppen wurden in den *Post-hoc*-Zweistichproben- t -Tests analysiert. Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen der *High*-CM-Gruppe und der *Medium*-CM-Gruppe. Die ProbandInnen der ersten Gruppe, *high* CM, bewerteten schnelle Berührungen weniger beruhigend als die zweite Gruppe ($t = -2,36$, $df = 57$; Bonferroni korrigierter $P = 0,03$; $d = 0,63$). Auch in der Bewertung, wie beruhigend sich die schnelle Berührung anfühlt, gab es signifikante Unterschiede zwischen der *Low*-CM-Gruppe und der *High*-CM-Gruppe ($t = -3,36$, $df = 60$; Bonferroni korrigierter $P = 0,002$; $d = 0,86$). Bei den langsamen Berührungen wurden dagegen keine signifikanten Unterschiede ermittelt (alle P -Werte $> 0,29$). Eine weitere Regressionsanalyse mit langsamen und schnellen Berührungen als unabhängiger Variable und der CM-Gruppe als abhängiger Variable ergab, dass ProbandInnen mit einem höherem CTQ-Summenwert die schnellen Berührungen als weniger beruhigend empfanden ($\beta = -0,41$; $P < 0,001$). Das bedeutet, dass 16,6 % der Varianz durch das Modell erklärt werden können ($R^2 = 0,17$; $F_{(1,91)} = 17,87$, $P < 0,001$). Bei langsamen Berührungen konnte der CTQ-Summenwert keine Vorhersage über die empfundene Beruhigung machen ($P = 0,69$). Für die Kontrollbedingung „*No Touch*“ gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den CM-Gruppen ($P = 0,26$). Dies wurde mit einer einfaktoriellen ANOVA ermittelt. Eine signifikante negative Korrelation ergab sich zwischen dem Verlust des sexuellen Interesses (Item 21, BDI II) und der bewerteten Beruhigung durch die schnellen Berührungen ($r = -0,28$; $P = 0,01$), nicht aber bei den langsamen Berührungen ($P = 0,98$). Daher kann eine CM-assoziierte Dysregulierung der schnellen Berührungsverarbeitung eine Möglichkeit sein, die die Beziehungsqualität negativ beeinflusst. Weitere Analysen zeigten, dass niedrigere Beruhigungsbewertungen

von langsamen ($r = -0,27$; $df = 89$; $P = 0,01$) und schnellen Berührungen ($r = -0,35$; $df = 89$; $P = 0,001$) (siehe hierzu auch Abbildung 2 und Abbildung 3) mit einer höheren sozialen Berührungsaversion im Alltag assoziiert waren (STQ). Diese Befunde deuten darauf hin, dass höhere CTQ-Summenwerte zu einer negativen Wahrnehmung von interpersonellem Kontakt führen.

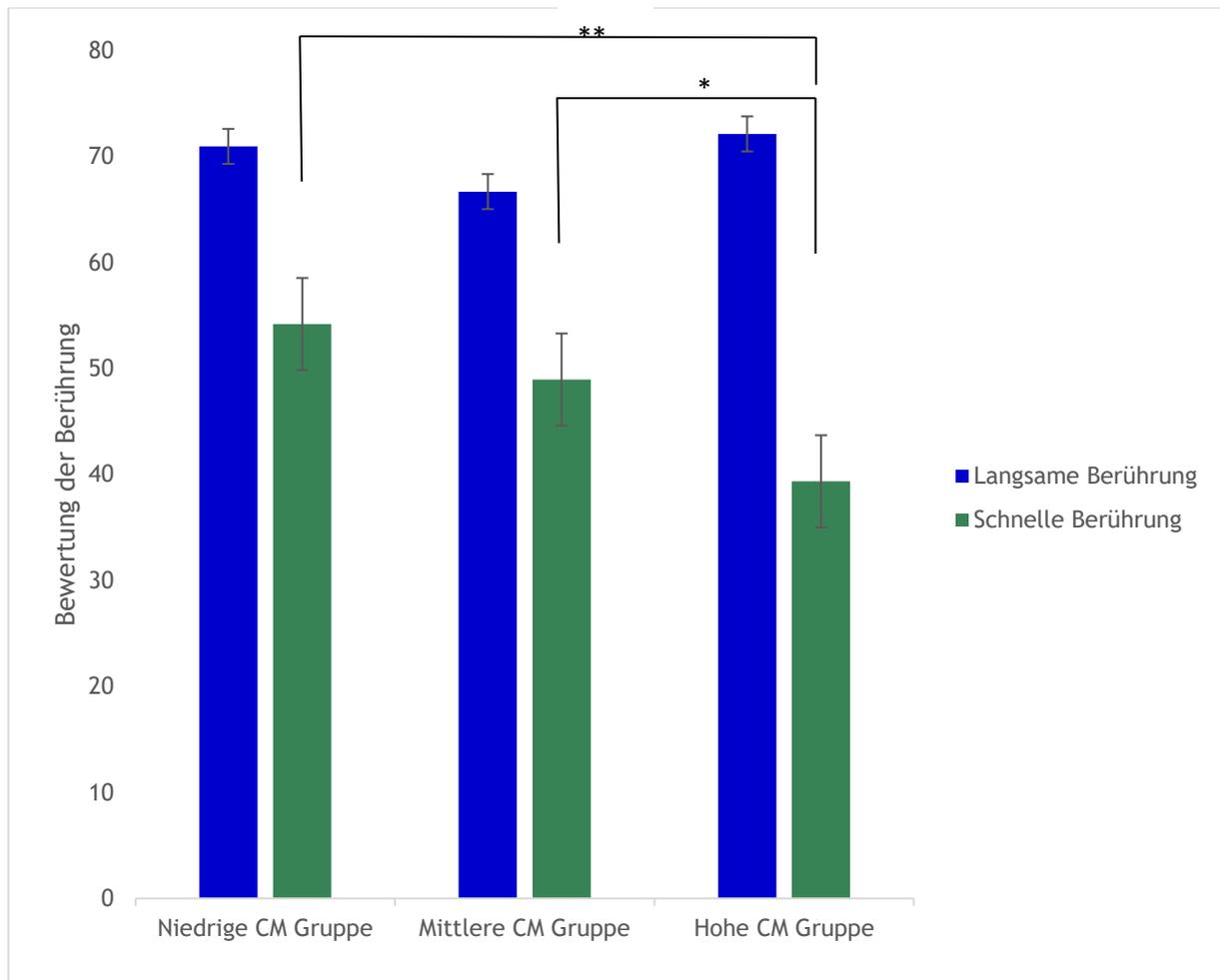


Abb. 2: Gegenüberstellung des Missbrauchs und der Berührungsaversion

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 Y-Achse zeigt die Bewertungsskala von 0 (überhaupt nicht beruhigend) bis 100 (sehr beruhigend). Die vertikalen Linien zeigen den Standardfehler. Signifikante Unterschiede in der Berührungsbewertung bezüglich der schnellen Berührung wurden mit * ($P_{korrigiert} = 0,002$) bzw. ** ($P_{korrigiert} = 0,03$) markiert. CM = Misshandlung in der Kindheit (eigene Darstellung, modifiziert nach Maier et al. 2020).

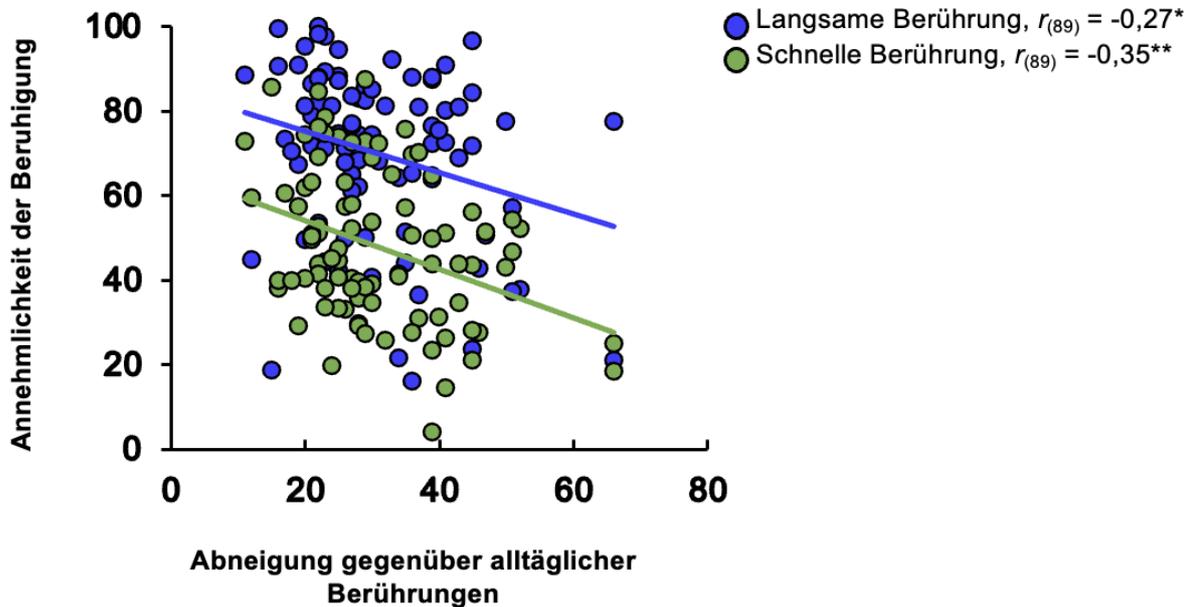


Abb. 3: Korrelation zwischen den Bewertungen des Berührungsexperiments und dem STQ-Fragebogen

Die empfundene Beruhigung bei langsamer und schneller Berührung korrelierte negativ mit einer höheren Abneigung gegenüber alltäglichen Berührungen. * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$ (eigene Darstellung, modifiziert nach Mayer et al. 2020).

7.3 VBM-Ergebnisse

Wie erwartet, wurde eine signifikante Minderung des Volumens der grauen Substanz zwischen den Gruppen mit einem hohen und denen mit einem niedrigen CTQ-Summenwert ermittelt. Unterschiede wurden unter anderem im linken und rechten Hippocampus festgestellt (Koordinaten: 33, -36, -9; $t = 3,71$, $df = 76$; P_{FWE} = 0,013; -14, -5, -23; $t = 3,18$, $df = 76$; P_{FWE} = 0,048) sowie der linken und rechten posterioren Insula (33, -18, 9; $t = 5,51$, $df = 76$; P_{FWE} < 0,001; -38, -15, 12; $t = 5,77$, $df = 76$; P_{FWE} < 0,001) und der linken Amygdala (-20, 3, -20; $t = 3,75$, $df = 76$; P_{FWE} = 0,003) (siehe hierzu auch Abbildung 4).

Ein ähnliches Ergebnismuster wurde beim Vergleich der Gruppen mit einem hohen und einem mittleren CTQ-Summenwert ermittelt: ProbandInnen mit einem hohen CTQ-Summenwert zeigten ein vermindertes GMV im linken und rechten Hippocampus (27, -

21, -11; $t = 4,77$, $df = 76$; $PFWE < 0,001$; -23, -21, -12; $t = 6,25$, $df = 76$; $PFWE < 0,001$), der Amygdala (36, 0, -24; $t = 5,23$, $df = 76$; $PFWE < 0,001$; -23, -5, -26; $t = 5,25$, $df = 76$; $PFWE < 0,001$), dem somatosensorischen Cortex (-56, -18, 32; $t = 4,04$, $df = 76$; $PFWE = 0,017$; 54, -27, 48; $t = 3,80$, $df = 76$; $PFWE = 0,034$) und in der linken Insula (-44, -3, 0; $t = 4,91$, $df = 76$; $PFWE < 0,001$) im Vergleich zu den ProbandInnen mit einem mittleren CTQ-Summenwert. ProbandInnen mit einem höheren CTQ-Summenwert zeigten ein vermindertes Volumen der grauen Substanz in spezifischen Regionen im Vergleich mit den beiden anderen Gruppen mit einem mittleren und einem niedrigen CTQ-Summenwert. Es gab jedoch keinen signifikanten Unterschied im Volumen der grauen Substanz zwischen ProbandInnen mit niedrigem und mittlerem CTQ-Summenwert (alle P-Werte $> 0,05$). Die Werte der anderen Regionen des Hirns im Gruppenkontrast sind in den Tabellen 4 bis 7 aufgeführt.

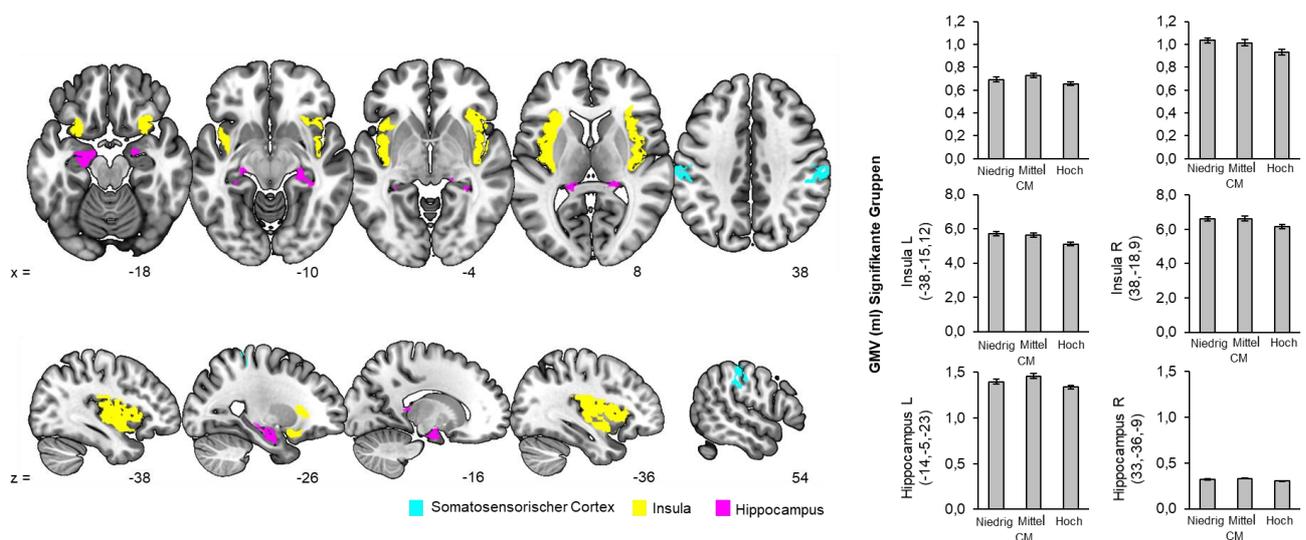


Abb. 4: Minderung des Gesamtvolumens der grauen Substanz

Eine regionenbasierte morphometrische Analyse ergab, dass das Volumen der grauen Substanz (GMV, Gray Matter Volume) im somatosensorischen Cortex, in der Insula und im Hippocampus bei ProbandInnen mit schwerer Misshandlung in der Kindheit signifikant geringer war als bei ProbandInnen mit einem geringen Schweregrad der Misshandlung in der Kindheit. Die Fehlerbalken geben den Standardfehler des Mittelwerts an. CM = Misshandlung in der Kindheit (eigene Darstellung, modifiziert nach Maier et al. 2020).

7.4 Mediations- und Moderationseffekte

Eine generelle Aversion gegenüber sozialen Berührungen vermittelte den Effekt von Misshandlungen in der Kindheit auf die empfundene Beruhigung von langsamen Berührungen ($\beta = 20,16$; Standardfehler (SE) = 0,08; 95 % Konfidenzintervall (CI) = -0,33, -0,03) und

schnellen Berührungen ($\beta = 20,09$; $SE = 0,05$; 95 % CI = -0,19, -0,01). Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass Misshandlung in der Kindheit die Wahrnehmung von sozialen Berührungen unabhängig vom spezifischen Aufgabenkontext beeinflussen kann. Zu erwähnen ist auch, dass ein indirekter Effekt der Aversion gegenüber sozialen Berührungen auf die Beziehung zwischen Kindheitstraumata und subjektivem Stressempfinden besteht ($\beta = 0,04$; $SE = 0,02$; 95 %; CI = 0,05, 0,08). Dies bedeutet, dass die schädlichen Auswirkungen von Misshandlungen in der Kindheit auf subjektiven Stress durch die Aversion gegenüber sozialen Berührungen vermittelt werden. Die Moderationsanalysen zeigten, dass der CAPS-Wert den Effekt von Kindheitstraumata auf die Bewertung von schnellen Berührungen moderierte ($t = 2,90$, $df = 81$; $P = 0,005$). Mittels der Johnson-Neyman-Methode wurde gezeigt, dass es eine signifikante Beziehung zwischen Misshandlungen in der Kindheit und der Bewertung der schnellen Berührungen gibt, wenn der CAPS-Summenwert kleiner als 19,45 ist ($\beta = -0,203$; $SE = 0,102$; $P = 0,05$). Dies tritt nicht bei signifikant höheren Summenwerten auf. Angesichts der stark positiven Korrelation zwischen dem CAPS-Summenwert und dem CTQ-Summenwert ($r = 0,52$, $df = 89$; $P < 0,001$) deutet diese Moderation auf einen Deckeneffekt hin, so dass der negative Einfluss traumatischer Erfahrungen in der Kindheit auf die Wahrnehmung sozialer Berührungen ein Plateau erreichen kann, welches nach oben nicht durchbrochen wird. Es wurden keine signifikanten Mediations- oder Moderationseffekte für andere Kovarianten beobachtet. Somit wurden die Verhaltenseffekte von Misshandlung in der Kindheit nicht durch soziodemografische Faktoren, PTBS-Symptomlasten, Depressions- und Stresslevel beeinträchtigt. Auch zwischen der regionsspezifischen Reduktion des Volumens der grauen Substanz und den sozialen und neuronalen Effekten der Kindheitstraumatisierungen konnten keine signifikanten Mediations- oder Moderationseffekte nachgewiesen werden (alle 95%-CI überlappten sich mit null).

8. Diskussion

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurde die Schwere von Kindheitstraumata mittels des Childhood Trauma Questionnaire (CTQ) bei den StudienteilnehmerInnen bewertet. Die Teilnehmenden wurden basierend auf ihren CTQ-Ergebnissen in drei Gruppen eingeteilt: niedrige, mittlere und hohe Traumabelastung (CM low, medium, high). Ein relevanter Anteil von 60,9 % der TeilnehmerInnen zeigte Erfahrungen mit Kindheitstrauma. Wir identifizierten 72 Fälle psychischer Störungen, unter denen multiple Diagnosen möglich waren.

In den behavioralen Untersuchungen zeigte sich, dass schnelle Berührungen in allen drei CM-Gruppen als weniger beruhigend empfunden wurden als langsame Berührungen. Besonders ausgeprägt war dieser Unterschied in der Gruppe mit schweren Traumata (High-CM-Gruppe). Es ergab sich ein negativer Zusammenhang zwischen dem Grad des Kindheitstraumas und der empfundenen Beruhigung bei schnellen Berührungen. Hingegen zeigten sich bei langsamen Berührungen oder der bloßen Ankündigung von Berührungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den CM-Gruppen. Dagegen steht eine generelle Aversion gegen Berührungen bei einem hohen CAPS-Wert (beispielsweise beruhend auf physisch bedingten Kindheitstraumata) in direktem Zusammenhang mit der Höhe des CTQ-Werts und der Bewertung der Berührung im Allgemeinen, unabhängig von der Veränderung der Berührung. Diese Korrelation war allerdings ausschließlich für CAPS-Werte $< 19,45$ signifikant.

In der Volumenanalyse der grauen Gehirnschubstanz mittels MRT zeigte sich, dass ProbandInnen mit einem hohen CTQ-Wert ein geringeres Volumen in bestimmten Gehirnregionen aufwiesen, insbesondere im linken und rechten Hippocampus, in der linken Amygdala, in der linken und rechten posterioren Insula und im somatosensorischen Cortex. Die Analyse zeigte keine signifikanten Mediations- oder Moderationseffekte zwischen der Reduktion des Volumens der grauen Substanz in spezifischen Arealen des Gehirns einerseits und den sozialen Effekten der Kindheitstraumatisierungen andererseits.

8.2 Überprüfung der Hypothesen

In diesem Abschnitt werden die zu Beginn der Studie formulierten Hypothesen, dargelegt in Kapitel 5, anhand der Ergebnisse, die mit den in Kapitel 6 beschriebenen Methoden ermittelt wurden, überprüft:

- Kindheitstraumata führen zu einer veränderten behavioralen Verarbeitung von sozialen Berührungen.

Diese Hypothese konnte bestätigt werden. Es besteht eine positive Korrelation zwischen der Höhe der CTQ-Werte und der Höhe der CAPS-Werte, der Bewertung der Berührung sowie der generellen Aversion gegen Berührung.

- Kindheitstraumata führen zu einer veränderten interpersonellen Distanz.

Diese Hypothese konnte bestätigt werden. Eine schwerere Belastung durch Kindheitstrauma geht mit einer höheren Aversion gegen Berührungen einher. Darüber hinaus deutet die Korrelation zwischen höheren CTQ-Werten und einer negativen Bewertung von Berührungen darauf hin, dass sich die interpersonelle Distanz mit dem Schweregrad der Kindheitstraumata vergrößert.

- Kindheitstraumata verändern die Struktur des Gehirns auf eine Weise, die dazu führt, dass (soziale) Berührungen verändert wahrgenommen werden.

Diese Hypothese konnte nicht verifiziert werden. Zwar wurde ein Zusammenhang zwischen einem erlittenen Kindheitstrauma und einer regionsspezifischen Volumenreduktion der grauen Substanz ebenso aufgezeigt wie eine Korrelation zwischen einem Kindheitstrauma und einer veränderten Wahrnehmung sozialer Berührungen. Ein Zusammenhang zwischen der Struktur bzw. dem Volumen des Gehirns und der veränderten Wahrnehmung von Berührungen ist zwar je nach Hirnareal durchaus naheliegend, wurde aber statistisch in der vorliegenden Arbeit nicht nachgewiesen.

8.3 Reflexion

In der Untersuchung wurde ein ausgeprägter Zusammenhang zwischen der Belastung durch Kindheitstraumata, einer Aversion gegen Berührungen, erhöhter interpersoneller

Distanz und der subjektiven Wahrnehmung von Berührungen identifiziert. Im Gegensatz dazu ließ sich keine direkte Verbindung zwischen den verhaltenspsychologischen Befunden und spezifischen Volumenreduktionen der grauen Gehirnsubstanz erkennen. Begemann et al., (2023) zeigte in seiner MRT-Analyse, dass Kindheitstraumata mit einer Verringerung des grauen Gehirnvolumens verbunden sind, unabhängig von psychiatrischen Störungen, was erneut auf eine weitreichende Auswirkung auf kognitive und emotionale Funktionen hinweist. Zudem offenbarte unsere Analyse, konform mit bisherigen Studienergebnissen, eine klare Korrelation zwischen dem Ausmaß der Kindheitstraumata und einer verminderten Volumendichte in bestimmten Gehirnregionen. Dies spiegelt sich besonders in der Rolle des Hippocampus wider, eine durch die Traumata verursachte Beeinträchtigung, die bereits durch Forscher wie Morey et al., (2012) und Nemeroff (2016) dokumentiert wurde. Signifikante Veränderungen des Hippocampusvolumens zeigten sich sowohl beim Vergleich der Gruppen mit hoher zu mittlerer Belastung (*high CM – medium CM*) als auch beim Vergleich der Gruppen mit hoher zu niedriger Belastung (*high CM – low CM*).

Die Ergebnisse im Hinblick auf die Amygdala stimmen mit der vielfältigen und teilweise inkonsistenten Forschungslage überein. In dieser Studie veränderte sich das Volumen der Amygdala in beiden Gruppenvergleichen (*CM high – CM medium* und *CM high – low CM*). Allerdings wiesen hohe und niedrige CTQ-Werte Veränderungen ausschließlich in der linken Amygdala auf. Diese einseitige Volumenänderung wurde auch von anderen Studien, wie von Buss et al. (2012), berichtet.

Die vermehrte Prävalenz psychischer Erkrankungen nach Kindheitstraumata, die Yehuda et al. (2015) unter anderem darlegten, bestätigte sich in unserer Analyse. Zudem war die negative Bewertung von Berührungen und die damit einhergehende Aversion, die bereits für Personen mit Kindheitstraumata und PTBS beschrieben wurden (Bogovic et al., 2014; Vranic, 2003), auch in unserer Studie zu beobachten. Beachtenswert ist, dass sowohl bei langsamen als auch schnellen Berührungen niedrigere Bewertungen der Beruhigung festgestellt wurden, die mit einer stärkeren sozialen Berührungsaversion im Alltag korrelierten. Bei Personen mit höheren CTQ-Werten erschien die Berührungsaversion unabhängig von der Berührungsgeschwindigkeit zu sein. Dieses Erkenntnis legt nahe, dass das Unbehagen weniger aus einem momentanen Schrecken resultiert, sondern vielmehr aus einer generell negativen Einstellung gegenüber interpersonellem Kontakt

herrührt. Die Nähe und der physische Kontakt an sich scheinen das Unbehagen zu verursachen.

Darüber hinaus ergab sich eine Verbindung zwischen bestimmten Aspekten, die durch das Beck-Depressionsinventar (BDI) erfasst wurden, und der Art der Berührung. Besonders hervorzuheben ist die negative Korrelation zwischen dem Verlust des sexuellen Interesses und der Bewertung der Beruhigung bei schnellen Berührungen – eine Verbindung, die bei langsamen Berührungen nicht zu beobachten war. Dieses Phänomen veranschaulicht die Tragweite, in der eine veränderte Wahrnehmung von Berührungen den sozialen Kontakt und den Alltag der Betroffenen beeinflussen kann, insbesondere wenn solche Assoziationen die Beziehung zu einem Partner oder einer Partnerin beeinträchtigen könnten.

Obwohl die Befunde hinsichtlich der Verbindung von Kindheitstraumata und psychischen Störungen, psychischen Störungen und Volumenveränderungen der grauen Substanz, Kindheitstraumata und Volumenveränderungen der grauen Substanz sowie Kindheitstraumata und Wahrnehmung bzw. Bewertung von Berührung den Erwartungen entsprachen und sich weitestgehend mit der aktuellen Forschungslage decken, konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen einer Volumenveränderung und der Wahrnehmung bzw. Bewertung von Berührung festgestellt werden. Dabei konnte eine solche Korrelation aufgrund vorangegangener Forschungen zunächst angenommen werden. Beispielhaft sei hier die Steuerung der interpersonellen Distanz über die Amygdala genannt (Kennedy et al., 2009), die sowohl bei Personen mit erlebtem Kindheitstrauma als auch bei PTBS-Betroffenen verändert ist (Bogovic et al., 2014; Vranic, 2003), bei denen in der vorliegenden Studie zusätzlich eine Volumenveränderung der Amygdala bei hohem CTQ-Wert feststellbar war. Das vorliegende Ergebnis kann demnach entweder auf das Studiendesign zurückzuführen sein oder dadurch zustande kommen, dass keine direkte Koppelung beider Faktoren bzw. kein kausaler Zusammenhang zwischen den beiden Parametern - Gehirnstruktur und Wahrnehmung sozialer Berührungsreize - vorliegt. Beide Aspekte sollen im Folgenden eingehender betrachtet werden.

Bei der Betrachtung des Studiendesigns ist anzumerken, dass eine umfangreiche Datenerhebung stattfand. Es wurden diverse Variablen erfasst, darunter die Ergebnisse aus Fragebögen und MRT-Messungen sowie beeinflussende Faktoren wie Alter und

Geschlecht der Teilnehmenden. Trotz der breit angelegten Erfassung zahlreicher Hirnareale, die zwar einen umfassenden Überblick über die Zusammenhänge zwischen bestimmten Faktoren wie dem CTQ-Wert und dem Volumen der verschiedenen Areale ermöglicht, könnte gerade diese Vielfalt die Analyse der Beziehungen zwischen mehreren Variablen in Bezug auf einzelne Areale erschwert haben.

Dafür spricht beispielsweise, dass im Vergleich *high CM – medium CM* einerseits und *high CM – low CM* andererseits zum Teil unterschiedliche Areale eine Veränderung aufwiesen. Eine detaillierte Analyse mit Fokussierung auf diese Areale und ihre funktionelle bzw. statistische Korrelation zur Wahrnehmung und Bewertung einer Berührung könnte hier Aufschluss bringen.

Weitere Faktoren, die indirekt, etwa im Rahmen des Interviews erfasst wurden, fließen nicht direkt in die Analyse ein. Dazu gehören der familiäre Rückhalt während oder nach einem erlittenen Kindheitstrauma, genetische Prädispositionen oder zuvor durchgeführte therapeutische Maßnahmen und daraus entwickelte Coping-Strategien. Studien wie die von Jawaid et al. (2018) weisen darauf hin, dass die Folgen eines erlittenen Traumas auch intergenerational weitergegeben werden können, etwa durch verändertes Verhalten oder Veränderungen in physiologischen Prozessen. Eine solche Prädisposition könnte sowohl die empfundene Schwere des erlebten Traumas als auch die daraus resultierenden Prozesse wie Coping-Strategien oder die modifizierte Berührungswahrnehmung beeinflussen.

Das familiäre Umfeld und die Präsenz oder das Fehlen einer stützenden Bezugsperson können ebenso individuelle Auswirkungen eines Kindheitstraumas modulieren. Es ist anzunehmen, dass Personen, deren Trauma familiär induziert wurde oder die zur Zeit der traumatischen Erfahrung keine unterstützende Vertrauensperson hatten, eine abweichende Stressreaktion zeigen, die sich wiederum auf die Gehirnentwicklung auswirken könnte (Albers et al., 2008).

Die Tatsache, dass in dieser Analyse keine Korrelation zwischen strukturellen und behavioralen Befunden gezeigt werden konnte, mag auch an den individuellen Verarbeitungs- und Coping-Strategien der Teilnehmenden liegen. Die Reaktion auf ein Trauma ist nicht allein von Art, Zeitpunkt und Schwere des Ereignisses abhängig, sondern wird auch durch persönliche physische und psychische Gegebenheiten beeinflusst. Ein

Beispiel ist die Oxytozin-Konzentration, die bei in der Kindheit traumatisierten Personen stark variiert. Während in einigen Studien ein Kindheitstrauma mit niedrigen Oxytozinwerten verknüpft war, zeigten andere Studien in einem solchen Fall erhöhte Oxytozinwerte bei den Betroffenen. Brückl und Binder (2017) führen den Effekt darauf zurück, dass Oxytozin als Regulator der Stressreaktion auf die Cortisolwerte wirkt. Sie führen weiter aus:

„Man vermutet, dass die Art und Weise, wie der Betroffene mit dem Trauma umgeht, eine Rolle spielt. So berichteten Mohiyeddini et al. (2014), dass Coping-Strategien, die durch eine Unterdrückung des emotionalen Ausdrucks gekennzeichnet sind [...], den Zusammenhang zwischen Kindheitstrauma und niedrigen Oxytozinwerten im Erwachsenenalter verstärken“ Brückl und Binder (2017): 120

Oxytozin ist ein Hormon, das stark an die Bewertung von Berührungen geknüpft ist. Entsprechend wäre eine unterschiedliche Reaktion auf Berührungen in Abhängigkeit von der traumabedingten Oxytozinkonzentration denkbar. Möglich ist zudem, dass eine direkte Koppelung zwischen Wahrnehmungs- und Verhaltensmustern sowie der Gehirnstruktur nicht oder nur in einigen Fällen gegeben ist, sondern die Koppelung lediglich statistisch über den Umweg der Schwere des Kindheitstraumas deutbar ist. Das ließe darauf schließen, dass kein oder nur ein eingeschränkter kausaler Zusammenhang zwischen der Strukturveränderung und den Wahrnehmungs- und Verhaltensmustern existiert. So können beispielsweise „Schock“-ähnliche Reaktionen auf etwaige Trigger (in diesem Fall Berührungen) durchaus auf Strukturveränderungen unter anderem der Amygdala zurückgeführt werden. Andere Verhaltensweisen, wie die generelle Aversion gegen Berührungen oder eine soziale Isolation, sind dagegen eher als Sekundäreffekte auf die Triggerreaktionen zu bewerten. Bei der Beurteilung dieser Zusammenhänge müssen zwingend auch die individuellen Verarbeitungs- und Coping-Strategien berücksichtigt werden, die bislang nicht ausreichend mit strukturellen oder funktionellen Änderungen von Gehirnarealen in Verbindung gebracht werden konnten, sondern beispielsweise auf physischen Gegebenheiten, der Art des Traumas und Persönlichkeitsmerkmalen beruhen. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden,

dass die Art und die Schwere der Triggerreaktionen nicht linear zur Schwere des erlebten Traumas verlaufen. Dies wurde auch in der vorliegenden Analyse belegt. Ab einem CAPS-Wert von 19,45 stieg die Aversion gegen Berührungen nicht weiter an. Ursache dafür könnte ein emotionales Abstumpfen gegenüber den Berührungen als Schutzmechanismus sein, was man auch als eine Art Selbstregulation bezeichnen könnte. Es liegt nahe, dass Personen mit einem solchen Verhalten bzw. Empfinden generell eine eher vermeidende Strategie für den Umgang mit dem Trauma wählen, beispielsweise den sozialen Rückzug. Solche Schutzmechanismen und Verhaltensweisen bleiben oft aus Gewohnheit auch dann bestehen, wenn die Ursache (das Trauma) bereits ausgiebig bearbeitet wurde. Eine langfristige Verhaltensänderung bedarf zum einen einer veränderten Wahrnehmung, zum anderen kontinuierlicher Arbeit an den eigenen reflexartigen Verhaltensweisen, die nur zum Teil auf strukturellen oder funktionellen Veränderungen des Gehirns zurückzuführen sind. Zusätzlich sollte berücksichtigt werden, dass die körperliche Berührung bei Personen mit Traumata aufgrund emotionaler Vernachlässigung andere Effekte zeigt als bei Personen mit Traumata nach körperlichem Missbrauch. Eine genauere Analyse sollte folgen.

8.4 Limitationen

Diese Studie wurde sorgfältig geplant, um objektive und generalisierbare Daten zu sammeln. Verschiedene Erhebungsmethoden und etablierte Fragebögen kamen zum Einsatz, um die Schwächen einzelner Befragungstechniken auszugleichen. Trotzdem unterliegt die Erfassung von Kindheitstraumata und aktuellen psychischen Belastungen Limitationen. Diese Themen sind äußerst persönlich und emotional, was bei den Befragten zu bewussten oder unbewussten Verzerrungen führen kann. Selbst bei sorgfältig gestalteten Befragungen können Scham, Verdrängungsmechanismen und Bagatellisierung die Antworten beeinflussen. Dies gilt insbesondere bei Gesprächen mit einem unbekanntem Interviewer.

Darüber hinaus ist auch die individuelle Bewertung der gegebenenfalls erlebten Misshandlung oder Vernachlässigung trotz der vorgegebenen Kategorien (z. B. CTQ-Fragebogen) sehr subjektiv. Die Selbsteinschätzung der Schwere des erlebten Traumas hängt weniger vom faktischen Geschehen, sondern vielmehr vom persönlichen Erleben des/der Betroffenen ab. Auch Faktoren wie eine eventuell erfolgte Aufarbeitung des

Traumas können die Bewertung beeinflussen. So kann ein und dasselbe Erlebnis von zwei verschiedenen Befragten entweder als unterschiedlich belastend oder unterschiedlich häufig empfunden werden. Ein Schwachpunkt des CTQ-Fragebogens ist zudem die Fokussierung auf den zeitlichen Aspekt bei der Entstehung eines Kindheitstraumas, denn es werden beispielsweise einmalige, aber einschneidende und stark belastende Erlebnisse nicht angemessen berücksichtigt.

Über den CTQ-Fragebogen wurde zwar die Verteilung der verschiedenen Arten von Kindheitstraumata ermittelt, diese Gruppen wurden jedoch im späteren Verlauf einzeln, etwa im Hinblick auf die Reaktion auf die Berührung, ausgewertet. Stattdessen wurde der Fokus auf die Schwere der traumatischen Belastung in der Kindheit gelegt. Es wurden weitere CTQ-Subskalen analysiert, aber da diese stark korreliert waren, waren keine Aussagen über den Effekt von verschiedenen Trauma-Arten möglich. Dies ist zum einen dem Anspruch an die Auswertbarkeit der Daten geschuldet, zum anderen dadurch bedingt, dass einem Kindheitstrauma durchaus auch multiple Auslöser, wie gleichzeitige emotionale und körperliche Vernachlässigung, zu Grunde liegen können. Durch diese notwendige Reduktion der auszuwertenden Daten bleiben allerdings einige möglicherweise vorhandene Effekte unbeobachtet. So wäre es denkbar, dass Personen, die die Erfahrung körperlicher Misshandlung gemacht haben, sensibler auf Berührungen reagieren als Personen ohne eine solche Erfahrung. Diesem Effekt auf die Auswertung wurde versucht durch Erhebung der generellen Aversion gegen Berührungen entgegenzuwirken; ausgeschlossen werden kann er jedoch nicht.

Eine größere Teilnehmerzahl würde weitere Analysemöglichkeiten und mögliche Korrelationen aufzeigen können. So wurde in der vorliegenden Studie nicht explizit zwischen Geschlechtern und unterschiedlichen Altersgruppen unterschieden. Eingeschlossen wurden zudem ausschließlich erwachsene TeilnehmerInnen. So konnten eventuell vorhandene Verschiebungen der aufgezeigten Effekte und Korrelationen mit zunehmendem Alter nicht genauer untersucht werden.

8.5 Implikationen

In der vorliegenden Analyse konnte kein signifikanter direkter Zusammenhang zwischen einer veränderten Gehirnstruktur nach einem Kindheitstrauma und der individuellen

Wahrnehmung und Bewertung von Berührungen festgestellt werden. Dennoch wurden Korrelationen zwischen anderen Forschungsparametern aufgezeigt. Dies wirft sowohl für die Theorie als auch für die Praxis die Frage nach einem kausalen Zusammenhang zwischen beiden Faktoren auf, der in diesem Fall fehlt zu sein scheint. Stattdessen scheinen beide Parameter über die Schwere des Traumas miteinander verbunden zu sein.

Basierend auf vorangegangenen Studien, die dieselben Datensätze nutzten, wurde eine Korrelation zwischen der individuellen interpersonellen Distanz von Personen mit Kindheitstrauma und Veränderungen der Gehirnstrukturen festgestellt. Dies legt nahe, dass die negative oder vermindert positive Bewertung der Berührung weniger auf die Berührung selbst als vielmehr auf die Unterschreitung der interpersonellen Distanz zurückzuführen ist. Dafür spricht auch, dass schnellere und daher subjektiv möglicherweise als invasiver empfundene Berührungen den Betroffenen weniger Möglichkeiten lassen, sich auf die Unterschreitung der interpersonellen Distanz einzulassen, und die Berührung daher schwerer als neutral oder gar positiv empfinden können.

Diese Erkenntnisse können sowohl im privaten Umgang mit Personen mit erlittenem Kindheitstrauma als auch in der Therapie gezielt berücksichtigt werden. Beispielsweise kann eine größere interpersonelle Distanz zwischen den Patienten und Therapeuten als entscheidender Faktor genutzt werden, damit sich die Patienten besser öffnen und therapiert werden können. Zudem können dadurch, dass Berührungen an sich durchaus auch als positiv oder beruhigend empfunden werden können und eine negative Wahrnehmung der Berührungen nicht nachhaltig strukturbedingt ist, Therapieansätze gestaltet werden, die den Betroffenen helfen, eine etwaige Unterschreitung der interpersonellen Distanz zu verarbeiten. Körperorientierte Therapien sind bei Betroffenen durchaus denkbar und können sogar förderlich sein, sofern die Betroffenen die Gewissheit haben, dass ihre persönlichen Grenzen gewahrt werden. Die Befunde können zudem hilfreich im privaten Umgang mit Betroffenen sein, wenn der Betroffene beispielsweise in der Partnerschaft besser differenzieren und artikulieren kann, wodurch die Aversion gegen Berührungen ausgelöst wird und eine Abneigung gegen Berührungen nicht zwingend in der Art der Berührung begründet liegt.

9. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie hatte das Ziel, einen möglichen Zusammenhang zwischen strukturellen Veränderungen des Gehirns und der Wahrnehmung sowie Bewertung von sozialen Berührungen bei Personen mit Kindheitstrauma zu untersuchen. Die Schwere der Kindheitstraumata wurde mithilfe des retrospektiven Fragebogens Childhood Trauma Questionnaire (CTQ) erfasst. Zudem wurden mit Hilfe von MRT-Untersuchungen die Auswirkungen von schnellen und langsamen Berührungen auf die Probanden analysiert und wie sie von diesen wahrgenommen werden. Die Ergebnisse zeigten, dass hohe Belastungswerte nach Kindheitstrauma sowohl mit einer erhöhten Prädisposition für psychische Störungen einhergingen als auch mit Volumenveränderungen verschiedener Gehirnareale, wie des Hippocampus und der Amygdala.

Personen mit höheren CTQ-Werten wiesen tendenziell häufiger eine Aversion gegen Berührungen auf und bewerteten die Berührungen in der Untersuchung als weniger beruhigend. Ein direkter Zusammenhang zwischen den Volumenveränderungen des Gehirns bzw. einzelner Areale und der Wahrnehmung und Bewertung von Berührungen konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Dies deutet darauf hin, dass die Berührungen nicht nur wegen der Berührung selbst, sondern vor allem wegen der Unterschreitung der interpersonellen Distanz als weniger positiv bewertet werden. Diese Annahme wird durch die positive Korrelation zwischen dem höheren CTQ-Wert und einer negativen Bewertung der Berührungen gestützt. Dies legt nahe, dass die Aversion gegen Berührungen nicht zwingend eine direkte Folge eines Triggers sein muss, sondern als sekundärer Effekt auf erlernte Coping-Strategien beruhen kann.

Zur Verifizierung, Differenzierung und zum genaueren Verständnis dieser Befunde sollten weitere Studien durchgeführt werden, in denen zusätzliche Parameter berücksichtigt werden. Denkbar sind hier Faktoren wie das Geschlecht, das Alter, individuelle Verhaltenspräferenzen und der familiäre Hintergrund der Betroffenen.

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Berührungsparadigma (modifiziert nach Maier et al., 2020)	35
Abbildung 2: Gegenüberstellung des Missbrauchs und der Berührungsaversion	43
Abbildung 3: Korrelation zwischen den Bewertungen des Berührungsexperiments und dem STQ-Fragebogen	44
Abbildung 4: Minderung des Gesamtvolumens der grauen Substanz.....	45

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der Psychischen Störung in der Stichprobe	39
Tabelle 2: Art und Häufigkeit der Exposition von Misshandlungen	40
Tabelle 3: Merkmale der Stichproben (Mittelwerte).....	41

12. Literaturverzeichnis

Ackerley, R., Backlund Wasling, H., Liljencrantz, J., Olausson, H., Johnson, R. D., & Wessberg, J. (2014). Human C-tactile afferents are tuned to the temperature of a skin-stroking caress. *J Neurosci.*, 34(8), 2879–2883.

Albers, E., Riksen-Walraven, M., Sweep, F., & Weerth, C. (2008). Maternal behavior predicts infant cortisol recovery from a mild everyday stressor. *J Child Psychiatry*, 49, 97–103.

Alink, L. R. A., Cicchetti, D., Kim, J., & Rogosch, F. A. (2012). Longitudinal associations among child maltreatment, social functioning, and cortisol regulation. *Dev Psychol.*, 48(1), 224–236.

Anda, R. F., Felitti, V. J., Bremner, J. D., Walker, J. D., Whitfield, C., Perry, B. D., Dube, S. R., & Giles, W. H. (2006). The enduring effects of abuse and related adverse experiences in childhood. A convergence of evidence from neurobiology and epidemiology. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci.*, 256(3), 174–186.

Arabin, B., Bos, R., Rijlaarsdam, R., Mohnhaupt, A., & van Eyck, J. (1996). The onset of inter-human contacts: longitudinal ultrasound observations in early twin pregnancies. *Ultrasound Obstet Gynecol.*, 8(3), 166–173.

Bales, K. L., Witczak, L. R., Simmons, T. C., Savidge, L. E., Rothwell, E. S., Rogers, F. D., Manning, R. A., Heise, M. J., Englund, M., & Arias Del Razo, R. (2018). Social touch during development: Long-term effects on brain and behavior. *Neurosci Biobehav Rev.*, 95, 202–219.

Barnett, K. (1972). A theoretical construct of the concepts of touch as they relate to nursing. *Nursing Research*, 21(2), 102–110.

Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). *Manual for the Beck depression*

inventory-II. San Antonio, TX: Psychological Corporation.

Begemann, M. J. H., Schutte, M. J. L., van Dellen, E., Abramovic, L., Boks, M. P., van Haren, N. E. M., Mandl, R. C. W., Vinkers, C. H., Bohlken, M. M., & Sommer, I. E. C. (2023). Childhood trauma is associated with reduced frontal gray matter volume: a large transdiagnostic structural MRI study. *Psychol Med.*, 53(3), 741–749.

Benjet, C., Borges, G., & Medina-Mora, M. (2010). Chronic childhood adversity and onset of psychopathology during three life stages: Childhood, adolescence and adulthood. *J Psychiatr Res.*, 44, 732–740.

Berens, A. E., Jensen, S. K. G., & Nelson, C. A. (2017). Biological embedding of childhood adversity: from physiological mechanisms to clinical implications. *BMC Med.*, 15(1), 135.

Bernstein, D. P., Fink, L., Handelsman, L., Foote, J., Lovejoy, M., Wenzel, K., Sapareto, E., & Ruggiero, J. (1994). Initial reliability and validity of a new retrospective measure of child abuse and neglect. *Am J of Psychiatry*.

Bessou, P., Burgess, P. R., Perl, E. R., & Taylor, C. B. (1971). Dynamic properties of mechanoreceptors with unmyelinated (C) fibers. *J Neurophysiol.*, 34(1), 116–131.

Blaze, J., Asok, A., & Roth, T. L. (2015). The long-term impact of adverse caregiving environments on epigenetic modifications and telomeres. *Front Behav Neurosci.*, 9, 79.

Bogovic, A., Mihanovic, M., Jokic-Begic, N., & (Švagelj) Majdančić, A. (2014). Personal Space of Male War Veterans With Posttraumatic Stress Disorder. *Environment and Behavior*, 46, 929–945.

Braithwaite, E., O'Connor, R., Degli Esposti, M., Luke, N., & Bowes, L. (2017). Modifiable predictors of depression following childhood maltreatment: A systematic review and meta-analysis. *Transl Psychiatry*, 7, e1162.

Bremner, J. D., Vermetten, E., & Mazure, C. M. (2000). Development and preliminary psychometric properties of an instrument for the measurement of childhood trauma: The early trauma inventory. *Depress and Anxiety*, 12.

Brückl, T. M., & Binder, E. B. (2017). Folgen früher Traumatisierung aus neurobiologischer Sicht. *Forensische Psychiatrie, Psychologie, Kriminologie*, 11(2), 118–132.

Brummelman, E., Terburg, D., Smit, M., Bögels, S. M., & Bos, P. A. (2019). Parental touch reduces social vigilance in children. *Dev Cogn Neurosci.*, 35, 87–93.

Burgess, R., & Conger, R. (1979). Family Interaction in Abusive, Neglectful, and Normal Families. *Child Dev.*, 49, 1163–1173.

Buss, C., Pruessner, J., Mayberg, H., Mletzko, T., & Heim, C. (2012). Larger amygdala volumes after childhood trauma associated with depression and cortisol response to psychosocial stress in adulthood. *European Journal of Psychotraumatology*, 3.

Calem, M., Bromis, K., McGuire, P., Morgan, C., & Kempton, M. J. (2017). Meta-analysis of associations between childhood adversity and hippocampus and amygdala volume in non-clinical and general population samples. *NeuroImage. Clin.*, 14, 471–479.

Cascio, C. J., Moore, D., & McGlone, F. (2019). Social touch and human development. *Dev Cogn Neurosci.*, 35, 5–11.

Chen, L., Murad, M. H., Paras, M., Colbenson, K., Sattler, A., Goranson, E., Mohamed, B., Seime, R., Shinozaki, G., Prokop, L., & Zirakzadeh, A. (2010). Sexual Abuse and Lifetime Diagnosis of Psychiatric Disorders: Systematic Review and Meta-analysis. *Mayo Clin Proc.*, 85, 618–629.

Choi, J., Jeong, B., Polcari, A., Rohan, M. L., & Teicher, M. H. (2012). Reduced fractional anisotropy in the visual limbic pathway of young adults witnessing domestic violence in childhood. *Neuroimage*, 59(2), 1071–1079.

Choi, J., Jeong, B., Rohan, M. L., Polcari, A. M., & Teicher, M. H. (2009). Preliminary evidence for white matter tract abnormalities in young adults exposed to parental verbal abuse. *Biol Psychiatry*, 65(3), 227–234.

Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983). A global measure of perceived stress. *J Health Soc Behav*.

Collishaw, S., Pickles, A., Messer, J., Rutter, M., Shearer, C., & Maughan, B. (2007). Resilience to adult psychopathology following childhood maltreatment: Evidence from a community sample. *Child Abuse Negl.* 31, 211–229.

Colman, R. A., & Widom, C. S. (2004). Childhood abuse and neglect and adult intimate relationships: a prospective study. *Child Abuse Negl.*, 28(11), 1133–1151.

Copeland, W. E., Shanahan, L., Hinesley, J., Chan, R. F., Aberg, K. A., Fairbank, J. A., van den Oord, E. J. C. G., & Costello, E. J. (2018). Association of Childhood Trauma Exposure With Adult Psychiatric Disorders and Functional Outcomes. *JAMA Netw Open.*, 1(7), e184493–e184493.

Croy, I., Geide, H., Paulus, M., Weidner, K., & Olausson, H. (2016). Affective touch awareness in mental health and disease relates to autistic traits - An explorative neurophysiological investigation. *Psychiatry Res.*, 245, 491–496.

Crucianelli, L., Cardi, V., Treasure, J., Jenkinson, P. M., & Fotopoulou, A. (2016). The perception of affective touch in anorexia nervosa. *Psychiatry Res.*, 239, 72–78.

Crusco, A. H., & Wetzel, C. G. (1984). The Midas Touch: The Effects of Interpersonal Touch on Restaurant Tipping. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 10(4), 512–517.

Danese, A., & McEwen, B. S. (2012). Adverse childhood experiences, allostasis, allostatic load, and age-related disease. *Physiol Behav.*, 106(1), 29–39.

Dannlowski, U., Ohrmann, P., Bauer, J., Kugel, H., Arolt, V., Heindel, W., Kersting, A., Baune, B. T., & Suslow, T. (2007). Amygdala reactivity to masked negative faces is associated with automatic judgmental bias in major depression: a 3 T fMRI study. *J Psychiatry Neurosci.: JPN*, 32(6), 423–429.

Dannlowski, U., Stuhmann, 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. (2012). Limbic scars: long-term consequences of childhood maltreatment revealed by functional and structural magnetic resonance imaging. *Biol Psychiatry*, 71(4), 286–293.

de Bellis, M. D., Hall, J., Boring, A. M., Frustaci, K., & Moritz, G. (2001). A pilot longitudinal study of hippocampal volumes in pediatric maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *Biol Psychiatry*, 50(4), 305–309.

de Bellis, M. D., Keshavan, M. S., Clark, D. B., Casey, B. J., Giedd, J. N., Boring, A. M., Frustaci, K., & Ryan, N. D. (1999). A.E. Bennett Research Award. Developmental traumatology. Part II: Brain development. *Biol Psychiatry*, 45(10), 1271–1284.

Ditzen, B., Neumann, I. D., Bodenmann, G., von Dawans, B., Turner, R. A., Ehlert, U., & Heinrichs, M. (2007). Effects of different kinds of couple interaction on cortisol and heart rate responses to stress in women. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 565–574.

Doom, J. R., Cicchetti, D., & Rogosch, F. A. (2014). Longitudinal patterns of cortisol regulation differ in maltreated and nonmaltreated children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 53(11), 1206–1215.

Dube, S. R., Fairweather, D., Pearson, W. S., Felitti, V. J., Anda, R. F., & Croft, J. B. (2009). Cumulative childhood stress and autoimmune diseases in adults. *Psychosom Med.*, 71(2), 243–250.

Dunlop, S. A., Archer, M. A., Quinlivan, J. A., Beazley, L. D., & Newnham, J. P. (1997). Repeated prenatal corticosteroids delay myelination in the ovine central nervous system. *J Matern Fetal Med.*, 6(6), 309–313.

Edwards, E., Harkins, K., Wright, G., & Henn, F. (1990). Effects of bilateral adrenalectomy on the induction of learned helplessness behavior. *Neuropsychopharmacology : Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 3(2), 109–114.

Erceau, D., & Guéguen, N. (2007). Tactile contact and evaluation of the toucher. *The J Soc Psychol.*, 147(4), 441–444.

Etkin, A., & Wager, T. D. (2007). Functional neuroimaging of anxiety: a meta-analysis of emotional processing in PTSD, social anxiety disorder, and specific phobia. *Am J Psychiatry*, 164(10), 1476–1488.

Fegert, J. M., & Petermann, F. (2011). Sexueller Missbrauch, Kindesmisshandlung und Vernachlässigung. *Kindheit und Entwicklung*, 20(2), 61–63.

Feldman, R., Singer, M., & Zagoory, O. (2010). Touch attenuates infants' physiological reactivity to stress. *Dev Sci.*, 13(2), 271–278.

Felitti, V. J., Anda, R. F., Nordenberg, D., Williamson, D. F., Spitz, A. M., Edwards, V., Koss, M. P., & Marks, J. S. (1998). Relationship of childhood abuse and household

dysfunction to many of the leading causes of death in adults. The Adverse Childhood Experiences (ACE) Study. *Am J of Prev Med.*, 14(4), 245–258.

Fergusson, D., Lynskey, M., & HORWOOD, L. (1996). Childhood Sexual Abuse and Psychiatric Disorder in Young Adulthood: I. Prevalence of Sexual Abuse and Factors Associated with Sexual Abuse. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 35, 1355–1364.

Fisher, J. D., Rytting, M., & Heslin, R. (1976). Hands touching hands: affective and evaluative effects of an interpersonal touch. *Sociometry*, 39(4), 416–421.

Fujisawa, T. X., Nishitani, S., Takiguchi, S., Shimada, K., Smith, A. K., & Tomoda, A. (2019). Oxytocin receptor DNA methylation and alterations of brain volumes in maltreated children. *Neuropsychopharmacology : Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 44(12), 2045–2053.

George, C., & Main, M. (1979). Social Interactions of Young Abused Children: Approach, Avoidance, and Aggression. *Child Dev.*, 50(2), 306–318.

Gilbert, R., Widom, C., Browne, K., Fergusson, D., Webb, E., & Janson, S. (2009). Child Maltreatment 1 Burden and consequences of child maltreatment in high-income countries. *Lancet*, 373, 68–81.

Goldbeck, L., & Petermann, F. (2013). Posttraumatische Belastungsstörungen. *Kindheit und Entwicklung*, 22, 57–60.

Goldstein, P., Shamay-Tsoory, S. G., Yellinek, S., & Weissman-Fogel, I. (2016). Empathy Predicts an Experimental Pain Reduction During Touch. *J Pain.*, 17(10), 1049–1057.

Goldstein, P., Weissman-Fogel, I., & Shamay-Tsoory, S. G. (2017). The role of touch in regulating inter-partner physiological coupling during empathy for pain. *Sci Rep.*, 7(1), 3252.

Gordon, I., Voos, A. C., Bennett, R. H., Bolling, D. Z., Pelphrey, K. A., & Kaiser, M. D. (2013). Brain mechanisms for processing affective touch. *Human Brain Mapping, 34*(4), 914–922.

Grant, M. M., Cannistraci, C., Hollon, S. D., Gore, J., & Shelton, R. (2011). Childhood trauma history differentiates amygdala response to sad faces within MDD. *J Psychiatr Res., 45*(7), 886–895.

Green, J., Berglund, P., Gruber, M., Sampson, N., Zaslavsky, A., & Kessler, R. (2010). Childhood Adversities and Adult Psychiatric Disorders in the National Comorbidity Survey Replication I. *Arch Gen Psychiatry, 67*, 113–123.

Grefkes, C., & Fink, G. R. (2007). Somatosensorisches System. In *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*.

Habetha, S., Bleich, S., Weidenhammer, J., & Fegert, J. (2012). A Prevalence-Based Approach to Societal Costs Occurring in Consequence of Child Abuse and Neglect. *Child Adolesc Psychiatry Mental Health, 6*, 35.

Hankin, B. L. (2006). Adolescent depression: Description, causes, and interventions. *Epilepsy & Behavior, 8*(1), 102–114.

Hanson, J. L., Nacewicz, B. M., Sutterer, M. J., Cayo, A. A., Schaefer, S. M., Rudolph, K. D., Shirtcliff, E. A., Pollak, S. D., & Davidson, R. J. (2015). Behavioral problems after early life stress: contributions of the hippocampus and amygdala. *Biol Psychiatry, 77*(4), 314–323.

Hardt, J., & Rutter, M. (2004). Validity of Adult Retrospective Reports of Adverse Childhood Experiences: Review of the Evidence. *J Child Psychol Psychiatry, 45*, 260–273.

Hayduk, L. (1978). Personal Space: An Evaluative and Orienting Overview.

Psychological Bulletin, 85, 117–134.

Hayduk, L. (1981). The shape of personal space: An experimental investigation. *Can J Behav Sci.*, 13, 87–93.

Heim, C. M., Mayberg, H. S., Mletzko, T., Nemeroff, C. B., & Pruessner, J. C. (2013). Decreased cortical representation of genital somatosensory field after childhood sexual abuse. *Am J Psychiatry*, 170(6), 616–623.

Heim, C., & Nemeroff, C. B. (2009). Neurobiology of posttraumatic stress disorder. *CNS Spectrums*, 14(1 Suppl 1), 13–24.

Herpertz, S. (2003). Emotional processing in personality disorder. *Curr Psychiatry Rep.*, 5, 23–27.

Hertenstein, M. J., Verkamp, J. M., Kerestes, A. M., & Holmes, R. M. (2006). The communicative functions of touch in humans, nonhuman primates, and rats: a review and synthesis of the empirical research. *Genet Soc Gen Psychol Monogr.*, 132(1), 5–94.

Heyn, S. A., Keding, T. J., Cisler, J., McLaughlin, K., & Herringa, R. J. (2025). Differential gray matter correlates and machine learning prediction of abuse and internalizing psychopathology in adolescent females. *Sci Rep.*, 15(1), 651.

Hornik, J. (1992). Tactile Stimulation and Consumer Response. *J Assoc Consum Res.*, 19(3), 449–458.

Huettel, S., Song, A., & McCarthy, G. (2008). *Functional Magnetic Resonance Imaging, Second Edition.*

Hughes, K., Bellis, M., Hardcastle, K., Sethi, D., Butchart, A., Mikton, C., Jones, L., & Dunne, M. (2017). The effect of multiple adverse childhood experiences on health: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Public Health*, 2, e356–e366.

Jawaid, A., Roszkowski, M., & Mansuy, I. (2018). Transgenerational Epigenetics of Traumatic Stress. *Prog Mol Biol Transl Sci.* (Bd. 158, S. 26).

Kennedy, D., Gläscher, J., Tyszka, J., & Adolphs, R. (2009). Personal Space Regulation by the Human Amygdala. *Nature Neurosci.*, 12, 1226–1227.

Kessler, R., Green, J., Gruber, M., Sampson, N., Zaslavsky, A., Aguilar-Gaxiola, S., Al-Hamzawi, A., Alonso, J., Angermeyer, M., Benjet, C., Bromet, E., Chatterji, S., de Girolamo, G., Demyttenaere, K., Fayyad, J., Gal, G., Gureje, O., & Williams, D. (2010). Childhood adversities and adult psychopathology in the WHO World Mental Health Surveys. *Br J Psychiatry*, 197.

Keverne, E. B., Martensz, N. D., & Tuite, B. (1989). Beta-endorphin concentrations in cerebrospinal fluid of monkeys are influenced by grooming relationships. *Psychoneuroendocrinology*, 14(1), 155–161.

Kida, T., & Shinohara, K. (2013). Gentle touch activates the prefrontal cortex in infancy: an NIRS study. *Neurosci Lett.*, 541, 63–66.

Kleinke, C. L. (1977). Compliance to requests made by gazing and touching experimenters in field settings. *J Exp Soc Psychol.*, 13(3), 218–223.

Kurth, F., Zilles, K., Fox, P. T., Laird, A. R., & Eickhoff, S. B. (2010). A link between the systems: functional differentiation and integration within the human insula revealed by meta-analysis. *Brain Struct Funct.*, 214(5–6), 519–534.

Lansford, J., Dodge, K., Pettit, G., Bates, J., Crozier, J., & Kaplow, J. (2002). A 12-Year Prospective Study of the Long-term Effects of Early Child Physical Maltreatment on

Psychological, Behavioral, and Academic Problems in Adolescence. *Arch Pediatr Adolesc Med.*, 156, 824–830.

Lewis, D. O., Mallouh, C., & Webb, V. (1989). Child abuse, delinquency, and violent criminality. In D. Cicchetti & V. Carlson (Hrsg.), *Child Maltreatment: Theory and Research on the Causes and Consequences of Child Abuse and Neglect* (S. 707–721). Cambridge University Press.

Light, K. C., Grewen, K. M., & Amico, J. A. (2005). More frequent partner hugs and higher oxytocin levels are linked to lower blood pressure and heart rate in premenopausal women. *Biol Psychol.*, 69(1), 5–21.

Liljencrantz, J., & Olausson, H. (2014). Tactile C fibers and their contributions to pleasant sensations and to tactile allodynia. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 37.

Liljencrantz, J., Strigo, I., Ellingsen, D. M., Krämer, H. H., Lundblad, L. C., Nagi, S. S., Leknes, S., & Olausson, H. (2017). Slow brushing reduces heat pain in humans. *Eur J Pain* (London, England), 21(7), 1173–1185.

Lindgren, L., Rundgren, S., Winsö, O., Lehtipalo, S., Wiklund, U., Karlsson, M., Stenlund, H., Jacobsson, C., & Brulin, C. (2010). Physiological responses to touch massage in healthy volunteers. *Auton Neurosci.: Basic & Clinical*, 158(1–2), 105–110.

López-Solà, M., Geuter, S., Koban, L., Coan, J. A., & Wager, T. D. (2019). Brain mechanisms of social touch-induced analgesia in females. *Pain*, 160(9), 2072–2085.

Maier, A., Gieling, C., Heinen-Ludwig, L., Stefan, V., Schultz, J., Güntürkün, O., Becker, B., Hurlemann, R., & Scheele, D. (2020). Association of Childhood Maltreatment With Interpersonal Distance and Social Touch Preferences in Adulthood. *A J Psychiatry*, 177(1), 37–46.

Maratos, F. A., Duarte, J., Barnes, C., McEwan, K., Sheffield, D., & Gilbert, P. (2017). The physiological and emotional effects of touch: Assessing a hand-massage intervention with high self-critics. *Psychiatry Res.*, 250, 221–227.

Martin, E. K., & Silverstone, P. H. (2016). An Evidence-Based Education Program for Adults about Child Sexual Abuse (Prevent ItA) That Significantly Improves Attitudes, Knowledge, and Behavior. *Front Psychol.*, 7.

McCrory, E. J., de Brito, S. A., Sebastian, C. L., Mechelli, A., Bird, G., Kelly, P. A., & Viding, E. (2011). Heightened neural reactivity to threat in child victims of family violence. *Curr Biol.*, 21(23), R947–R948.

McGlone, F., Olausson, H., Boyle, J. A., Jones-Gotman, M., Dancer, C., Guest, S., & Essick, G. (2012). Touching and feeling: differences in pleasant touch processing between glabrous and hairy skin in humans. *Eur J Neurosci.*, 35(11), 1782–1788.

McGlone, F., Wessberg, J., & Olausson, H. (2014). Discriminative and affective touch: sensing and feeling. *Neuron*, 82(4), 737–755.

Montagu, A. (1984). The skin, touch, and human development. *Clin Dermatol.*

Morey, R. A., Gold, A. L., LaBar, K. S., Beall, S. K., Brown, V. M., Haswell, C. C., Nasser, J. D., Wagner, H. R., & McCarthy, G. (2012). Amygdala volume changes in posttraumatic stress disorder in a large case-controlled veterans group. *Arch Gen Psychiatry*, 69(11), 1169–1178.

Morrison, I., Björnsdotter, M., & Olausson, H. (2011). Vicarious responses to social touch in posterior insular cortex are tuned to pleasant caressing speeds. *J Neurosci.*, 31(26), 9554–9562.

Mueller, I., & Tronick, E. (2019). Early Life Exposure to Violence: Developmental Consequences on Brain and Behavior. *Front Behav Neurosci.*, 13, 156.

Nemeroff, C. B. (2016). Paradise Lost: The Neurobiological and Clinical Consequences of Child Abuse and Neglect. *Neuron*, 89(5), 892–909.

Olausson, H., Lamarre, Y., Wasling, H., Morin, C., Wallin, G., Starck, G., Ekholm, S., Strigo, I., Worsley, K., Vallbo, A. B., & Bushnell, M. (2002). Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nature Neurosci.*, 5, 900–904.

Olausson, H., Wessberg, J., Morrison, I., McGlone, F., & Vallbo, A. (2010). The neurophysiology of unmyelinated tactile afferents. *Neurosci Biobehav Rev.*, 34(2), 185–191.

Olson, E. A., Overbey, T. A., Ostrand, C. G., Pizzagalli, D. A., Rauch, S. L., & Rosso, I. M. (2020). Childhood maltreatment experiences are associated with altered diffusion in occipito-temporal white matter pathways. *Brain Behav.*, 10(1), e01485.

Pape, J. C., & Binder, E. B. (2014). [Psychological trauma as risk for delayed psychiatric disorders: epigenetic mechanisms]. *Der Nervenarzt*, 85(11), 1382–1389.

Paras, M. L., Murad, M. H., Chen, L. P., Goranson, E. N., Sattler, A. L., Colbenson, K. M., Elamin, M. B., Seime, R. J., Prokop, L. J., & Zirakzadeh, A. (2009). Sexual abuse and lifetime diagnosis of somatic disorders: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 302(5), 550–561.

Pillhofer, M., Ziegenhain, U., Nandi, C., Fegert, J., & Goldbeck, L. (2011). Prävalenz von Kindesmisshandlung und -vernachlässigung in Deutschland. *Kindheit und Entwicklung*, 20, 64–71.

Pinho, P. (2006). World Report on violence against children. In United Nations Secretary-General's Study on Violence against Children (Bd. 10, Nummer 2).

Pizarro, J. M., Lumley, L. A., Medina, W., Robison, C. L., Chang, W. E., Alagappan, A., Bah, M. J., Dawood, M. Y., Shah, J. D., Mark, B., Kendall, N., Smith, M. A., Saviolakis, G. A., & Meyerhoff, J. L. (2004). Acute social defeat reduces neurotrophin expression in brain cortical and subcortical areas in mice. *Brain Res.*, 1025(1–2), 10–20.

Plener, P., Ignatius, A., Huber-Lang, M., & Fegert, J. (2017). Auswirkungen von Missbrauch, Misshandlung und Vernachlässigung im Kindesalter auf die psychische und physische Gesundheit im Erwachsenenalter. *Nervenheilkunde*, 36, 161–167.

Putnam, K., Harris, W., & Putnam, F. (2013). Synergistic Childhood Adversities and Complex Adult Psychopathology. *J Trauma Stress*, 26.

Rauch, S. L., Shin, L. M., & Phelps, E. A. (2006). Neurocircuitry Models of Posttraumatic Stress Disorder and Extinction: Human Neuroimaging Research—Past, Present, and Future. *Biol Psychiatry*, 60(4), 376–382.

Rolls, E. T., O'Doherty, J., Kringelbach, M. L., Francis, S., Bowtell, R., & McGlone, F. (2003). Representations of pleasant and painful touch in the human orbitofrontal and cingulate cortices. *Cereb Cortex (New York, NY: 1991)*, 13(3), 308–317.

Shin, L. M., & Liberzon, I. (2010). The neurocircuitry of fear, stress, and anxiety disorders. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 169–191.

Shin, L. M., Wright, C. I., Cannistraro, P. A., Wedig, M. M., McMullin, K., Martis, B., Macklin, M. L., Lasko, N. B., Cavanagh, S. R., Krangel, T. S., Orr, S. P., Pitman, R. K., Whalen, P. J., & Rauch, S. L. (2005). A functional magnetic resonance imaging study of amygdala and medial prefrontal cortex responses to overtly presented fearful faces in posttraumatic stress disorder. *Arch Gen Psychiatry*, 62(3), 273–281.

Shin, L., Rauch, S., & Roger, P. (2006). Amygdala, Medial Prefrontal Cortex, and Hippocampal Function in PTSD. *Ann N Y Acad Sci.*, 1071, 67–79.

Siegel, D. (2007). Mindfulness training and neural integration: Differentiation of distinct streams of awareness and the cultivation of well-being. *Soc Cogn Affect Neurosci.*, 2.

Simantov, R., Blinder, E., Ratovitski, T., Tauber, M., Gabbay, M., & Porat, S. (1996). Dopamine-induced apoptosis in human neuronal cells: inhibition by nucleic acids antisense to the dopamine transporter. *Neuroscience*, 74(1), 39–50.

Smith, S. M., & Vale, W. W. (2006). The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues Clin Neurosci.*, 8(4), 383–395.

Stoltenborgh, M., bakermans-kranenburg, M., Alink, L., & van IJzendoorn, M. (2014). The Prevalence of Child Maltreatment across the Globe: Review of a Series of Meta-Analyses. *Child Abuse Review*, 24.

Strauss, T., Rottstädt, F., Sailer, U., Schellong, J., Hamilton, J. P., Raue, C., Weidner, K., & Croy, I. (2019). Touch aversion in patients with interpersonal traumatization. *Depress Anxiety*, 36(7), 635–646.

Teicher, M. H., Samson, J. A., Anderson, C. M., & Ohashi, K. (2016). The effects of childhood maltreatment on brain structure, function and connectivity. *Nat Rev Neurosci.*, 17(10), 652–666.

Terock, J., Hannemann, A., Klinger-König, J., Janowitz, D., Grabe, H. J., & Murck, H. (2022). The neurobiology of childhood trauma-aldosterone and blood pressure changes in a community sample. *World J Biol Psychiatry*, 23(8), 622–630.

Tomoda, A., Polcari, A., Anderson, C. M., & Teicher, M. H. (2012). Reduced visual cortex gray matter volume and thickness in young adults who witnessed domestic violence during childhood. *PloS One*, 7(12), e52528.

Tomoda, A., Sheu, Y.-S., Rabi, K., Suzuki, H., Navalta, C. P., Polcari, A., & Teicher, M. H. (2011). Exposure to parental verbal abuse is associated with increased gray matter volume in superior temporal gyrus. *NeuroImage*, 54 Suppl 1, S280-6.

Trickett, P. K., Noll, J. G., Susman, E. J., Shenk, C. E., & Putnam, F. W. (2010). Attenuation of cortisol across development for victims of sexual abuse. *Dev Psychopathol.*, 22(1), 165–175.

Tricoli, C., Croy, I., Steudte-Schmiedgen, S., Olausson, H., & Sailer, U. (2017). Heart rate variability is enhanced by long-lasting pleasant touch at CT-optimized velocity. *Biol Psychol.*, 128, 71–81.

Turecki, G., & Meaney, M. J. (2016). Effects of the Social Environment and Stress on Glucocorticoid Receptor Gene Methylation: A Systematic Review. *Biol Psychiatry*, 79(2), 87–96.

Tzourio-Mazoyer, N., Landeau, B., Papathanassiou, D., Crivello, F., Etard, O., Delcroix, N., Mazoyer, B., & Joliot, M. (2002). Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *NeuroImage*.

Uddin, M., Aiello, A. E., Wildman, D. E., Koenen, K. C., Pawelec, G., de Los Santos, R., Goldmann, E., & Galea, S. (2010). Epigenetic and immune function profiles associated with posttraumatic stress disorder. *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 107(20), 9470–9475.

Uvånas-Moberg, K., Arn, I., & Magnusson, D. (2005). The psychobiology of emotion: The role of the oxytocinergic system. *Int J Behav Med.*, 12, 59–65.

van Harmelen, A.-L., van Tol, M.-J., Dalgleish, T., van der Wee, N. J. A., Veltman, D. J., Aleman, A., Spinhoven, P., Penninx, B. W. J. H., & Elzinga, B. M. (2014). Hypoactive

medial prefrontal cortex functioning in adults reporting childhood emotional maltreatment. *Soc Cogn Affect Neurosci.*, 9(12), 2026–2033.

von Mohr, M., Kirsch, L., & Fotopoulou, A. (2017). The soothing function of touch: Affective touch reduces feelings of social exclusion. *Sci Rep.*, 7.

Vranic, A. (2003). Personal Space in Physically Abused Children. *Environment and Behavior*, 35(4), 550–565.

Vythilingam, M., Heim, C., Newport, D. J., Miller, A., Anderson, E., Bronen, R., Brummer, M., Staib, L., Vermetten, E., Charney, D., & Bremner, J. (2003). Childhood Trauma Associated With Smaller Hippocampal Volume in Women With Major Depression. *Am J Psychiatry*, 159, 2072–2080.

Weathers, F. W., Bovin, M. J., Lee, D. J., Sloan, D. M., Schnurr, P. P., Kaloupek, D. G., Keane, T. M., & Marx, B. P. (2018). The clinician-administered ptsd scale for DSM-5 (CAPS-5): Development and initial psychometric evaluation in military veterans. *Psychol Assess.*

Weaver, I. C. G., Cervoni, N., Champagne, F. A., D'Alessio, A. C., Sharma, S., Seckl, J. R., Dymov, S., Szyf, M., & Meaney, M. J. (2004). Epigenetic programming by maternal behavior. *Nature Neuroscience*, 7(8), 847–854.

Weekes, D. P., Kagan, S. H., James, K., & Seboni, N. (1993). The phenomenon of hand holding as a coping strategy in adolescents experiencing treatment-related pain. *J Pediatr Oncol Nurs.*, 10(1), 19–25.

Wegman, H. L., & Stetler, C. (2009). A meta-analytic review of the effects of childhood abuse on medical outcomes in adulthood. *Psychosom Med.*, 71(8), 805–812.

Whitcher, S. J., & Fisher, J. D. (1979). Multidimensional reaction to therapeutic touch in a hospital setting. *J Pers Soc Psychol.*, 37(1), 87–96.

Wilhelm, F. H., Kochar, A. S., Roth, W. T., & Gross, J. J. (2001). Social anxiety and response to touch: incongruence between self-evaluative and physiological reactions. *Biol Psychol.*, 58(3), 181–202

Witt, A., Brown, R., Plener, P., Brähler, E., & Fegert, J. (2017). Child maltreatment in Germany: Prevalence rates in the general population. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 11.

Witt, A., Sachser, C., Plener, P., Brähler, E., & Fegert, J. (2019). The Prevalence and Consequences of Adverse Childhood Experiences in the German Population. *Dtsch Arztebl Int.*, 116.

Wittchen, H., Zaudig, M., & Fydrich, T. (1997). *Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV, Hogrefe*. In Göttingen, Germany.

Woon, F. L., & Hedges, D. W. (2008). Hippocampal and amygdala volumes in children and adults with childhood maltreatment-related posttraumatic stress disorder: a meta-analysis. *Hippocampus*, 18(8), 729–736.

Xie, W., Barr, C. L., Kim, A., Yue, F., Lee, A. Y., Eubanks, J., Dempster, E. L., & Ren, B. (2012). Base-resolution analyses of sequence and parent-of-origin dependent DNA methylation in the mouse genome. *Cell*, 148(4), 816–831.

Yehuda, R., Hoge, C., Mcfarlane, A., Vermetten, E., Lanius, R., Nievergelt, C., Hobfoll, S., Koenen, K., Neylan, T., & Hyman, S. (2015). Post-traumatic stress disorder. *Nat Rev Dis Primers*, 15057.

Zhang, L. X., Levine, S., Dent, G., Zhan, Y., Xing, G., Okimoto, D., Kathleen Gordon, M., Post, R. M., & Smith, M. A. (2002). Maternal deprivation increases cell death in the infant rat brain. *Brain Res Dev Brain Res.*, 133(1), 1–11.

Zotterman, Y. (1939). Touch, pain and tickling: an electro-physiological investigation on cutaneous sensory nerves. *J Physiol.*, 95(1), 1–28.

13. Erklärung zum Eigenanteil

Im Rahmen dieses umfangreichen Forschungsprojekts war ich maßgeblich an der Konzeption, Durchführung und Auswertung der Studie beteiligt. Meine Aufgaben umfassten die Rekrutierung von über 20 ProbandInnen für die Sport- und Stresstestungen, bei denen ich aktiv mitwirkte. Dabei gestaltete und verteilte ich eigenständig die Informationsmaterialien wie Flyer und Aushänge und übernahm die Kommunikation mit den Interessenten, sowohl per E-Mail als auch im telefonischen Erstgespräch.

Die sportlichen Belastungstests sowie Stresstests und die damit verbundenen Geruchsprobengewinnung wurden ebenfalls von mir durchgeführt. Die Daten dieser Tests, die auch im Rahmen einer weiteren Dissertation detailliert beschrieben werden, haben wir gemeinsam ausgewertet und systematisch erfasst. Anschließend koordinierte ich die Einladungen der TeilnehmerInnen zur MRT-Untersuchung, führte sie durch den Ablauf der Studie und unterstützte bei der Ausfüllung der Fragebögen.

Die MRT-Testungen erfolgten in Zusammenarbeit mit meinen Kolleginnen und Kollegen Herrn Heinen-Ludwig und Frau Gieling. Während der MRT-Termine übernahm ich außerdem die Veranlassung der Blutentnahmen, das Vorbereiten der ProbandInnen für die Aufnahmen sowie die Durchführung der verhaltensbezogenen Tests. Im Rahmen der behavioralen Testungen war stets einer von uns der Versuchsleiter bzw. die Versuchsleiterin, die die ProbandInnen während der MRT-Untersuchung berührten. Außerdem führten wir das IPD-Experiment mit den ProbandInnen durch. Bei allen fMRT-Messungen war ich beteiligt.

Ein bedeutender Teil meiner Arbeit lag auch in der Datenverarbeitung. Ich übertrug die erfassten Daten in elektronische Formate und unterstützte maßgeblich die anschließende Dateninterpretation, die ich mit der Erstautorin, Frau Maier, gemeinsam gestaltete.

14. Danksagung

Die Fertigstellung dieser Doktorarbeit wäre ohne die Hilfe und Unterstützung vieler Personen nicht möglich gewesen. An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei ihnen bedanken.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. René Hurlemann für die freundliche Bereitstellung des Themas und die kontinuierliche Unterstützung in der Forschung und Arbeit. Seine Expertise und sein Engagement waren von unschätzbarem Wert.

Ein außerordentlicher Dank geht an Prof. Dr. Dirk Scheele, der mir während des gesamten Forschungsprozesses als mein Betreuer zur Seite stand. Seine Anleitung und stetige Unterstützung waren unverzichtbar, und ich bin ihm zutiefst dankbar für seine Geduld und sein Vertrauen in mich.

Meiner lieben Schwester, Miruna Stefan, möchte ich für ihre überwältigende Unterstützung danken. Sie stand mir in den herausforderndsten Momenten zur Seite, spendete mir Mut und half mir bei Recherchen, Korrekturen und moralischer Unterstützung. Ihre Geduld und Hingabe waren von unschätzbarem Wert, und ich danke ihr von Herzen für die Zeit und Mühe, die sie in meine Arbeit investiert hat.

Schließlich möchte ich meiner Familie danken, die mir während dieser Zeit den Rücken gestärkt hat. Ihr Verständnis, Ihre Geduld und Ihre ständige Ermutigung gaben mir die nötige Stabilität, um mich auf meine Arbeit zu konzentrieren. Ich schätze Ihre Unterstützung mehr, als ich in Worte fassen kann.