

Kontrollzwang und Sense of Agency
Eine Untersuchung mithilfe von Virtueller Realität

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Anna Großmann

aus Wittlich

2026

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachterin: Prof. Dr. med. Alexandra Philipsen
2. Gutachter: Prof. Dr. Dipl.-Psych. Klaus Konrad Fließbach

Tag der mündlichen Prüfung: 26.01.2026

Aus der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	7
1.	Deutsche Zusammenfassung	9
1.1	Einleitung	9
1.1.1	Hinführung zur Thematik	9
1.1.2	Erkenntnisinteresse und Aufbau der vorliegenden Arbeit	13
1.2	Material und Methoden	14
1.2.1	Teilnehmer	14
1.2.2	Allgemeines Vorgehen	14
1.2.3	Psychologische Diagnostik und Stichprobencharakterisierung	15
1.2.4	Technische Apparatur und virtuelle Umgebung	18
1.2.5	Virtuelles Herdparadigma	18
1.2.6	Statistische Analyse	20
1.3	Ergebnisse	22
1.3.1	Demographische und klinische Merkmale	22
1.3.2	Ergebnisse für Block 1	22
1.3.2.1	Subjektive SoA-Ratings	22
1.3.2.2	Subjektive Sicherheits-Ratings	24
1.3.2.3	Subjektive Angst-Ratings	25
1.3.3	Ergebnisse für Block 2	25
1.3.4	Ergebnisse für Block 3	26
1.3.5	Korrelationsergebnisse	26
1.4	Diskussion	28
1.4.1	Gewichtung und Bewertung der Erkenntnisse	28

1.4.1.1	Niedrigerer SoA bei Patienten mit Zwangserkrankung	28
1.4.1.2	Mögliche Einflüsse des Gedächtnisses auf den SoA	29
1.4.1.3	Mögliche Einflüsse des Verantwortungsempfinden auf den SoA	33
1.4.1.4	Positiver und negativer SoA	34
1.4.1.5	Mögliche Einflüsse des selbstbezogenen Unvollständigkeitserlebens	35
1.4.1.6	Möglicher Einfluss der Interozeption äußerer Bedingungen	36
1.4.2	Limitationen	38
1.4.3	Perspektiven	39
1.4.4	Fazit	40
1.5	Zusammenfassung	41
1.6	Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung	43
2.	Veröffentlichungen	54
3.	Erklärung zum Eigenanteil	55
4.	Danksagung	56

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Analysis of Variance
BDI-II	Beck Depressions-Inventar II
DSM-5	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5
EDA	Elektrodermale Aktivität
EEG	Elektroenzephalogramm
HA	Harm Avoidance
HMD	Head-Mounted Display
ICD 10	Internationaler statistischer Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme 10
Mini-DIPS	Mini-Diagnostisches Interview bei psychischen Störungen
NJRE	Not-Just-Right-Experiences
NJRE-I	Subskala Intensität des Not Just Right Questionnaire-Revised
NJRE-O	Subskala Vorkommen des Not Just Right Questionnaire-Revised
NJRE-QR	Not Just Right Experiences Questionnaire-Revised
OCD	Obsessive Compulsive Disorder
OCI-R	Obsessive-Compulsive Inventory-Revised
OCI-R-C	Subskala Kontrollzwänge des Obsessive-Compulsive Inventory-Revised
OCTCDQ	Obsessive-Compulsive Trait Core Dimensions Questionnaire
OCTCDQ IC	Subskala Incompleteness des Obsessive-Compulsive Trait Core Dimensions Questionnaire
RAS	Responsibility Attitude Scale
SCID I	Structured Clinical Interview for DSM-IV Axis I Disorders
SoA	Sense of Agency
SoAS	Sense of Agency Scale
SoNA	negativer Sense of Agency
SoPA	positiver Sense of Agency
SU	Selbstbezogenes Unvollständigkeitserleben
VR	Virtuelle Realität
VRSQ	Virtual Reality Sickness Questionnaire
VVIQ	Vividness of Visual Imagery Questionnaire

Y-BOCS CL Yale-Brown Compulsive Obsessive Scale Checklist

1. Deutsche Zusammenfassung

1.1 Einleitung

1.1.1 Hinführung zur Thematik

„Ich habe den Knopf auf ‚aus‘ gestellt. Weiß es auch, habe aber trotzdem nicht das Gefühl, dass ich es getan habe.“

„In Wirklichkeit drehe ich nicht an den Hähnen, sondern an etwas in mir selber. Ich sehe ja, dass die Hähne in Ordnung sind, aber mein Gefühl sagt mir, dass etwas nicht in Ordnung ist, und so fange ich eben wieder mit den Hähnen an, denn an ihnen kann man ja wirklich drehen.“ (Ecker und Gönner, 2006)

So beschreiben Patienten, die an Kontrollzwängen im Rahmen einer Zwangserkrankung leiden, das Gefühl bei und unmittelbar nach ihren Handlungen. Unter der Zwangserkrankung (engl. Obsessive-Compulsive-Disorder, OCD) wird eine psychiatrische Störung verstanden, die insbesondere durch zwei Leitsymptome charakterisiert ist: Zwangsgedanken und Zwangshandlungen (Cervin, 2023; Richter und Ramos, 2018). Dabei liegt die Lebenszeitprävalenz der Erkrankung zwischen 1 und 3 Prozent (Adam et al., 2012; Cervin, 2023), der Beginn der Erkrankung ist bei etwa 60 bis 70 Prozent der Betroffenen vor dem 25. Lebensjahr (Cervin, 2023).

In diesem Zusammenhang werden Zwangsgedanken als rekurrente, intrusive und auch persistierende Gedanken beschrieben, die sich Patienten mit Kontrollzwang aufdrängen, obwohl diese versuchen, dem zu widerstehen, und sie durchaus auch als irrational identifizieren können (Adam et al. 2012; Cervin, 2023). Ergänzend dazu beschreiben Zwangshandlungen repetitive oder stereotypische Verhaltensweisen, die ein Individuum seiner Ansicht nach durchführen muss, und deren Nicht-Durchführen zu einem hohen Stresserleben führt (Richter und Ramos, 2018). Insgesamt ist die Zwangserkrankung durch eine relative Symptombreite und –diversität charakterisiert (Zisler et al., 2024). So können beispielsweise Zwangshandlungen etwaig in Form von Ordnungs-, Wasch- und auch Kontrollzwängen auftreten (Cervin, 2023). Häufig werden Zwangshandlungen durchgeführt, um das Unwohlsein, das Zwangsgedanken hervorgerufen haben, wieder aufzulösen und

somit die handelnde Person subjektiv zu entlasten. Bei fehlender Therapie ist der Krankheitsverlauf häufig chronisch (Abramowitz et al., 2018). Im Alltagsleben nehmen die Zwangssymptome auch bei Routinetätigkeiten häufig Zeit in Anspruch (Zisler et al., 2024), was zu starken Einschränkungen im Alltag führt (Eisen et al., 2006) und ebenfalls mit einer verminderten Lebensqualität einhergeht (Pampaloni et al., 2022).

Die oben genannten Zitate lassen nun erahnen, woran es möglicherweise liegen kann, dass Handlungen bei Personen mit Zwangserkrankung repetitiv durchgeführt werden. Die Durchführung der Handlung wird offenbar durch die handelnde Person als nicht vollständig empfunden: Es scheint *irgendetwas* zu fehlen, was somit letztendlich dazu zu führen scheint, dass die Handlungen wiederholt ausgeführt werden. Dieser fehlende Faktor kann bisweilen jedoch durch die handelnde Person noch nicht genauer benannt oder beschrieben werden.

In der Literatur werden hauptsächlich zwei Basismotive, die den Betroffenen zur Durchführung von Zwangshandlungen motivieren, diskutiert: *Schadensvermeidung* (englisch Harm Avoidance, HA) und das *Nicht-Genau-Richtig-Erleben* (englisch Not-Just-Right-Experiences, NJREs) / *Unvollständigkeitserleben* (englisch Incompleteness, IC) (Summerfeldt et al., 2014). HA beschreibt dabei eine langfristig bestehende, mit der Zwangserkrankung assoziierte Eigenschaft („Trait“) (Bey et al., 2017; Josefsson et al., 2013). Diese ist mit dem ausgeprägten Wunsch verbunden, einen etwaig aus den eigenen Handlungen oder Nicht-Handlungen resultierenden Schaden möglichst vermeiden zu wollen (Gönner et al., 2008). Patienten mit Zwangserkrankung weisen in Studien höhere Ausprägungen als gesunde Probanden bei ebendieser Eigenschaft auf (Ettelt et al., 2008; Kardeş et al., 2024; Kim et al. 2009; Richter et al., 1996). In der aktuellen Forschung ist HA ein viel diskutierter Endophänotyp (vererbbarer Trait, der mit der betreffenden Erkrankung assoziiert ist) der Zwangserkrankung (Bey et al., 2020). Es wird weiterhin diskutiert, dass ein verstärktes Verantwortungsgefühl mit dem Motiv der Schadensvermeidung und mit der Zwangserkrankung in Zusammenhang stehen kann (Calamari et al., 2006). Bei der Durchführung von Zwangshandlungen kann dies etwa dazu führen, dass die handelnde Person mit Zwangserkrankung umso sicherer sein möchte, den hieraus möglicherweise entstehenden Schaden zu vermeiden – beispielsweise durch Wiederholungen. Mit dem verstärkten Verantwortungsgefühl ist also bei Zwangshandlungen auch eine erhöhte Angst oder Belastung verbunden (Salkovskis et al., 1999).

Die zweite Handlungsmotivation ist, wie oben beschrieben, der Wunsch, NJREs/IC zu reduzieren (Belayachi und Van der Linden 2010; Belloch et al., 2016; Bragdon und Coles, 2017; Coles et al., 2003; Pietrefesa und Coles, 2009; Summerfeldt et al., 2014). Das Vorliegen von NJREs/IC führt dazu, dass vollständig durchgeführte und abgeschlossene Handlungen von Patienten mit Zwangserkrankung als eben nicht in solcher Weise wahrgenommen werden können (Summerfeldt et al., 2014), sondern dass etwas „nicht ganz so ist, wie es sein sollte“ (Sica et al., 2015), sich folglich *unvollständig* anfühlt. Dieser einer Zwangshandlung möglicherweise zugrundeliegende Aspekt ist bereits seit vielen Jahren bekannt. So bezeichnete ihn erstmalig 1903 Pierre Janet in einer Abhandlung über die Erkrankung als ‚les sentiments d’incomplétude‘ (Ecker und Gönner, 2006; Heim und Bühler, 2003; Janet, 1903). Dabei scheint eine veränderte Erfahrung des Selbst eine nicht unwesentliche Rolle zu spielen. Es wird häufig eine innere Verfassung oder eine Empfindung beschrieben, dass die „seelischen Aktivitäten bis hin zum Verhalten „unvollständig“ sind“, was jedoch genauer zu präzisieren schwierig erscheint (Ecker und Gönner, 2006). Dieses veränderte Selbsterleben ist insbesondere kurz vor sowie kurz nach und während einer Zwangshandlung ausgeprägt (Ecker et al., 2013). Wenn beispielsweise eine Person mit Zwangserkrankung einen Lichtschalter betätigt, könnte sie das Gefühl des Lichtschalters am Finger und das Drücken des Lichtschalters als nicht ganz richtig und unvollständig empfinden. Durch eben diese Empfindung wird die Handlung in Folge wiederholt durchgeführt mit dem Wunsch, diese nach Beendigung als vollständig abgeschlossen zu empfinden (Ecker und Gönner, 2006). NJREs können dabei in verschiedenen Modalitäten (z. B. visuell, auditiv, taktil, propriozeptiv) erlebt werden (Ecker und Gönner, 2006) und betreffen 70 % - 80 % der Personen mit Zwangserkrankung (Ferrão et al., 2012). Mit NJREs wird auch das selbstbezogene Unvollständigkeitserleben (SU) in Verbindung gesetzt (Ecker und Gönner, 2017). Unter SU versteht man eine spezifische dissoziative Erfahrung, welche in direkter Verbindung mit der Zwangserkrankung steht (Ecker und Gönner, 2017). Hierbei wird die Instanz des „handelnden Selbsts“ nicht vollständig und korrekt in die Gedächtnisrepräsentation einer Handlung miteingeschlossen. Dies führt letzten Endes nach Abschluss dieser dazu, dass die Erinnerungen von der handelnden Person nicht als vollständig und abhängig von sich selbst als „der Akteur der Handlung“ empfunden werden können (Ecker und Gönner, 2017).

Weiterhin wurde die Zwangserkrankung mit einem veränderten Sense of Agency (SoA) in Verbindung gebracht (Belayachi und Van der Linden, 2010). In der deutschen Sprache lässt sich der Ausdruck wohl am ehesten mit dem Begriff Autorschaftserleben abbilden, jedoch wird aufgrund sprachlich besserer Abbildbarkeit in der folgenden Arbeit weiterhin der englische Begriff verwendet. Der Sense of Agency beschreibt die Empfindung einer handelnden Person, der Initiator und auch „Autor“ der eigenen, gerade freiwillig durchgeführten Handlung zu sein (Braun et al., 2018). SoA beschreibt dabei keine fehlerfreie Wiedergabe der Realität, sondern kann durch subjektive Empfindungen und Interpretationen beeinflusst und verändert sein (Moore, 2016). Eine Hypothese zur Entstehung des SoA ist, dass er sich bildet, wenn die eigenen Vorhersagen hinsichtlich des Ergebnisses der gerade durchgeführten Handlung mit den sensomotorischen Erfahrungen während und nach der Durchführung verglichen werden (Di Plinio et al., 2020). Betätigt also ein Patient mit Zwangserkrankung mit der Hand einen Lichtschalter, um das Licht auszuschalten, findet vor, während und nach der Handlung ein andauernder Vergleich des erwarteten sensorischen Feedbacks mit dem tatsächlichen Feedback statt (beispielsweise das Gefühl des Lichtschalters am Finger, der Druck und das Geräusch des Schalters beim Umlegen oder die folgende Dunkelheit im Raum nach der Handlung). Wenn Erwartung und Realität miteinander übereinstimmen, entsteht bei der handelnden Person das Gefühl, die Handlung selbst initiiert und kontrolliert zu haben. Diese Vergleichsmechanismen zwischen dem *realen* Vorgang bzw. Ergebnis und dem *erwarteten* Vorgang bzw. Ergebnis scheinen bei Patienten mit Zwangserkrankung nicht im selben Maße zu funktionieren wie bei gesunden Personen, was möglicherweise die unbeeinträchtigte Empfindung des SoA beeinflussen könnte (Belayachi and Van der Linden, 2010). In einigen Studien konnten bei Personen mit Zwangserkrankung passend zu dieser Hypothese Defizite bei internen Motorvorhersagen (Gentsch et al., 2012) und in der kausalen Zuschreibung von Handlungen (Giuliani et al., 2017) festgestellt werden.

Der SoA wurde bereits in mehreren Studien in Verbindung mit NJREs gebracht (Belayachi und Van der Linden, 2010; Giuliani et al., 2017; Soffer-Dudek, 2014; Soffer-Dudek 2023). In einer der Studien wurde festgestellt, dass Patienten mit Zwangserkrankung in frühen Stadien der Informationsverarbeitung möglicherweise Defizite in der Differenzierung von selbst- und extern generierten visuellen Ereignissen aufweisen (Gentsch et al., 2012). Es

fiel außerdem eine positive Korrelation von erhöhtem SoA mit Gefühlen der Unvollständigkeit auf (Gentsch et al., 2012). Auch klinisch spiegelt sich die Überlappung von SoA und NJRE/IC in Aussagen betroffener Patienten wider wie man an den oben beschriebenen Zitaten deutlich erkennen kann.

1.1.2 Erkenntnisinteresse und Aufbau der vorliegenden Arbeit

Die gegenwärtige Studie soll mögliche Veränderungen des SoAs bei Patienten mit Zwangserkrankung sowie die Beziehung von SoA und NJREs/IC bei der Zwangserkrankung näher untersuchen und beleuchten. Der Ansatz zur Verwendung von virtueller Realität zur Untersuchung der Zwangserkrankung ist dabei ein recht neuer (Wiebe et al., 2022). VR-Szenarien, die auf die Zwangserkrankung spezialisiert waren, konnten in der Vergangenheit sowohl zwischen gesunden Probanden und Patienten mit Zwangserkrankung unterscheiden (Pedroli et al., 2019) als auch Symptome provozieren und Angst induzieren (Kim et al., 2008; Kim et al., 2009). Das für die aktuelle Studie speziell entwickelte Paradigma ermöglicht die gezielte Manipulation von Handlungen ebenso wie die von Ergebnissen in einer symptomprovozierenden Umgebung. In der VR wurde den Patienten mit Zwangserkrankung und den gesunden Probanden ein Herd präsentiert, der unter verschiedenen Aufgabenbedingungen auszuschalten war. Dabei konnte untersucht werden, ob und inwieweit die Kontrolle über Handlung (nicht-manipulierte vs. manipulierte Handlung) und Ergebnis (Herd an vs. Herd aus) das Erleben des SoA bei Patienten mit Zwangserkrankung und gesunden Probanden beeinflusst. Die Grundannahme war hierbei zum einen, dass der SoA bei Patienten mit Zwangserkrankung niedriger sein würde als bei den gesunden Probanden, und zum anderen, dass die experimentellen Manipulationen diesen Haupteffekt modulieren könnten. Zusätzlich wurden sowohl der taskbasierte als auch der traitbasierte SoA mit klinischen Variablen wie beispielsweise Symptom schwere, NJREs und erhöhtem Verantwortungsempfinden korreliert, wobei erwartet wurde, dass der SoA sowohl bei beiden Teilnehmergruppen negativ mit NJREs/IC und erhöhtem Verantwortungsempfinden korreliert ist.

1.2 Material und Methoden

1.2.1 Teilnehmer

Teilnehmer der Studie waren 20 Patienten mit Zwangserkrankung, deren Rekrutierung über die Hochschulambulanz der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie des Universitätsklinikums Bonn erfolgte, sowie 25 gesunde Probanden. Für die Rekrutierung der gesunden Probanden aus der allgemeinen Bevölkerung wurden Anzeigen über krankenhauserne Mailverteiler versendet sowie Anzeigen in lokalen Medien und sozialen Medien veröffentlicht.

Sowohl für die Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung als auch für die gesunden Probanden waren die Einschlusskriterien ein Beherrschen der deutschen Sprache, ein normaler oder ein auf normal korrigierter Visus, ein normales oder ein auf normal korrigiertes Hörvermögen sowie die Fähigkeit, in die Teilnahme an der Studie vollumfänglich einzuwilligen. Bei den Patienten mit Zwangserkrankung war ein zusätzliches Einschlusskriterium die Erfüllung der Diagnosekriterien einer Zwangserkrankung nach Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5 (DSM-5) oder nach Internationaler statistischer Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme 10 (ICD-10). Ausschlusskriterien bei den gesunden Probanden waren akut vorliegende psychologische oder neurologische Erkrankungen sowie eine Zwangserkrankung oder verwandte Erkrankung in der Vergangenheit. Als Ausschlusskriterium bei den Patienten mit Zwangserkrankung galt das Vorliegen einer anderen schweren psychiatrischen Erkrankung (insbesondere einer Schizophrenie, Abhängigkeitserkrankung oder bipolaren Störung) oder neurologischen Erkrankung (insbesondere einer Epilepsie).

Die Studienteilnahme war freiwillig; ebenso konnten die Teilnehmer die Studie zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen abbrechen.

1.2.2 Allgemeines Vorgehen

Der Studienablauf setzte sich aus den folgenden Bestandteilen zusammen (vgl. Abbildung 1; Großmann et al., 2025):

- Die Teilnehmer wurden ausführlich und umfänglich sowohl über den Inhalt als auch über die Ziele der Studie aufgeklärt;
- es erfolgte das freiwillige und schriftliche Einverständnis der Probanden in die Teilnahme an der Studie;

- die Teilnehmer beantworteten die Selbstbeurteilungsfragebögen, was auch von zuhause mittels eines Online-Codes möglich war (~30 Minuten);
- die Teilnehmer beantworteten die klinischen Interviews vor Ort (~45 Minuten) und
- das VR-Experiments wurde durchgeführt (~15 Minuten).

Zu Beginn wurden die Messelektroden zur Messung der elektrodermalen Aktivität (EDA) angelegt. Danach wurde das VR-Experiment ohne Pause über drei Blöcke hinweg mittels einer VR-Brille als Head-Mounted-Display (HMD) durchgeführt.

Durchführungsort der Studie war das VR-Labor der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universitätsklinik Bonn.

1.2.3 Psychologische Diagnostik und Stichprobencharakterisierung

Die psychologische Diagnostik und die Stichprobencharakterisierung der Probanden basierte auf zwei Säulen: einerseits auf den Selbstbeurteilungsfragebögen, die die Probanden zuhause via SoSci-Survey (Leiner, 2021) ausfüllten, andererseits auf den vor Ort durchgeführten klinischen Fragebögen. Die Selbstauskunftsfragebögen beinhalteten neben demographischen Fragen (Alter, Geschlecht, Ausbildung) die deutsche Version des Obsessive-Compulsive Inventory-Revised (OCI-R) (Foa et al., 2002; Gönner et al., 2008), die deutsche Übersetzung des Obsessive-Compulsive Trait Core Dimensions Questionnaire (OCTCDQ) (Ecker et al., 2011), die deutsche Version des Not Just Right Questionnaire-Revised (NJRE-QR) (Coles et al., 2003) die deutsche Version des Beck Depressions-Inventar II (BDI-II) (Beck et al., 1996; Kühner et al., 2007), eine deutsche Übersetzung der Sense of Agency Scale (SoAS) (Tapal et al., 2017) sowie eine deutsche Übersetzung der Responsibility Attitudes Scale (RAS) (Salkovskis et al., 2000). Zusätzlich zu diesen Fragebögen erhielten die Patienten mit Zwangserkrankung die Yale-Brown Compulsive Obsessive Scale Checklist (Y-BOCS CL; Goodman et al., 1989; Hand und Büttner-Westphal, 1991) zur Evaluation und Verifizierung der aktuellen Kontrollsymptome.

Mit Anwendung des NJRE-QR können sowohl das NJRE-Vorkommen (NJRE-O) als auch deren Intensität (NJRE-I) erfasst werden. Es wurde das Vorkommen von verschiedenen NJREs (z. B. „Beim Zurückstellen eines Buches ins Regal habe ich das Gefühl gehabt, dass es unter den anderen Büchern einfach nicht ganz richtig aussah“) in den letzten Monaten mittels 10 Items auf einer fünfstufigen Likert-Skala (0 = „gar nicht“ bis 4 = „sehr

stark“) evaluiert. Danach sollten sieben Ratings hinsichtlich der Intensität des stärksten NJRE der letzten Monate auf einer 7-Punkt-Likert-Skala (1= „gar nicht“ bis 7 = „sehr stark“) ausgefüllt werden.

Mittels der SoAS wurde der traitbasierte SoA erfasst. Die englische SoAS verwendet 11 Items auf einer 7-Punkt-Likert-Skala (1 = „stimme gar nicht zu“ bis 7 = „stimme voll zu“). Zu Beginn der Studie lag jedoch noch keine validierte Übersetzung der SoAS vor, sodass die Skala übersetzt wurde (Douglas und Craig, 2007). Eine erst kürzlich validierte und publizierte deutsche Version des SoAS (Bart et al., 2023) zeigte sich im Nachgang in vielen Punkten, jedoch nicht in allen identisch mit der in dieser Studie entwickelten Version. Zur weiteren Auswertung wurde Item 4 aus der Originalversion des SoAS nicht mitberücksichtigt (Bart et al., 2023) und es wurden zwei Subscores erstellt: zum einen der positive SoA (SoPA; 5 Items), zum anderen der negative SoA (SoNA; 5 Items). Dabei meint der SoPA eher ein Gefühl der Kontrolle (z. B. „Ich habe die vollkommene Kontrolle darüber, was ich tue“), wohingegen der SoNA ein Gefühl der Hilflosigkeit zum Inhalt hat (z. B. „Während ich handle, fühle ich mich wie ein kontrollierter Roboter“; Tapal et al., 2017).

Mittels des OCI-R können die allgemeinen Symptomdimensionen der Zwangserkrankung bewertet werden. Der Fragebogen besteht aus 18 Items (drei für jede der sechs Subskalen, z. B. „Ich kontrolliere Dinge häufiger, als es notwendig wäre“), die auf einer fünfstufigen Likert Skala (0 = „überhaupt nicht“ bis 4 = „extrem“) bewertet werden sollen. Eine der sechs Subskalen befasst sich spezifisch mit Kontrollzwängen (OCI-R-C) und wurde ebenfalls für diese Studie berechnet.

Mittels des OCTCDQ konnte die Erfahrung der Probanden mit Incompleteness (IC) näher untersucht und quantifiziert werden. Dabei konnten auf der Subskala „Incompleteness“ zehn Items (z. B. „Ich habe das Gefühl, ich muss Dinge auf eine ganz bestimmte Art und Weise machen, obwohl ich vielleicht Schwierigkeiten hätte, diese bestimmte Art und Weise in Worte zu fassen“) auf einer fünfstufigen Likert-Skala (1 = „nie“ bis 5 = „immer“) bewertet werden.

Die RAS wurde zur Erfassung von erhöhtem Verantwortungsempfinden angewendet. Dabei beinhaltet sie 26 Items (z. B. „Ich fühle mich oft verantwortlich für Dinge, die falsch laufen“), die auf einer siebenstufigen Likert-Skala von 1 (stimme gar nicht zu) bis 7 (stimme vollständig zu) angeordnet sind. Auch hier gab es, wie bzgl. der SoAS, bei Beginn

der Studie keine validierte deutsche Übersetzung, sodass auch hier die Übersetzung durch die Verfasser der Studie (Großmann et al., 2025) erfolgte (Douglas und Craig, 2007).

Die deutsche Version des BDI-II quantifiziert die aktuelle Schwere möglicher begleitend vorliegender depressiven Symptome (z. B. „Traurigkeit“). Der BDI-II besteht aus 21 Items, die auf einer 4-Punkt-Likert Skala von 0 bis 3 rangieren.

Vor Beginn des Experimentes wurden alle Probanden auf das Vorliegen psychischer Erkrankungen hin untersucht (Mini-Diagnostisches Interview bei psychischen Störungen (Mini-DIPS); Markgraf und Cwik, 2017). Bei Patienten mit Zwangserkrankung wurde zur Evaluation der Zwangssymptome zusätzlich das Y-BOCS-Interview (Goodman et al., 1989; Hand and Büttner-Westphal, 1991) durchgeführt. Der Y-BOCS Score besteht aus zehn Items, die auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 0 bis 4 bewertet werden sollen. Des Weiteren wurde die Lebendigkeit visueller mentaler Vorstellungen der Teilnehmer untersucht. Dies wurde mittels der deutschen Version des Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ; (Marks, 1972; Jungmann et al., 2022) evaluiert. Dabei soll bei vier Szenen (mit je vier Items) die Lebendigkeit eines mentalen Vorstellungsbildes auf einer fünfstufigen Likert-Skala (1 = „überhaupt kein Vorstellungsbild“ bis 5 = „absolut klar und lebhaft als würde ich es tatsächlich sehen“) bewerten werden.

Eine Liste der zugehörigen inneren Konsistenzen (gemessen mit Cronbach's α) ist Tabelle 1 zu entnehmen. Diese sind durchgängig als gut bis exzellent zu bewerten. Für die weitere statistische Analyse wurden folgende Summenscores und Subscores berechnet: BDI-II, RAS, OCTCDQ (mit dem Subscore IC), OCI-R (mit dem Subscore Kontrollsymptome), NJRE-QR (mit den Subscores Vorkommen und Intensität), SoA-Scale (SoPA und SoNA), YBOCS und VVIQ.

Tab.1: Übersicht über die internen Konsistenzen der ausgefüllten Selbstbeurteilungsfragebögen (BDI-II: Beck Depression-Inventar II; NJRE-O: Subskala Vorkommen des Not Just Right Questionnaire-Revised; NJRE-I: Subskala Intensität des Not Just Right Questionnaire-Revised; OCI-R: Obsessive-Compulsive Inventory-Revised; OCI-R-C: Subskala Kontrollzwänge des Obsessive-Compulsive Inventory-Revised; OCTCDQ IC: Subskala Incompleteness des Obsessive-Compulsive Trait Core Dimensions Questionnaire; RAS: Responsibility Attitude Scale; SoNA: negativer Sense of Agency; SoPA: positiver Sense of Agency; VVIQ: Vividness Of Visual Imagery Questionnaire; Y-BOCS-Score: Yale-Brown Compulsive Obsessive Scale Score):

Fragebogen	Interne Konsistenz (Cronbach's α)
NJRE-O	0,89
NJRE-I	0,97
SoPA	0,82
SoNA	0,87
OCI-R	0,93
OCI-R-C	0,86
OCTCDQ IC	0,96
RAS	0,97
BDI-II	0,92
Y-BOCS Score	0,80
VVIQ	0,87

1.2.4 Technische Apparatur und virtuelle Umgebung

Die Größe des VR-Simulationsfeldes betrug 3 x 3 m. Die Konfiguration der virtuellen Umgebung erfolgte mittels des Programms Unity 3D Version 2019.1.10f1 (Unity Technologies, San Francisco, CA, USA) und C#. Die Einrichtung der virtuellen Küche (vgl. Abbildung 2; Großmann et al., 2025) bestand zum einen aus Objekten aus dem Unity Asset Store und CGTrader, zum anderen aus selbst entworfenen Objekten (Blender Foundation, Amsterdam, Niederlande) und aus von verschiedenen Quellen heruntergeladenen Objekten (z.B. Unity Asset Store). Zur Präsentation der virtuellen Umgebung wurde die VR-Brille HTC Vive Pro Eye (HTC Corporation, Taoyuan City, Taiwan) verwendet (Bildwiederholungsrate: 90 Hertz; Auflösung: 1.440 x 1600 px pro Auge; Sichtfeldbreite: 110 Grad). Um die oberen Extremitäten sowie die Gesten der Probanden in der virtuellen Realität zu verfolgen und in die virtuelle Realität zu übersetzen, wurde das Leap Motion System 1.0 (Ultralea, Bristol, Vereinigtes Königreich) verwendet (bestehend aus einem optischen Sensor und einem korrespondierenden Software-Paket). Wenn folglich der Teilnehmer in der physischen Welt z.B. die rechte Hand nach oben bewegt, dann ahmen die virtuellen Hände diese Bewegung nach und die virtuelle rechte Hand bewegt sich synchron ebenfalls nach oben.

1.2.5 Virtuelles Herdparadigma

Zu Anfang des in der virtuellen Küche implementierten Herdparadigmas (vgl. Abbildung 2; Großmann et al., 2025) wurde folgendes Szenario eingeführt: „*Stellen Sie sich vor, Sie müssen Ihre Wohnung für eine Verabredung verlassen. Sie kommen erst spät am Abend zurück. Im oberen Stockwerk wohnt eine alte Dame, die tagsüber auf ihre Enkelkinder*

aufpasst. Bitte schalten Sie den Herd aus, den Sie gerade benutzt haben, um Mittagessen zu kochen.“ Nach einer Trainingsphase begann die eigentliche Aufgabe, in welcher der Herd unter unterschiedlichen experimentellen Bedingungen ausgeschaltet werden musste. Das Experiment bestand aus drei Blöcken.

Der erste Block 1 beinhaltete dabei vier experimentelle Bedingungen:

- *Handmanipulation: Nein/Herzustand: Aus*; das bedeutet, dass die virtuelle Hand den Kopf des Herdes wie geplant betätigte und der Herd ausgeschaltet wurde;
- *b) Handmanipulation: Ja/Herzustand: Aus*; das bedeutet, dass die virtuelle Hand sich zwar in Richtung des Knopfes bewegte, dann jedoch durch experimentelle Manipulation abgelenkt wurde und diesen letztlich nur am Rand betätigte, der Herd jedoch trotzdem wie geplant ausgeschaltet wurde;
- *c) Handmanipulation: Nein/Herzustand: An*; das bedeutet, dass die virtuelle Hand den Knopf des Herdes zwar wie geplant betätigte, der Herd hierbei jedoch nicht ausgeschaltet wurde; und
- *d) Handmanipulation: Ja/Herzustand: An*; das bedeutet, dass die virtuelle Hand sich zwar dem Kopf des Herdes annäherte, diesen dann jedoch verfehlte und der Herd nicht ausgeschaltet wurde.

Jede diese Bedingungen wurde pseudorandomisiert viermal wiederholt, folglich gab es 16 Trials.

Block 2 war etwas freier gestaltet, indem die Probanden die Handlung des Herdausschaltens beliebig wiederholen konnten, bis sie absolute Sicherheit darüber gewonnen hatten, dass der Herd ausgeschaltet war. Weder die Handbewegungen noch der Herdzustand wurden dabei experimentell manipuliert. Dieser Block bestand aus drei Trials.

Block 3 beinhaltete mehrere Bestandteile. Zuerst sollte der virtuelle Herd durch den Teilnehmer ausgeschaltet werden. Während der Handlung wurde die Handbewegung nicht manipuliert und der Herd war nach Beendigung der Handlung ausgeschaltet. Die Handlung wurde währenddessen aufgezeichnet. Nach beendeter Handlung wurde dem Probanden eine kurze Videosequenz gezeigt. In dieser war entweder die eben aufgezeichnete, *unveränderte* Handlung zu sehen (selbstgeneriert) oder die eben aufgezeichnete, aber *leicht veränderte* Handlung (computergeneriert). Nach Abspielen des Videos sollte durch die Teilnehmer beurteilt werden, ob die gerade gezeigte Handlung die selbstgenerierte oder computergenerierte Handlung war. Der Block bestand aus sechs Trials und die

jeweils drei selbstgenerierten und drei computergenerierten Handlungen wurden in pseudo-randomisierter Reihenfolge gezeigt.

In Block 1 und 2 wurden nach jedem Trial das aktuelle Erleben an SoA (Braun et al., 2014; Braun et al., 2016) („Haben Sie den Herd gerade wie beabsichtigt ausgeschaltet?“), die aktuelle Sicherheit, dass der Herd ausgeschaltet war („Ist der Herd ausgeschaltet?“) und das aktuelle Maß an Angst („Wie ängstlich sind Sie gerade?“) auf einer siebenstufigen Likert-Skala erfragt. Zusätzlich wurde in Block 2 gemessen, wie lange jeweils die Zeit bis zur Beendigung eines jeden Trials dauerte. Dies wurde als Indikator für die Kontrolldauer gewertet.

In Block 1 und 2 wurden für die statistische Auswertung die Mittelwerte von SoA, Sicherheit und Angst berechnet. Dabei erfolgte in Block 1 die Berechnung in jeder Bedingung, während in Block 2 die Berechnung über die Bedingungen hinweg erfolgte. Außerdem wurde in Block 2 zur Messung der Kontrolldauer die durchschnittliche Zeit bis zur Beendigung des Trials berechnet. In Block 3 wurde ausgewertet, wie viele der selbst- und computergenerierten Handlungen die Teilnehmer jeweils richtig zugeordnet hatten.

1.2.6 Statistische Analyse

Die finale statistische Analyse (durchgeführt mittels SPSS 27 (IBM)) wurde mit 20 Patienten mit Zwangserkrankung und 23 gesunden Probanden durchgeführt, da zwei gesunde Probanden aufgrund von Rauschmittelkonsum von der Studienteilnahme ausgeschlossen werden mussten.

Zur Durchführung der Gruppenvergleiche wurden für nominale Variablen (Geschlecht, Händigkeit) Chi-Quadrat-Tests und bei metrischen Skalen für normalverteilte Variablen (Kontrolldauer in Block 2) *t*-Tests und für nicht-normalverteilte Variablen (SoA, Sicherheit und Angst in Block 2) Mann-Whitney *U*-Tests angewendet. Der Kolmogorov-Smirnow-Test wurde dabei zur Überprüfung der Normalität der Daten durchgeführt.

Für die Mittelwerte der SoA-, Sicherheits- und Angstratings wurden in Block 1 separate $2 \times 2 \times 2$ gemischte Varianzanalysen (ANOVAs) mit Handmanipulation (Ja vs. Nein) und Herdzustand (An vs. Aus) als Innersubjektfaktoren sowie Gruppe (gesunde Probanden vs. Patienten mit Zwangserkrankung) als Zwischensubjektfaktor durchgeführt. Da es bei zwei Patienten mit Zwangserkrankung bei der Aufnahme der subjektiven Ratings zu technischen Fehlern kam, mussten diese aus der weiteren Analyse ausgeschlossen werden.

Bei signifikanten Interaktionseffekten wurden Post-hoc-Tests durchgeführt, um die Interaktionen weiter zu erklären.

In Block 2 wurden die Mittelwerte von Kontrolldauer, SoA, Sicherheit und Angst über die drei Trials hinweg berechnet. Danach erfolgen Tests zum Gruppenvergleich separat für jeden Parameter. Ein Proband zeigte über alle drei Trials hinweg eine Kontrolldauer, die durchschnittlich mehr als fünf Standardabweichungen höher war als die der anderen Probanden. Dieser Proband wurde aus den weiteren Analysen exkludiert.

Wie oben beschrieben wurde in Block 3 die Summe der jeweils richtig zugeordneten selbstgenerierten und computergenerierten Handlungen berechnet. Bei einem Probanden wurden hierbei die Daten nicht vollständig aufgezeichnet, weswegen dieser aus den weiteren Analysen exkludiert werden musste. Um die jeweiligen Gruppenunterschiede genauer zu untersuchen, erfolgte die Anwendung von Mann-Whitney-U-Tests.

Des Weiteren wurden verschiedene Korrelationen berechnet. Bei normalverteilten Messgrößen wurden Pearson-Korrelationen angewendet und bei nicht-normalverteilten Daten Spearman-Korrelationen. Es wurden mögliche Assoziationen zwischen folgenden Variablen überprüft: Y-BOCS-Score (nur Patienten mit Zwangserkrankung), OCI-R-C, Trait-SoA (SoPA und SoNA), RAS-Score und den drei sich überlappenden Maße von NJRE/Incompleteness, OCTCDQ IC, NJRE-O und NJRE-I, außerdem mit SoA, Sicherheit und Angst während Block 1 in der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung und spezifisch mit den SoA-Ratings in der Bedingung *Handmanipulation: Ja/ Herzzustand: Aus*. In der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung waren alle Messgrößen normalverteilt, in der Gruppe der gesunden Probanden waren die Messgrößen von SoNA, OCTCDQ IC, NJRE-O und NJRE-I nicht normalverteilt.

Hinsichtlich des Alters ergab sich in den statistischen Analysen ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe mit den Patienten mit Zwangserkrankung und der Gruppe mit den gesunden Probanden ($t(41) = 2,03$; $p = 0,049$; $d = 0,62$). Um hier weitere mögliche etwaige Assoziationen zwischen dem Alter und anderen Parametern herauszufinden, die möglicherweise die Ergebnisse beeinflussen würden, wurden weiterführende bivariate Pearsonkorrelationen zwischen dem Alter und den relevanten Parametern durchgeführt. Hierbei ergaben sich keine signifikanten Assoziationen (alle $p > 0,05$). Somit konnten die weiteren Analysen ohne Alter als Kovariate durchgeführt werden.

Es erfolgte die Festlegung des Signifikanzniveaus bei Untersuchungen der Gruppenunterschiede und ANOVAs auf $\alpha = 0,05$. Da sich bei den Korrelationsanalysen multiple Korrelationen ergaben, wurden hier lediglich Korrelationen mit einem p -Wert $< 0,1$ als signifikant bewertet. Es wurde der Cohen's d zur Berechnung der Effektstärken von ANOVAs und t -Tests sowie der r -Wert zur Berechnung der Effektstärken der Mann-Whitney U -Tests verwendet.

1.3 Ergebnisse

1.3.1 Demographische und klinische Merkmale

In der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung lag parallel zu der vorliegenden Zwangserkrankung bei einigen Personen zusätzlich eine Angststörung (40 %), eine affektive Störung (25 %) oder eine posttraumatische Belastungsstörung (5 %) vor. Die demographischen Merkmale beider Gruppen unterschieden sich nicht signifikant bis auf die Variable Alter. Die Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung zeigte sich als signifikant älter (Patienten mit Zwangserkrankung: $M = 38,25$ Jahre; $SD = 12,91$ Jahre; gesunde Probanden: $M = 30,48$ Jahre, $SD = 12,19$ Jahre) (für die ausführlichen Daten zu demographischen und klinischen Merkmalen vgl. Tabelle 1, Großmann et al., 2025). In den durchgeführten Korrelationen der Variable Alter mit den anderen Parametern ergaben sich jedoch keine signifikanten Interaktionen ($p > 0,05$). Die Selbstbeurteilungsfragebögen ergaben folgende Ergebnisse: Bei den Summenscores des OCTCDQ IC, BDI-II, OCI-R, NJRE-O, NJRE-I sowie des SoNA zeigten die Patienten mit Zwangserkrankung signifikant höhere Werte. Bei den Summenscores des SoPA und des VVIQ zeigten die gesunden Probanden signifikant höhere Werte.

1.3.2 Ergebnisse für Block 1

1.3.2.1 Subjektive SoA-Ratings

Die subjektiven Ratings in Block 1 wurden mittels $2 \times 2 \times 2$ gemischten ANOVAs untersucht. Die Parameter Gruppe ($F(1,39) = 5,46$; $p = 0,025$, $\eta_p^2 = 0,12$), Handmanipulation ($F(1,39) = 87,16$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,69$) und Herzstatus ($F(1,39) = 165,64$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,81$) zeigten signifikante Haupteffekte (vgl. Abbildung 3a-b, Großmann et al., 2025):

- a) Patienten mit Zwangserkrankung wiesen einen niedrigeren SoA im Vergleich zu den gesunden Probanden auf

- b) Unter manipulierter Handbewegung war der SoA signifikant niedriger als unter nicht-manipulierter Handlung
- c) Unter weiterhin angeschaltetem Herd war der SoA signifikant niedriger als bei ausgegangenem Herd

Die beiden Parameter Handmanipulation und Herdzustand interagierten ebenfalls signifikant miteinander ($F(1,39) = 72,27$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,69$). In den Follow-up ANOVAs zeigte sich, dass bei angeschaltetem Herd die Handmanipulation einen stark negativen Effekt auf den SoA zeigte (follow-up ANOVA: $F(1,39) = 91,03$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,70$), während sich jedoch bei ausgeschaltetem Herd kein signifikanter Effekt ergab (follow-up ANOVA: $F(1,39) = 3,65$; $p = 0,064$, $\eta_p^2 = 0,85$). Zusätzlich interagierten die Parameter Handmanipulation \times Herdzustand \times Gruppe ($F(1,39) = 6,12$; $p = 0,018$; $\eta_p^2 = 0,14$) miteinander. Die Interaktion wurde mittels gruppenspezifischer ANOVAs weiter untersucht. Hierbei ergab sich ein Haupteffekt sowohl der Parameter Handmanipulation (Patienten mit Zwangserkrankung: $F(1,17) = 23,61$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,58$; gesunde Probanden: $F(1,22) = 78,77$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,78$) und Herdzustand (Patienten mit Zwangserkrankung: $F(1,17) = 56,97$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,77$; gesunde Probanden: $F(1,22) = 118,63$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,84$) als auch eine Interaktion der Faktoren Handmanipulation \times Herdzustand in der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung wie in der Gruppe der gesunden Kontrollprobanden (Patienten mit Zwangserkrankung: $F(1,17) = 13,73$; $p = 0,002$; $\eta_p^2 = 0,45$; gesunde Probanden: $F(1,22) = 79,62$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,78$). Dieser Interaktionseffekt zeigte sich dabei ausgeprägter in der Gruppe der gesunden Probanden (vgl. Abbildung 3a-b, Großmann et al., 2025): Bei angeschaltetem Herd und einhergehender Manipulation wiesen beide Gruppen einen ähnlich niedrigen SoA auf. Bei angeschaltetem Herd und fehlender Manipulation wies die Gruppe der Personen mit Zwangserkrankung einen niedrigeren SoA auf als die Gruppe der gesunden Probanden.

In Post-hoc-ANOVAs mit jeweils unterschiedlichem Herdzustand zeigte sich bei ausgeschaltetem Herd ein signifikanter Effekt der Gruppe ($F(1,39) = 15,27$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,28$). Die Parameter Manipulation ($F(1,39) = 3,65$; $p = 0,064$; $\eta_p^2 = 0,28$) und die Interaktion Handmanipulation \times Gruppe ($F(1,39) = 3,02$, $p = 0,090$; $\eta_p^2 = 0,07$) waren jedoch nicht signifikant. Bei angeschaltetem Herd zeigte sich ein signifikanter Effekt der Manipulation ($F(1,39) = 91,03$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,70$). Die Parameter Gruppe ($F(1,39) = 0,74$; $p = 0,40$;

$\eta_p^2 = 0,02$) und die Interaktion Handmanipulation \times Gruppe ($F(1,39) = 3,65$; $p = 0,063$; $\eta_p^2 = 0,09$) waren nicht signifikant.

1.3.2.2 Subjektive Sicherheits-Ratings

Ähnlich waren die Ergebnisse für das subjektive Sicherheitsempfinden (vgl. Abbildung 3c-d; Großmann et al., 2025). Die Parameter Gruppe ($F(1,39) = 9,00$; $p = 0,005$; $\eta_p^2 = 0,19$), Handmanipulation ($F(1,39) = 64,19$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,62$) und Herdzustand ($F(1,39) = 163,08$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,81$) zeigten sich in den $2 \times 2 \times 2$ gemischten ANOVAs signifikant:

- a) Patienten mit Zwangserkrankung wiesen eine niedrigere Sicherheit auf als die gesunden Probanden
- b) Unter manipulierter Handbewegung war die Sicherheit niedriger als unter nicht-manipulierter Handbewegung
- c) Bei weiterhin angeschaltetem Herd war die Sicherheit niedriger als bei ausgeschaltetem Herd

Die Parameter Handmanipulation \times Herdzustand interagierten signifikant ($F(1,39) = 41,11$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,51$). Bei angeschaltetem Herd zeigte der Parameter Handmanipulation einen negativen Effekt auf die Sicherheit (follow-up ANOVA: $F(1,39) = 61,25$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,61$), bei ausgeschaltetem Herd war dieser Effekt etwas schwächer (follow-up ANOVA: $F(1,39) = 4,49$; $p = 0,040$; $\eta_p^2 = 0,10$). Die Faktoren Handmanipulation \times Herdzustand \times Gruppe ($F(1,39) = 8,48$; $p = 0,006$; $\eta_p^2 = 0,18$) interagierten ebenfalls signifikant miteinander. In den daran anschließenden gruppenspezifischen ANOVAs ergab sich ein signifikanter Effekt des Parameters Handmanipulation (Patienten mit Zwangserkrankung: $F(1,17) = 17,03$; $p = 0,001$; $\eta_p^2 = 0,50$; gesunde Probanden: $F(1,22) = 56,83$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,72$) sowie des Herdzustands (Patienten mit Zwangserkrankung: $F(1,17) = 49,40$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,74$; gesunde Probanden: $F(1,22) = 130,26$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,86$). Des Weiteren ergab sich eine Interaktion von Handmanipulation \times Herdzustand (Patienten mit Zwangserkrankung: $F(1,17) = 4,63$; $p = 0,046$; $\eta_p^2 = 0,21$; gesunde Probanden: $F(1,22) = 57,38$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,72$), welche sich in der Gruppe der gesunden Probanden stärker zeigte als bei den Patienten mit Zwangserkrankung (vgl. Abbildung 3c-d; Großmann et al., 2025):

Bei angeschaltetem Herd und einhergehender Manipulation wiesen beide Gruppen eine ähnlich niedrige Sicherheit auf. Bei angeschaltetem Herd und fehlender Manipulation wies die Gruppe der Personen mit Zwangserkrankung einen niedrigeren SoA auf als die Gruppe der gesunden Probanden. In zwei Post-hoc-ANOVAs mit unterschiedlichem Herd-zustand ergaben sich bei ausgeschaltetem Herd signifikante Effekte der Parameter Manipulation ($F(1,39) = 4,49$; $p = 0,040$; $\eta_p^2 = 0,10$) und Gruppe ($F(1,39) = 19,73$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,34$). Die Parameter Handmanipulation \times Gruppe interagierten nicht signifikant miteinander ($F(1,39) = 19,73$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,34$). Bei angeschaltetem Herd zeigte der Parameter Handmanipulation einen signifikanten Effekt ($F(1,39) = 61,25$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,61$). Außerdem interagierten die Parameter Handmanipulation und Gruppe signifikant miteinander ($F(1,39) = 5,43$; $p = 0,025$; $\eta_p^2 = 0,12$). Der Parameter Gruppe zeigte sich nicht signifikant ($F(1,39) = 1,43$; $p = 0,24$; $\eta_p^2 = 0,04$).

1.3.2.3 Subjektive Angst-Ratings

Bei den statistischen Untersuchungen zu den subjektiven Angst-Ratings wurden ebenfalls $2 \times 2 \times 2$ gemischte ANOVAs durchgeführt. Hierbei zeigten sich signifikant erhöhte Werte an Angst in der Gruppe der Personen mit Zwangserkrankung (Haupteffekt des Parameters Gruppe ($F(1,39) = 47,79$; $p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,55$)) sowie bei angeschaltetem Herd (Haupteffekt des Parameters Herdzustand ($F(1,39) = 4,19$; $p = 0,048$; $\eta_p^2 = 0,10$)) (vgl. Abbildung 3e-f; Großmann et al., 2025).

1.3.3 Ergebnisse für Block 2

Die Patienten mit Zwangserkrankung kontrollierten den Herdzustand signifikant länger ($t(16,43) = 4,11$; $p = 0,001$; $d = 1,52$) als die gesunden Probanden (Patienten mit Zwangserkrankung: $M = 12,66$; $SD = 5,56$; gesunde Probanden: $M = 6,51$; $SD = 1,69$). Des Weiteren unterschieden sich beide Gruppen bei den Parametern SoA, Sicherheit und Angst signifikant. Die Patienten mit Zwangserkrankung gaben einen signifikant niedrigeren SoA ($U = 135,50$; $p = 0,002$; $r = 0,47$), niedrigere Sicherheit ($U = 109,00$, $p < 0,001$, $r = 0,57$) und höhere Angst ($U = 104,50$, $p = 0,001$, $r = 0,51$) als die gesunden Probanden an.

1.3.4 Ergebnisse für Block 3

Die Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung erkannte die selbst durchgeführten Handlungen signifikant weniger als die gesunden Probanden ($U = 155,00$; $p = 0,025$; $r = 0,35$). Die computergenerierten Handlungen erkannten beide Gruppen in ähnlichem Maße wieder ($p > 0,05$).

1.3.5 Korrelationsergebnisse

Es wurden zur genaueren Evaluation der Assoziationen der Parameter untereinander unterschiedliche Korrelationen, sowohl zwischen den einzelnen Fragebogenmaßen als auch zwischen Fragebogenmaßen und aufgabenbasierten Ratings (SoA, Sicherheit, Angst) für beide Gruppen, berechnet (vgl. Abbildung 4; Großmann et al., 2025).

Die Korrelationen zwischen den einzelnen Fragebogenmaßen für Patienten mit Zwangserkrankung und gesunden Probanden wurden mittels Pearson-Korrelationen analysiert (vgl. Abbildung 4; Großmann et al., 2025).

Folgende signifikanten Korrelationen ergaben sich in der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung: Y-BOCs mit SoNA ($r = 0,66$; $p = 0,001$) und dem OCTCDQ IC ($r = 0,70$; $p = 0,001$); SoNA mit dem OCTCDQ IC ($r = 0,58$; $p = 0,007$) und dem RAS-Score ($r = 0,62$; $p = 0,004$); Interkorrelationen zwischen OCTCDQ IC, NJRE-O und NJRE-I ($0,66 < r < 0,73$). OCTCDQ IC, NJRE-O und NJRE-I korrelierten ebenfalls mit dem RAS-Score ($0,46 < r < 0,66$).

Folgende signifikante Korrelationen ergaben sich daneben in der Gruppe der gesunden Probanden: SoNA mit dem NJRE-O ($\rho = 0,55$; $p = 0,006$) und dem NJRE-I ($\rho = 0,55$; $p = 0,009$) und der OCI-R Kontroll-Subskala ($\rho = 0,44$; $p = 0,038$); OCI-R Kontrollsubskala mit OCTCDQ IC ($\rho = ,72$; $p < 0,001$), NJRE-O ($\rho = 0,77$; $p < 0,001$) und NJRE-I ($\rho = 0,75$; $p < 0,001$); RAS mit OCI-R-C ($r = 0,68$; $p < 0,001$), dem OCTCDQ IC ($\rho = 0,71$; $p < 0,001$), dem NJRE-O ($\rho = 0,65$; $p < 0,001$) und dem NJRE-I ($\rho = 0,61$; $p = 0,003$)

Bei den Assoziationen zwischen klinischen Charakteristika und den subjektiven Ratings ergaben sich bei der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung folgende Korrelationen: RAS mit dem SoA ($r = -0,68$; $p = 0,002$) und Sicherheit ($r = -0,68$; $p = 0,002$; für Angst: $r = 0,5$; $p = 0,036$) in Block 1; OCTCDQ IC mit den Mittelwerten der subjektiven Ratings von SoA ($r = -0,50$; $p = 0,033$), Sicherheit ($r = -0,52$; $p = 0,025$) und Angst ($r = 0,58$; $p = 0,011$); NJRE-O mit dem mittleren Level an SoA ($r = -0,51$; $p = 0,033$), NJRE-I und

dem mittleren Level an Angst ($r = 0,58$; $p = 0,019$); und der taskbasierte SoA mit dem Trait-SoA (So-NA: $r = -0,54$; $p = 0,02$; SoPA: $r = 0,49$; $p = 0,039$). Der Y-BOCS-Score und die subjektiven Ratings in Block 1 korrelierten nicht signifikant miteinander (mit SoA: $r = -0,46$; $p = 0,056$).

Es wurde davon ausgegangen, dass die Bedingung Handmanipulation: Ja/Herzstand: Aus am ehesten die subjektive Erfahrung eines erniedrigten SoA widerspiegelt. Aus diesem Grund wurde die Verbindung des SoA dieser Bedingung mit den Ergebnissen der Selbstauskunftsfragebögen mittels Spearman-Korrelationen untersucht. Hierbei ergaben sich mittlere bis hohe Korrelationen folgender Werte: SoNA ($\rho = -0,56$; $p = 0,011$), OCTCDQ IC ($\rho = -0,53$; $p = 0,015$), NJRE-O ($\rho = -0,57$; $p = 0,009$), NJRE-I ($\rho = -0,48$; $p = 0,030$), RAS-Score ($\rho = -0,85$; $p < 0,001$) und Y-BOCS-Score ($\rho = -0,48$; $p = 0,033$).

Ebenfalls erfolgte die erneute Durchführung der Korrelationsanalysen mit dem OCTCDQ HA anstatt des OCTCDQ IC, zum einen mit den Ergebnissen der vorab ausgefüllten Fragebögen, zum anderen mit den taskbasierten subjektiven Ratings bezüglich SoA, Sicherheit und Angst.

Bei den Korrelationen mit den Fragebögen ergaben sich - ähnlich wie beim OCTCDQ IC - starke Assoziationen mit dem Y-BOCS ($r = 0,79$; $p < 0,001$), wohingegen sich - im Gegensatz zum OCTCDQ IC ($r = 0,58$; $p = 0,007$ und $r = 0,62$; $p = 0,004$) - mit dem SoNA ($r = 0,46$; $p = 0,042$) und dem RAS ($r = 0,62$; $p = 0,004$) keine signifikanten Zusammenhänge ergaben. Interessanterweise führte das Miteinschließen des OCTCDQ HA als Kovariate dazu, dass die Korrelationen des OCTCDQ IC mit dem RAS ($r = 0,44$; $p = 0,062$) und dem SoNA ($r = 0,40$; $p = 0,087$) keine Signifikanz mehr ergaben.

Bei den Korrelationen mit den während der Durchführung des VR-basierten Paradigmas ausgefüllten subjektiven Ratings ergaben sich signifikante Korrelationen mit dem SoA ($r = -0,56$; $p = 0,015$) und der Sicherheit ($r = -0,50$; $p = 0,034$) in Block 1.

Die beobachteten diversen Assoziationen konnten zeigen, dass es sich bei den beiden Konstrukten IC und HA durchaus um ähnliche, jedoch nicht um völlig gleiche Konstrukte handelt, die beide auf unterschiedliche Art und Weise bei der Zwangserkrankung eine Rolle zu spielen scheinen. Die aktuell vorliegende Studie legt ihren Hauptfokus jedoch auf die Rolle der NJRE/IC. Zukünftige Studien sollten jedoch ebenfalls die Wertigkeit der HA mitberücksichtigen und in ihre Untersuchungen miteinschließen, um gegebenenfalls die Einflüsse beider Faktoren näher zu untersuchen und zu differenzieren.

1.4 Diskussion

1.4.1 Gewichtung und Bewertung der Erkenntnisse

Die aktuelle Studie verglich und untersuchte den SoA und etwaige Veränderungen von diesem bei gesunden Kontrollprobanden und Patienten mit Zwangserkrankung. Hierbei wurde ein spezielles Szenario entwickelt, in der ein virtueller Herd mittels einer virtuellen Hand ausgeschaltet werden sollte. Das Ausschalten des Herdes erfolgte unter vier Bedingungen: a) die virtuelle Hand imitierte die in der Realität durchgeführte Bewegung ohne Veränderungen oder in leicht verändertem Bewegungsablauf (*Handmanipulation Ja vs. Nein*) und b) der virtuelle Herd war am Ende der Handlung ausgeschaltet oder angeschaltet (*Herdzustand An vs. Aus*).

1.4.1.1 Niedrigerer SoA bei Patienten mit Zwangserkrankung

Es ergab sich ein signifikant niedrigerer taskbezogener SoA in der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung verglichen mit der Gruppe der gesunden Kontrollprobanden. Der traitbasierte SoNA war außerdem in der Gruppe der gesunden Probanden mit NJREs und subklinischen Kontrollprobanden assoziiert sowie mit erhöhter IC und erhöhtem Verantwortungsempfinden in der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung.

Ein erniedrigter SoA ist bereits vorher bei Patienten mit Zwangserkrankung oder bei Vorliegen von subklinischen Kontrollsymptomen in einigen Studien festgestellt worden: Belayachi und Van der Linden (2010) gaben ihren Probanden die Aufgaben, ein virtuelles Quadrat an einem Computer mittels Tasten auf einer Tastatur zu bewegen. Die Handlung war entweder manipuliert oder nicht manipuliert. Dabei sollte durch die Teilnehmer eingeschätzt werden, ob das Anhalten eines nachträglich angezeigten Quadrates in einer bestimmten Position von ihnen ausgelöst worden war oder nicht. In der Hälfte der Fälle war dabei die Position des Quadrats bereits vor der Handlung der Teilnehmer festgelegt worden. Die Aufgabe in der Studie von Gentsch et al. (2012) bestand darin, dass mittels Tastendrücken auf einer Tastatur die Farbe eines Quadrats auf einem Computerbildschirm geändert werden sollte. Eine zentrale Rolle in der Auswertung spielte hierbei die mittels EEG gemessene Suppression der N1-Komponente, welche als ein implizites physiologisches Maß des SoA betrachtet wurde. Giuliani et al. (2017) entwickelten einen Computertask, in dem die Teilnehmer auf einem Bildschirm verschiedenen Bewegungen einiger

Bälle zuschauen sollten. Dabei wurde jeweils durch verschiedene Stimuli (z. B. durch einen neu hinzukommenden Ball oder durch die Augenbewegungen des Probanden) ein Ton ausgelöst. Durch die Teilnehmer sollte dann erkannt werden, ob der Ton durch die eigenen Augenbewegungen oder einen externen Impuls ausgelöst worden war (Giuliani et al., 2017). Oren et al. (2016) widmeten sich dem Thema mittels einer linguistischen Aufgabe und anschließender Analyse. Sie gingen von der Annahme aus, dass durch eine systematische Sprachanalyse auf psychologische Grundannahmen, wie beispielsweise den Glauben an die eigene Handlungsfähigkeit (Duranti, 2004) rückgeschlossen werden kann. Beispielsweise kann das Auslassen des Handelnden oder die Verwendung alternativer Ausdrücke, die eine Distanz des Geschehnisses von der handelnden Person ausdrücken (so ist es ein Unterschied, wenn eine Person sagt „Die Autotür wird geschlossen“ oder „Ich schließe die Autotür“) auf einen verminderten SoA hindeuten. Interessanterweise kann dies auch dazu dienen, die eigene Verantwortung an den Geschehnissen zu verringern (Mancini et al., 2004). Oren et al. (2016) untersuchten basierend auf diesen Annahmen den Satzaufbau und die Formulierungen der Teilnehmer und somit anhand dessen deren SoA. Es zeigte sich, dass Probanden mit subklinischen Zwangssymptomen einen niedrigeren SoA aufwiesen als Probanden mit niedrigen Tendenzen zu einer Zwangserkrankung. Die Ergebnisse der aktuellen Studie schließen an die bisher erbrachten Ergebnisse an. Im selben Zuge erweitern sie diese Ergebnisse, da sie diesen Nachweis auch in einer symptomprovozierenden, naturalistischen VR-Umgebung erbringen.

1.4.1.2 Mögliche Einflüsse des Gedächtnisses auf den SoA

Block 2 repräsentierte eine naturalistischere Form der Durchführung einer möglichen Handlung im Rahmen des Kontrollzwangs, nämlich indem die Probanden die Möglichkeit hatten, den Herd so lange wiederholt zu kontrollieren und ohne Manipulation erneut auszuschaftern, bis sie sich vollständig sicher waren, dass er ausgeschaltet war. Hier zeigte sich ein signifikant niedrigerer SoA der Patienten mit Zwangserkrankung. Dies bestärkt somit die Validität des Ergebnisses eines erniedrigten SoA bei Patienten mit Zwangserkrankung auch unter nicht-manipulierten Bedingungen mit, wie in der Realität auch, wiederholt durchführbaren Kontrollen. Ein möglicher Grund für den erniedrigten SoA könnte der Einfluss wiederholt durchgeführter Kontrollen auf das Gedächtnis sein. Dieser Einfluss wurde in der Vergangenheit bereits mehrmalig untersucht: Van Den Hout und Kindt (2003,

2004) entwickelten ein Computerszenario, in welchem entweder virtuelle Herdplatten (Experimentalgruppe, „relevantes Kontrollieren“) oder virtuelle Glühbirnen (Kontrollgruppe, „irrelevantes Kontrollieren“) wiederholt durch gesunde Probanden an- und ausgeschaltet sowie kontrolliert werden sollten. Dabei wurde gezeigt, dass in der Experimentalgruppe durch das wiederholte Durchführen der Handlungen und das Kontrollieren der Herdplatte sowohl die Lebendigkeit des Gedächtnisses als auch das Vertrauen in das eigene Gedächtnis reduziert wurden (van Den Hout und Kindt, 2003; van den Hout und Kindt, 2004). Boschen und Vuksanovic (2007) erweiterten das oben beschriebene Szenario mittels weiterer Komponenten: es wurden sowohl gesunde Probanden als auch Patienten mit Zwangserkrankung eingeschlossen. Zum anderen sollte der zusätzliche Aspekt eines erhöhten Verantwortungsempfinden genauer untersucht werden. Beide Gruppen wurden somit noch zusätzlich aufgeteilt in eine Verantwortungsbedingung (eng. responsibility condition), in der vorgegeben wurde, dass eine fehlerhafte Handlung zu einem milden Stromschlag einer anderen Person im Nachbarraum führen würde, und in eine Bedingung ohne Verantwortung (eng. no responsibility condition), in der eine falsche Handlung keine Konsequenz hatte. Auch hier ergab sich, einhergehend mit den Ergebnissen von van den Hout und Kindt, eine Reduktion der Lebendigkeit und der Details des Gedächtnisses sowie des Vertrauens in dasselbe der Probanden durch wiederholtes Kontrollieren (Boschen und Vuksanovic, 2007). Des Weiteren ergaben sich Hinweise auf eine verstärkende Rolle des Faktors Verantwortungsempfinden auf die Abnahme der Lebhaftigkeit des Gedächtnisses, der weiter unten ausführlich diskutiert wird. In weiteren Studien konnte ebenfalls sowohl bei gesunden Probanden als auch bei Patienten mit Zwangserkrankung eine Abnahme des Vertrauens, der Details und der Lebendigkeit des Gedächtnisses festgestellt werden (Abbasi Jondani et al., 2023; Boschen et al., 2011; Coles et al., 2006; Dek et al., 2010; Dek et al., 2015; Linkovski et al., 2016; Radomsky et al., 2006). Der dem zugrundeliegende Mechanismus wurde bisher nur in wenigen Studien genauer untersucht. Van Den Hout und Kindt (2003a; 2003b; 2004) postulierten, dass wiederholtes Kontrollieren desselben Stimulus die Vertrautheit mit der zu kontrollierenden Handlung und dem zu kontrollierenden Zustand erhöht, was dann in Folge die Verarbeitung wahrnehmungsbezogener Merkmale hemmt. Dies führt letztlich dazu, dass die Erinnerungen als weniger lebendig und detailliert erlebt werden. Dieser Effekt tritt auch bei Gesunden auf (Johnston und Hawley, 1994), er scheint also nicht spezifisch für die Zwangserkrankung zu sein. Als

eine andere Möglichkeit wird diskutiert, dass das wiederholte Kontrollieren dazu führt, dass die erhöhte Anzahl an Kontrollen in einem einzigen Gedächtnisprototyp konsolidiert wird, anstatt dass für jede einzelne Kontrolle eine unabhängige Erinnerung gespeichert wird, was ebenfalls zu einer Reduktion der Lebendigkeit der Erinnerung führen könnte. Dek et al. (2015) konnten zeigen, dass wiederholte Kontrollen neben einer erhöhten Vertrautheit mit den kontrollierten Stimuli ebenfalls zu einer Automatisierung der Handlung führten, was zu negativen Effekten auf das Metagedächtnis sowohl bei den gesunden Probanden als auch bei den Patienten mit Zwangserkrankung führte (Dek et al., 2015). Passend zu diesen Erkenntnissen zeigten sich die Ergebnisse in Block 3. Die Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung erkannte ihre eigenen, soeben durchgeführten Handlungen in den danach abgespielten Videos signifikant seltener als die Gruppe der gesunden Probanden. Die Patienten mit Zwangserkrankung scheinen folglich auch ohne wiederholtes Kontrollieren ein weniger gutes Bewusstsein für soeben durchgeführte Handlungen zu haben. Es scheint also, abseits der oben beschriebenen Abnahme der Lebendigkeit des Gedächtnisses bei wiederholten Kontrollen, noch einen zusätzlichen Mechanismus bei Patienten mit Zwangserkrankung zu geben, welcher das Wiedererkennen der eigenen Handlung auch ohne durchgeführte Kontrollen erschwert. Ein Ansatz hierfür sind möglicherweise emotionale Fragestellungen (Fink et al., 2017), in deren Gegenwart bereits mögliche Verbindungen zwischen verminderter Gedächtnisleistung und der Zwangserkrankung diskutiert wurden (Christensen et al., 1992; Savage et al., 2000). Eine mögliche Verbindung könnte hierbei kognitive Selbstreflexion sein. Kognitive Selbstreflexion beschreibt die Eigenschaft, während einer Handlung die eigenen Gedanken und Handlungen genau und bewusst wahrzunehmen und zu beobachten (dies würde beispielsweise durch die eigene Einstellung „Ich achte genau auf das, was ich denke und wie ich denke“ repräsentiert werden). Es konnten bereits positive Assoziationen zwischen kognitiver Selbstreflexion und Symptomen der Zwangserkrankung gezeigt werden, des Weiteren wird die Eigenschaft als ein (meta)-kognitiver Trait der Zwangserkrankung diskutiert (Goldman et al., 2008; Hermans et al., 2008; Janeck et al., 2003; Kikul et al., 2011). So wurde beispielsweise in einer Studie die Rolle von kognitiver Selbstreflexion als Mediator zwischen Gruppenunterschieden bei gesunden Probanden und Patienten mit Zwangserkrankung hinsichtlich des episodischen Gedächtnisses herausgestellt (Exner et al., 2009). Kikul et al. (2011) entwickelten eine weiterführende Studie, in der Patienten mit

Zwangserkrankung und gesunde Probanden einen Gedächtnistest mit komplexen Figuren unter drei experimentellen Bedingungen durchführen mussten (a) gleichzeitige Fokussierung auf die eigenen Gedanken, b) gleichzeitige Fokussierung auf akustische Stimuli, c) keine gleichzeitige Fokussierung auf andere Aufgaben). Es zeigte sich übereinstimmend mit den vorherigen Studien, dass in der Bedingung, in der die Probanden sich auf die eigenen Gedanken fokussieren sollten (also eine verstärkte kognitive Selbstreflexion induziert wurde) nur die Patienten mit Zwangserkrankung eine reduzierte Gedächtnisleistung zeigten. Dies weist auf einen negativen Effekt erhöhter kognitiver Selbstreflexion auf die Kodierung von Erinnerungen im Gedächtnis hin. Die Ergebnisse aus Block 3 lassen sich ebenfalls in diesem Zusammenhang interpretieren. Patienten mit Zwangserkrankung scheinen sich aufgrund vermehrter kognitiver Selbstreflexion während einer Handlung viel mit von außen betrachtet irrelevanten Aspekten zu befassen (beispielsweise mit der Wahrnehmung und Aufnahme der Gefühle Angst und NJREs). Dies führt letztlich zu einer erschwerten Kodierung von Erinnerungen an die Handlung in das Gedächtnis, was dann letztlich zu einer niedrigeren Wiedererkennungsrates der eigenen Handlungen führt. Zusätzlich zeigten sich die visuellen mentalen Vorstellungen der Patienten mit Zwangserkrankung als signifikant weniger lebendig (Auswertung des VVIQ), was zusätzlich dazu führen könnte, dass die Lebendigkeit der Erinnerungen nicht im gleichen Ausmaß vorhanden ist wie bei gesunden Probanden.

Insgesamt lassen sich folglich zwei Vermutungen festhalten, die Einfluss auf die Lebendigkeit des Gedächtnisses und die Erinnerungen an Handlungen nehmen:

- a) Durch wiederholtes Kontrollieren sinkt die Lebendigkeit des Gedächtnisses und der Erinnerungen an die durchgeführten Handlungen, da aufgrund der Vertrautheit der Szene/Handlung und der gesammelten Speicherung der Handlung als eine Erinnerungskopie und nicht als jeder einzelnen Handlung die Qualität der Erinnerung abnimmt.
- b) Durch den bei Patienten mit Zwangserkrankung erhöhten Trait der kognitiven Selbstreflexion sind die Probanden während des Handelns (auch bei einmaligen Handlungen ohne Kontrollieren) mehr mit der Interozeption objektiv irrelevanter Aspekte beschäftigt, was zu einer eingeschränkten Kodierung von Erinnerungen an die Handlung in das Gedächtnis führt.

Als Konsequenz wird die Hypothese aufgestellt, dass die beiden oben beschriebenen Mechanismen möglicherweise einen niedrigen SoA der Patienten mit Zwangserkrankung weiter verstärken und somit entscheidend dazu beitragen, dass die Durchführung der Zwangshandlungen aufrechterhalten wird.

1.4.1.3 Mögliche Einflüsse des Verantwortungsempfinden auf den SoA

Interessanterweise konnte in einer Studie hinsichtlich der Untersuchung des Gedächtnisses bei Patienten mit Zwangserkrankung ein stark negativer Effekt des *Verantwortungsempfindens* auf das Vertrauen in das Gedächtnis (Boschen und Vuksanovic, 2007) herausgestellt werden. Ergänzend hierzu ist der RAS-Score in den vorliegenden Ergebnissen ausgeprägt negativ sowohl mit dem traitbasierten SoA als auch dem taskbasierten SoA korreliert. Hieraus lässt sich folgern, dass erniedrigter SoA und erhöhtes Verantwortungsempfinden miteinander assoziiert sind. Wenn ein Proband sich folglich weniger als Autor seiner Handlung empfindet, scheint er sich umso verantwortlicher für etwaige negative Konsequenzen seiner Handlung zu fühlen.

Die Rolle von erhöhter Verantwortung bei der Zwangserkrankung ist ein viel diskutiertes Thema. Unter anderem beschäftigte sich Salkovskis mit der Entwicklung eines erhöhten Verantwortungsempfindens (Salkovskis et al., 1999). Im Zentrum seiner Theorie steht dabei, dass, wenn eine Person früh in ihrem Leben schlechte Erfahrungen sammelt, dies dazu führt, dass sich dysfunktionale Glaubenssätze bezüglich der Verantwortung für etwaig aus den eigenen Handlungen entstehenden Schaden bilden. Frühe schlechte Erfahrungen können dabei beispielsweise eine umfassende Verantwortung seit der Kindheit, strenge Verhaltensregeln, überprotektive oder kritische Eltern oder ein Vorkommnis, das die Gesundheit eines anderen beeinflusste, sein.

Diese dysfunktionalen Glaubenssätze führen dazu, dass intrusive Gedanken in ihrer Bedeutung und Wichtigkeit überschätzt und misinterpretiert werden (Mitchell et al., 2020). Die daraus resultierenden Kontrollhandlungen verstärken dabei das erhöhte Verantwortungsempfinden (Salkovskis et al., 1999). Betrachtet man nun zusätzlich die Rolle des SoA, so macht dieser möglicherweise auf eine etwaige Inkonsistenz zwischen erlebter und erwünschter Kontrolle aufmerksam und verstärkt den oben beschriebenen Mechanismus zusätzlich. Wenn nun Zwangshandlungen, in dem Versuch diese Inkonsistenz zu reduzieren, ausgeführt werden und dabei ein erhöhtes Verantwortungsgefühl empfunden

wird, kann dadurch eben diese Inkonsistenz verstärkt werden. Mit dem erhöhten Verantwortungsempfinden bei der Zwangserkrankung ist die Motivdimension der Schadensvermeidung eng verbunden (Salkovskis et al., 1999). In verschiedenen Studien sind im Bereich der Schadensvermeidung höhere Ausprägungen bei Patienten mit Zwangserkrankung evaluiert worden als bei gesunden Probanden (Ettelt et al., 2008; Kardeş et al., 2024). In der aktuellen Studie konnten verschiedene Assoziationen zwischen Schadensvermeidung, Unvollständigkeitserleben, niedrigem SoA, erhöhtem Verantwortungsempfinden und der Symptomschwere der Kontrollzwänge nachgewiesen werden. Dies weist auf ein komplexes Zusammenspiel all dieser Variablen in der Entstehung und Aufrechterhaltung von Kontrollzwängen hin. Der Fokus in dieser Studie ist jedoch die Motivdimension der NJRE/IC gelegt; die Schadensvermeidung scheint dennoch eine wichtige, in dieser Studie nicht genau untersuchte Rolle zu spielen.

1.4.1.4 Positiver und negativer SoA

Zur genaueren Analyse des SoA wird des Weiteren wie in der SoAS nach SoPA und SoNA unterschieden. SoPA und SoNA sind dabei zwei verschiedene Dimensionen des SoA, denen in der SoAS jeweils unterschiedliche Fragen zugeordnet sind (Bart et al., 2023; Tapal et al. 2017). In der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung zeigt sich in den vorliegenden Ergebnissen ein signifikant erhöhter SoNA, der SoPA dagegen ist signifikant niedriger als bei den gesunden Probanden. Ähnliche Assoziationen ergaben sich bisher bei gesunden Probanden zwischen SoNA und subklinischen Kontrollzwängen (Tapal et al.; 2017). Demzufolge kann unterschieden werden zwischen einer *Änderung* im gesamten SoA und einer *Erniedrigung* im gesamten SoA. Ersteres kann dabei beispielsweise auf einen erhöhten SoNA bezogen sein (sich etwa beim Durchführen einer Handlung wie ein Roboter zu fühlen), zweiteres auf einen erniedrigten SoPA (z.B. das Gefühl zu haben, dass durchgeführte Handlungen Ergebnisse eines freien Willens sind) (Soffer-Dudek, 2023). Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen eben dies: die Schwere der Symptome korreliert signifikant sowohl mit einem höheren SoNA als auch mit einem niedrigeren SoPA. Patienten mit Zwangserkrankung scheinen sich somit bei repetitiven Kontrollhandlungen immer weniger als selbstbestimmt handelnd zu empfinden, sondern sie erlangen eher das Gefühl, dass sie durch die Zwangserkrankung kontrolliert werden und keinen

Einfluss auf ihr Handeln haben. SoNA und SoPA zeigen weiterhin unterschiedliche Korrelationsmuster zu den anderen Selbstbeurteilungsmaßen: Der SoNA ist bei den Patienten mit Zwangserkrankung mit dem Y-BOCS-Score, dem OCTCDQ IC und dem RAS positiv assoziiert, bei den gesunden Probanden mit NJRE-O und NJRE-I. Der SoPA ist bei den Patienten mit Zwangserkrankung negativ mit dem Y-BOCS-Score assoziiert, bei den gesunden Probanden gibt es keine ausgeprägten Assoziationen. Diese auseinandergehenden Assoziationen deuten darauf hin, dass es sich bei SoPA und SoNA um unterschiedliche Konstrukte handelt. Bei der Zwangserkrankung scheint dabei eher ein erhöhter SoNA vorzuliegen als ein niedriger SoPA (Soffer-Dudek, 2023). Da sich auch bei den gesunden Probanden signifikante Assoziationen zwischen subklinischen Kontrollsymptomen und negativem SoNA ergeben, handelt es sich hierbei möglicherweise um ein generelles psychologisches Phänomen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie (auch wenn es sich hierbei nicht um kausale Zusammenhangsuntersuchungen handelt) erwecken den Eindruck, dass die vorliegenden Assoziationen einander zu verstärken scheinen. Die vorliegenden signifikanten Zusammenhänge zwischen der Symptomschwere, NJRE/IC und einem erhöhtem Verantwortungsempfinden, die bereit vorher in anderen Studien nachgewiesen wurden (Ferrão et al., 2012; Sibrava et al., 2016) scheinen diese Hypothese zu bestätigen.

1.4.1.5 Mögliche Einflüsse des selbstbezogenen Unvollständigkeitserlebens

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen weiterhin signifikante Verbindungen zwischen NJREs/IC mit sowohl dem traitbasierten SoA als auch dem taskbasierten SoA. Hierbei stellt sich nun die Frage nach etwaigen Verbindungsfaktoren. Aktuell werden hierbei besonders dissoziative Erlebnisse diskutiert.

Das von Ecker und Gönner (2006; 2013) beschriebene Konstrukt des selbstbezogenen Unvollständigkeitserlebens (SU) führt die oben beschriebenen Konstrukte von NJRE und Dissoziation zusammen, indem SU als zwangsspezifische Form der Dissoziation beschrieben wird. Durch SU erleben Patienten mit Zwangserkrankung ein verändertes Empfinden ihres Selbst, ihrer Handlungen und der sie umgebenden Realität (Ecker et al., 2013); teils werden Handlungen als „wie von einem Roboter durchgeführt“ beschrieben (Ecker und Gönner, 2006). Dies kann sich von einem nur teilweise erlebten Depersonali-

sationserleben ausweiten bis zu einem Derealisationserleben, in dem auch die Umgebung der Patienten als unwirklich erlebt wird (Ecker und Gönner, 2006). Dadurch, dass sich die handelnde Person während der Handlung als losgelöst von sich selbst empfindet und teils auch ihre Umgebung als unwirklich erlebt wird, kann der Handlungsprozess nicht vollständig in das Gedächtnis integriert werden, da sozusagen der „persönliche Stempel [und das handelnde Selbst] fehlt“ (Ecker und Gönner, 2006). Das Gefühl, dass die Handlung vollständig und erfolgreich komplettiert worden ist, kann somit nicht durch die handelnde Person empfunden werden, auch wenn die Handlung mehrmals wiederholt wird. Die bereits oben beschriebene Qualität der unmittelbaren Handlungserinnerung wird somit auch durch das Konstrukt des SU beeinflusst. Wenn ein Patient mit Zwangserkrankung beispielsweise einen Herd ausschaltet, weiß er danach, dass der Herd ausgeschaltet ist. Dieses *Wissen* über das *Ergebnis* der Handlung gibt jedoch keine Sicherheit, da die Erinnerung an die eigentliche Handlung nicht als persönlich erlebt werden kann (Ecker und Gönner, 2017). Diese Erfahrungen tragen vermutlich signifikant zu einem erniedrigten SoA bei Zwangspatienten bei, insbesondere fällt auch die Ähnlichkeit der Beschreibung „wie ein Roboter“ sowohl beim SoPA als auch bei der Erfahrung von SU auf. Diese Verbindung wird durch die gefundene positive Korrelation von SoPA und NJRE in dieser Studie gestärkt.

Zusammenfassend scheint folglich auch das SU bei Patienten mit Zwangserkrankung die Durchführung von Zwangserkrankungen zu verstärken, indem es durch Einflüsse auf das Gedächtnis den SoA zu erniedrigen scheint.

1.4.1.6 Möglicher Einfluss der Interozeption äußerer Bedingungen

Interessanterweise scheint der SoA bei Patienten mit Zwangserkrankung nicht nur – wie oben beschrieben aus unterschiedlichen Gründen – niedriger zu sein als bei gesunden Probanden. Die Ergebnisse der aktuellen Studie demonstrieren auch, dass der SoA bei den Patienten mit Zwangserkrankung zum einen leichter beeinflussbar durch äußere Einflüsse als bei den gesunden Probanden ist sowie zum anderen auf unterschiedliche Art beeinflusst werden kann. Dies wird durch die beschriebene Dreifachinteraktion der Faktoren Handmanipulation, Herdzustand und Gruppe in Block 1 gezeigt. Bei fehlender Handmanipulation und angeschaltetem Herd zeigte sich insbesondere der SoA in der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung stark erniedrigt, während der SoA der gesunden

Probanden weniger beeinflusst zeigte. Hierbei zeigt sich eine interessante Erkenntnis: Obwohl die Handlung ohne Manipulation wie geplant durchgeführt wurde, tritt das von der Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung befürchtete Ergebnis ein, dass der Herd trotzdem nicht ausgeschaltet wird. Dieses Ergebnis scheint trotz nicht manipulierter Handlung einen sehr starken Einfluss auf den SoA der Patienten mit Zwangserkrankung zu haben. Patienten mit Zwangserkrankung scheinen sich jedoch nicht besonders verstärkt als Autor dieser Handlungen zu empfinden, da es nicht, wie man vielleicht erwarten könnte, es zu einem unbeeinflussten oder sogar erhöhten SoA der Patienten mit Zwangserkrankung kommt, wenn selbst durchgeführte Handlungen nicht-intendierte Ergebnisse erbringen. Bei Manipulation beider Faktoren (Handlung und Ergebnis) ergaben sich Hinweise, dass beide Gruppen gleichermaßen auf die Manipulationen aufmerksam wurden, da letztlich beide Gruppen gleich niedrige Werte des SoA zeigten. Insgesamt lässt sich folglich sagen, dass der SoA der Patienten mit Zwangserkrankung nicht nur durch verschiedene Mechanismen erniedrigt wird im Vergleich zu gesunden Probanden, sondern dass er auch anfälliger für Störmechanismen von außen zu sein scheint. Eine mögliche Erklärung hierfür mag sein, dass Personen mit Zwangserkrankung möglicherweise eine atypische Art der Interozeption (Bragdon et al., 2021; Demartini et al., 2021) sowie eine reduzierte Tendenz, ihren Körper als sicher und vertrauenswürdig zu empfinden, haben. Des Weiteren scheinen sie einfacher ablenkbar durch äußere Einflüsse zu sein (Eng et al., 2020). Lazarov et al. (2014) fanden in einer Studie heraus, dass Patienten mit Zwangserkrankung bei der Bewertung der eigenen Muskelspannung signifikant mehr durch inkorrektes Biofeedback beeinflusst wurden. Dies könnte darauf hinweisen, dass Patienten mit Zwangserkrankung schlechteren Zugang zu ihren inneren Zuständen haben und sich somit kompensatorisch auf externe Platzhalter verlassen, wie es Lazarov et al. in ihrem „Seeking proxies for internal states“ (SPIS)-Modell vorschlagen (Dar et al., 2021; Ezrati et al., 2018; Ezrati et al., 2019; Lazarov et al., 2014; Zhang et al., 2017). Diese Platzhalter können in ganz verschiedener Weise auftreten. Die Person kann sich beispielsweise die Herdknöpfe aus verschiedenen Winkeln anschauen, Fotografien machen oder sich bei anderen rückversichern (Hofmann und Hoffmann, 2014). Obwohl diese Platzhalter ihre Funktion kurzfristig erfüllen, nämlich das Sicherheitsgefühl der betreffenden Person bestärken, funktionieren sie nicht dauerhaft (Dar et al., 2021). Da sich Patienten mit

Zwangserkrankung vermehrt auf solche externen Platzhalter verlassen, erscheint es plausibel, dass ihr SoA sensitiver für externe Manipulation ist als der SoA der gesunden Probanden.

Zusammenfassend kam es durch die verschiedenen Manipulationen von Handlung und Ergebnis in den verschiedenen Bedingungen zu unterschiedlichen signifikanten Veränderungen in den Angaben der Probanden. Die Validität des aktuell entwickelten Paradigmas wird weiterhin dadurch bestätigt, dass es sowohl vermehrte Angst und Kontrollsymptome als auch reduzierte Sicherheit bei Patienten mit Zwangserkrankung auslösen konnte. Ähnliche Ergebnisse konnten bereits in Vorstudien gezeigt werden (Wiebe et al., 2022; Pinciotti et al., 2021).

1.4.2 Limitationen

Im Folgenden werden die Limitationen der Studie dargestellt.

Die Studie wurde mit einer relativ kleinen Stichprobengröße (nur Einschluss von Probanden mit relevanten Kontrollsymptomen in die Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung) durchgeführt. Dennoch zeigten sich die beschriebenen Effekte als ausreichend und auch in einer vergleichbaren Stichprobengröße wie bisherige Studien (für einen Review, s. Wiebe et al., 2022)).

Die Gruppen der Patienten mit Zwangserkrankung und der gesunden Probanden unterschieden sich zwischen dem Vorliegen des Merkmals Angst (die Gruppe der Patienten mit Zwangserkrankung zeigte hier höhere Werte) und der Variable Alter (der Altersdurchschnitt war in der Gruppe der gesunden Probanden signifikant niedriger). Kein Parameter war signifikant mit der Variable Alter korreliert. Da der Parameter Alter unabhängig vom Parameter Gruppe ist, ergibt sich die Hypothese, dass diese Differenz beider Gruppen die Validität der vorliegenden Ergebnisse nicht maßgeblich beeinflusst. Hinsichtlich des Unterschieds des Merkmals Angst gäbe es in künftigen Studien die Option einer weiteren Vergleichsgruppe mit Probanden mit Angststörung. So könnten etwaige spezifische Assoziationen für Angst- und Zwangsstörungen näher evaluiert und diskriminiert werden.

Die Ergebnisse könnten weiterhin durch Händigkeit und komorbide depressive Symptome konfundiert worden sein. Eine Wiederholung der Analysen ohne die drei linkshändigen gesunden Probanden ergab jedoch keine signifikanten Veränderungen. Die Wiederholung

der Korrelationsanalysen mit dem BDI-II-Score als Kovariate ergab ebenfalls keine ausgeprägten Veränderungen der Ergebnisse.

Bei den Maßen von SoA, Sicherheit und Angst könnte durch die Wiederholung des Abfragens der Maße ein Habituationseffekt entstanden sein. Es besteht außerdem die Möglichkeit, dass sich die beiden Gruppen in diesen Eigenschaften grundsätzlich voneinander unterscheiden (z. B. Angst, SoA). Hier gäbe es in folgenden Studien beispielsweise die Option, weitere Kontrollfragen und weitere implizite Maße zu inkludieren sowie ein weniger häufiges Abfragen der Maße durchzuführen.

Die Ergebnisse könnten ebenfalls durch die Verwendung nicht-validierter Übersetzungen der SoAS und des RAS beeinflusst worden sein. Jedoch waren die internen Konsistenzen der Skalen vergleichbar mit den Ergebnissen der Originalversionen in anderen Studien (Salkovskis et al., 2000; Tapal et al., 2017).

In der aktuellen Studie lag der Fokus auf Probanden mit relevanten Kontrollsymptomen. Es ist fraglich, inwieweit die Ergebnisse auf andere Subtypen der Zwangserkrankung (z. B. Waschzwang) übertragen werden können, wenn diese weniger mit NJRE/IC assoziiert sind.

Die untersuchten Assoziationen ermöglichen aktuell keine Rückschlüsse auf Kausalitäten. Jedoch lässt sich durch die beschriebenen Assoziationen auf einen Zusammenhang zwischen den Faktoren IC, Symptomschwere der Kontrollzwänge, erhöhtem Verantwortungsempfinden und niedrigem SoA schließen. Diese scheinen sich gegenseitig zu verstärken.

Da sich die aktuelle Studie vorrangig mit der Motivdimension NJREs/IC beschäftigt, könnten zukünftige Studien einen höheren Fokus auf die Motivdimension der HA setzen. Auch hier würden Untersuchungen mit VR-Paradigmas eine interessante Möglichkeit darstellen.

1.4.3 Perspektiven

Die VR bietet durch die immersive, programmierbare Umgebung die Möglichkeit einer leichteren Zugänglichkeit zu einigen Szenarios im Rahmen einer Expositionstherapie (Miegel et al., 2022). Hinsichtlich eines erniedrigten SoA konnte in der Vergangenheit bereits bei Schlaganfallpatienten mit eingeschränkter Motorkontrolle gezeigt werden, dass VR-Tasks einen erniedrigten SoA erhöhen können (Aoyagi et al., 2019; Aoyagi et al.,

2021). Ein solcher therapeutischer Ansatz könnte ebenfalls für Patienten mit Zwangserkrankung entwickelt werden. Es wäre jedoch weiterhin von Bedeutung, auch In-Vivo-Exposition durchzuführen, um den SoA auch im Alltag zu stärken und zu bewahren und nicht lediglich in der virtuellen Realität. Die Ergebnisse bestätigen ebenfalls die Wichtigkeit der Subjektconditionierung (Hofmann und Hoffmann, 2014) beim Umgang mit Reaktionen. Insbesondere geht es hierbei um den Umgang und die Abwendung von Handlungen, die mit IC assoziiert sind (beispielsweise das Kontrollieren, ob ein Herd wirklich aus ist oder ob die Haustür wirklich abgeschlossen ist oder genaues Hinsehen beim Kontrollieren). Stattdessen sollen sich die Patienten vor den Handlungen aktiv auf sich selbst als Initiator der Handlung konzentrieren. Personen mit Zwangserkrankung haben so die Option zu erlernen, sich selbst als die höchste Kontrollinstanz ihrer Handlungen zu empfinden (Hofmann und Hoffmann, 2014). Dabei wird der Patient mit Zwangserkrankung durch Fokussierung auf Gedanken wie beispielsweise „Ich will...“, „Ich werde ... tun“ dabei unterstützt, wieder zu selbstbestimmten Entscheidungen zu kommen.

1.4.4 Fazit

„Ich habe den Knopf auf ‚aus‘ gestellt. Weiß es auch, habe aber trotzdem nicht das Gefühl, dass ich es getan habe.“

„In Wirklichkeit drehe ich nicht an den Hähnen, sondern an etwas in mir selber. Ich sehe ja, dass die Hähne in Ordnung sind, aber mein Gefühl sagt mir, dass etwas nicht in Ordnung ist, und so fange ich eben wieder mit den Hähnen an, denn an ihnen kann man ja wirklich drehen.“ (Ecker und Gönner, 2006)

Die zu Anfang genannten Zitate der Zwangspatienten lassen sich nun nach Analyse der durch das symptomprovozierende VR-Paradigma gewonnenen Ergebnisse genauer und präziser einordnen:

Es zeigte sich ein signifikant niedrigerer SoA in der Gruppe der Personen mit Zwangserkrankung. Dieser SoA war außerdem dadurch charakterisiert, dass er sich für Manipulationen sensibler zeigte. Des Weiteren schienen die Faktoren Symptomschwere, IC, niedriger taskbezogener und traitbasierter SoA und Verantwortungsempfinden sowohl positiv miteinander assoziiert zu sein als auch sich gegenseitig immer weiter zu verstärken:

Durch das wiederholte Durchführen einer Handlung wünscht sich die handelnde Person ein Gefühl der Kontrolle und der Sicherheit. Jedoch kann durch die wiederholten Kontrollen und auch durch erhöhte kognitive Selbstreflexion während der Handlung das Gedächtnis die Handlung nicht als vollständig und richtig durchgeführt speichern. Gleichzeitig wird paradoxerweise das selbstbezogene Unvollständigkeitserleben verstärkt, was dazu führt, dass sowohl das handelnde Selbst nicht fehlerfrei in das Gedächtnis integriert werden kann als auch die Handlung nicht als vollständig empfunden werden kann. Dies trägt wiederum zu einem niedrigen SoA und weiterem Kontrollieren bei. Hinter dem, was in den oben beschriebenen Zitaten den handelnden Personen *fehlt*, steht folglich ein komplexes Konstrukt, was dazu führt, dass eine durchgeführte Handlung nicht völlig als selbstständig und vollständig durchgeführt empfunden werden kann. Die beschriebenen Ergebnisse bestärken den Ansatz der Subjektconditionierung in der Psychotherapie von Patienten mit Zwangserkrankung (Hofmann und Hoffmann, 2014).

1.5 Zusammenfassung

Der Sense of Agency beschreibt das Gefühl, der Initiator und Ausführende einer Handlung zu sein. In der bisherigen Forschung wurde bereits zuvor ein möglicher Zusammenhang zwischen einem erniedrigten Sense of Agency und der Zwangserkrankung diskutiert. Außerdem wurden das Erleben von Incompleteness, also dem Gefühl, dass „etwas“ bei einer Handlung fehlt, und Not-Just-Right-Experiences, also dem Erleben, dass etwas „nicht ganz richtig ist“, als mögliche aufrechterhaltende Faktoren von Zwangserkrankungen beschrieben. In der vorliegenden Studie wurde nun der Sense of Agency und dessen möglicher Zusammenhang zum Erleben von Incompleteness und Not-Just-Right-Experiences unter Verwendung eines zuvor neu entwickelten virtuellen Herdparadigmas untersucht. Ein virtueller Herd sollte durch 25 gesunde Probanden und 20 Probanden mit Zwangserkrankung in einem ersten Block unter verschiedenen Bedingungen ausgeschaltet werden, bei denen entweder die virtuelle Hand den genauen Bewegungsablauf repräsentierte oder manipuliert davon abwich und der virtuelle Herd am Ende der Handlung entweder ausgeschaltet war oder angeschaltet blieb. Währenddessen wurden mittels über die VR-Maske eingeblendeten Fragen die subjektiven situationsbezogenen Maße von Sense of Agency, Sicherheit und Angst erhoben. In einem zweiten Block wurde das wiederholte Durchführen und Kontrollieren einer Handlung untersucht, indem die Teilnehmer die Möglichkeit

hatten, den Herd so lange wiederholt auszuschalten, bis sie sich sicher waren, dass er ausgeschaltet war. Hierbei wurde neben den subjektiven angegebenen Maßen Sense of Agency, Sicherheit und Ängstlichkeit auch die Antwortdauer aufgezeichnet. In einem dritten Block folgte die Untersuchung der Fähigkeit des Wiedererkennens der eigenen, zuvor durchgeführten Handlung. Hier wurde den Probanden nach der Handlung ein Video vorgespielt, das entweder die eigene, zuvor durchgeführte oder eine manipulierte Handlung zeigte. Die Probanden sollten mittels einer über die VR-Brille eingeblendeten Frage beantworten, ob das Video die eigene, zuvor durchgeführte Handlung oder eine fremde Handlung zeigte. In Block 1 zeigte sich der Sense of Agency signifikant niedriger in der Gruppe der Personen mit Zwangserkrankung ($F(1,39) = 5,46; p = 0,025; \eta_p^2 = 0,12$), unter Handmanipulation ($F(1,39) = 87,16; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,69$) sowie bei angeschaltetem Herdzustand ($F(1,39) = 165,64; p < 0,001; \eta_p^2 = 0,81$). Ergänzend dazu zeigte sich der Sense of Agency in der Gruppe der Personen mit Zwangserkrankung auch als sensibler für experimentelle Manipulationen ($F(1,39) = 6,12; p = 0,018; \eta_p^2 = 0,14$). In Block 2 zeigte sich sowohl eine signifikant längere Kontrolldauer ($t(16,43) = 4,11; p = 0,001; d = 1,52$) wie auch ein signifikant niedriger Sense of Agency der Patienten mit Zwangserkrankung (Patienten mit Zwangserkrankung: $M = 12,66; SD = 5,56$; gesunde Probanden: $M = 6,51; SD = 1,69$). Block 3 zeigte eine signifikant niedrigere Wiedererkennungsrates der eigenen Handlung der Patienten mit Zwangserkrankung ($U = 155,00; p = 0,025; r = 0,35$). Des Weiteren fielen Assoziationen zwischen dem taskbezogenen und dem traitbasierten Sense of Agency, einer erhöhten Symptomschwere, höheren Werten an Erleben von Incompleteness und einem erhöhten Verantwortungsempfinden auf. Hierbei ergaben sich insbesondere positive Korrelationen der Symptomschwere mit dem SoNA ($r = 0,66; p = 0,001$) sowie dem OCTCDQ IC ($r = 0,70; p = 0,001$). Der SoNA korrelierte außerdem positiv mit dem OCTCDQ IC ($r = 0,58; p = 0,007$) und dem RAS-Score ($r = 0,62; p = 0,004$). Des Weiteren zeigten sich ausgeprägte positive Assoziationen von NJRE-O und NJRE-I mit dem RAS-Score ($0,46 < r < 0,66$). Neben den oben beschriebenen Erkenntnissen eines erniedrigten und für äußere Einflüsse sensibleren Sense of Agency ergibt sich aus diesen positiven Assoziationen die Vermutung, dass die oben beschriebenen Konstrukte gemeinsam zu dem wiederholten Durchführen einer Handlung beitragen und sich dabei gegenseitig verstärken. Dies führt letztlich zu der Aufrechterhaltung und Verstärkung der Zwangssymptome.

1.6 Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung

Abbasi Jondani J, Yazdkhasti F, Abedi A. Memory confidence and memory accuracy deterioration following repeated checking: A systematic review and meta-analysis. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2023; 81: 101855

Abramowitz JS, Blakey SM, Reuman L, Buchholz JL. New Directions in the Cognitive-Behavioral Treatment of OCD: Theory, Research, and Practice. *Behav Ther* 2018; 49: 311-322

Adam Y, Meinschmidt G, Gloster AT, Lieb R. Obsessive-compulsive disorder in the community: 12-month prevalence, comorbidity and impairment. *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* 2012; 47: 339-349

Aoyagi K, Wen W, An Q, Hamasaki S, Yamakawa H, Tamura Y, Yamashita A, Asama H. Improvement of sense of agency during upper-limb movement for motor rehabilitation using virtual reality. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Hrsg. 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Berlin: Curran Associates, 2019: 118-121

Aoyagi K, Wen W, An Q, Hamasaki S, Yamakawa H, Tamura Y, Yamashita A, Asama H. Modified sensory feedback enhances the sense of agency during continuous body movements in virtual reality. *Sci Rep* 2021; 11: 2553

Bart VKE, Wenke D, Rieger M. A German translation and validation of the sense of agency scale. *Front Psychol* 2023; 14: 1-15

Beck AT, Steer RA, Brown G. Beck Depression Inventory–II (BDI-II) [database record]. *APA PsycTests* 1996. doi:<https://doi.org/10.1037/t00742-000>

Belayachi S, Van der Linden M. Feeling of doing in obsessive-compulsive checking. *Conscious Cogn* 2010; 19: 534-546

Belloch A, Fornés G, Carrasco A, López-Solá C, Alonso P, Menchón JM. Incompleteness and not just right experiences in the explanation of Obsessive-Compulsive Disorder. *Psychiatry Res* 2016; 236: 1-8

Bey K, Lennertz L, Riesel A, Klawohn J, Kaufmann C, Heinzl S, Grützmann R, Kathmann N, Wagner M. Harm avoidance and childhood adversities in patients with obsessive-compulsive disorder and their unaffected first-degree relatives. *Acta Psychiatr Scand* 2017; 135: 328-338

Bey K, Weinhold L, Grützmann R, Heinzl S, Kaufmann C, Klawohn J, Riesel A, Lennertz L, Schmid M, Ramirez A, Kathmann N, Wagner M. The polygenic risk for obsessive-compulsive disorder is associated with the personality trait harm avoidance. *Acta Psychiatr Scand* 2020; 142: 326-336

Boschen MJ, Vuksanovic D. Deteriorating memory confidence, responsibility perceptions and repeated checking: Comparisons in OCD and control samples. *Behav Res Ther* 2007; 45: 2098-2109

Boschen MJ, Wilson KL, Farrell LJ. Attenuating memory distrust in a repeated checking task. *Behav Res Ther* 2011; 49: 466-471

Bragdon LB, Coles ME. Examining heterogeneity of obsessive-compulsive disorder: Evidence for subgroups based on motivations. *J Anxiety Disord* 2017; 45: 64-71

Bragdon LB, Eng GK, Belanger A, Collins KA, Stern ER. Interoception and Obsessive-Compulsive Disorder: A Review of Current Evidence and Future Directions. *Front Psychiatry* 2021; 12: 1-16

Braun N, Thorne JD, Hildebrandt H, Debener S. Interplay of agency and ownership: The intentional binding and rubber hand illusion paradigm combined. *PLoS One* 2014; 9: e111967

Braun N, Debener S, Spsychala N, Bongartz E, Sörös P, Müller HHO, Philipson A. The senses of agency and ownership: A review. *Front Psychol* 2018; 9: doi:10.3389/fpsyg.2018.00535

Braun N, Emkes R, Thorne JD, Debener S. Embodied neurofeedback with an anthropomorphic robotic hand. *Sci Rep* 2016; 6: 1-13

Calamari JE, Cohen RJ, Rector NA, Szacun-Shimizu K, Riemann BC, Norberg MM. Dysfunctional belief-based obsessive-compulsive disorder subgroups. *Behav Res Ther* 2006; 44: 1347-1360

Cervin M. Obsessive-Compulsive Disorder: Diagnosis, Clinical Featurey, Nosology, and Epidemiology. *Psychiatr Clin North Am* 2023; 46: 1-16

Christensen KJ, Kim SW, Dysken MW, Maxwell Hoover K. Neuropsychological performance in obsessive-compulsive disorder. *Biol Psychiatry* 1992; 31: 4-18

Coles ME, Frost RO, Heimberg RG, Rhéaume J. "Not just right experiences": Perfectionism, obsessive-compulsive features and general psychopathology. *Behav Res Ther* 2003; 41: 681-700

Coles ME, Radomsky AS, Horng B. Exploring the boundaries of memory distrust from repeated checking: Increasing external validity and examining thresholds. *Behav Res Ther* 2006; 44: 995-1006

Dar R, Lazarov A, Liberman N. Seeking proxies for internal states (SPIS): Towards a novel model of obsessive-compulsive disorder. *Behav Res Ther* 2021; 147: 103987

Dek ECP, van den Hout MA, Giele CL, Engelhard IM. Repeated checking causes distrust in memory but not in attention and perception. *Behav Res Ther* 2010; 48: 580-587

Dek ECP, van den Hout MA, Engelhard IM, Giele CL, Cath DC. Perseveration causes

automatization of checking behavior in obsessive-compulsive disorder. *Behav Res Ther* 2015; 71: 1-9

Demartini B, Nisticò V, Ranieri R, Scattolini C, Fior G, Priori A, Gambini O, Ricciardi L. Reduced interoceptive accuracy in patients with obsessive-compulsive disorder: A case-control study. *J Clin Neurosci* 2021; 90: 152-154

Di Plinio S, Arnò S, Perrucci MG, Ebisch SJH. The evolving sense of agency: Context recency and quality modulate the interaction between prospective and retrospective processes. *Conscious Cogn* 2020; 80: 102903

Douglas SP, Craig CS. Collaborative and iterative translation: An alternative approach to back translation. *J Int Mark* 2007; 15: 30-43

Duranti A, Hrsg. *A Companion to Linguistic Anthropology*. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

Ecker W, Gönner S. Das Unvollständigkeitsgefühl: Neuentdeckung eines alten psychopathologischen Symptoms bei Zwangserkrankungen. *Nervenarzt* 2006; 77: 1115-1122

Ecker W, Gönner S. Aktueller Forschungsstand zum Unvollständigkeitserleben bei Zwangsstörungen. *Verhaltenstherapie* 2017; 27: 120-128

Ecker W, Gönner S, Wilm K. Die Messung von Motivdimensionen der Zwangsstörung: Unvollständigkeitserleben und Schadensvermeidung. *Psychother Psychosom Med Psychol* 2011; 61: 62-69

Ecker W, Kupfer J, Gönner S. Selbstbezogenes Unvollständigkeitserleben bei Zwangsstörungen. *Verhaltenstherapie* 2013; 23: 12-21

Eisen JL, Mancebo MA, Pinto A, Coles ME, Pagano, ME, Stout R, Rasmussen SA. Impact

of obsessive-compulsive disorder on quality of life. *Compr Psychiatry* 2006; 47: 270-275

Eng GK, Collins KA, Brown C, Ludlow M, Tobe RH, Iosifescu DV, Stern ER. Dimensions of interoception in obsessive-compulsive disorder. *J Obsessive Compuls Relat Disord* 2020; 27: 1-20

Ettelt S, Grabe HJ, Ruhrmann S, Buhtz F, Hochrein A, Kraft S, Pukrop R, Klosterkötter J, Falkai P, Maier W, John U, Freyberger HJ, Wagner M. Harm avoidance in subjects with obsessive-compulsive disorder and their families. *J Affect Disord* 2008; 107: 265-269

Exner C, Martin V, Rief W. Self-focused ruminations and memory deficits in obsessive-compulsive disorder. *Cognit Ther Res* 2009; 33: 163-174

Ezrati O, Friedman J, Dar R. Attenuation of access to internal states in high obsessive-compulsive individuals might increase susceptibility to false feedback: Evidence from a visuo-motor hand-reaching task. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2019; 65: 101445

Ezrati O, Sherman E, Dar R. High obsessive-compulsive individuals may have attenuated access to internal cues associated with active movement: Evidence from a head repositioning study. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2018; 60: 1-4

Ferrão YA, Shavitt RG, Prado H, Fontenelle LF, Malavazzi DM, de Mathis MA, Hounie AG, Miguel EC, Conceição do Rosário M. Sensory phenomena associated with repetitive behaviors in obsessive-compulsive disorder: an exploratory study of 1001 patients. *Psychiatry Res* 2012; 197: 253-258

Fink J, Hendrikx F, Stierle C, Stengler K, Jahn I, Exner C. The impact of attentional and emotional demands on memory performance in obsessive-compulsive disorder. *J Anxiety Disord* 2017; 50: 60-68

Foa EB, Huppert JD, Leiberg S, Langner R, Kichic R, Hajcak G, Salkovskis PM. The obsessive-compulsive inventory: Development and validation of a short version. *Psychol*

Assess 2002; 14: 485-496

Gentsch A, Schütz-Bosbach S, Endrass T, Kathmann N. Dysfunctional forward model mechanisms and aberrant sense of agency in obsessive-compulsive disorder. *Biol Psychiatry* 2012; 71: 652-659

Giuliani M, Martoni RM, Gregori Grgič R, Crespi SA, Cavallini MC, de'Sperati C. Who Has Done It? Exploring Gaze Agency in Obsessive-Compulsive Checkers. *Front Integr Neurosci* 2017; 11: 39

Goldman BL, Martin ED, Calamari JE, Woodard JL, Chik HM, Messina MG, Pontarelli NK, Marker CD, Riemann BC, Wiegartz PS. Implicit learning, thought-focused attention and obsessive-compulsive disorder: A replication and extension. *Behav Res Ther* 2008; 46: 48-61

Gönner S, Leonhart R, Ecker W. The Obsessive-Compulsive Inventory-Revised (OCI-R): Validation of the German version in a sample of patients with OCD, anxiety disorders, and depressive disorders. *J Anxiety Disord* 2008; 22: 734-749

Goodman WK, Price LH, Rasmussen SA, Mazure C, Fleischmann RL, Hill CL, Heninger GR, Charney DS. The Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale. I. Development, use and reliability. *Arch Gen Psychiatry* 1989; 46: 1006-1011

Großmann A, Wiebe A, Edlinger N, Philipsen A, Braun N, Bey K. Assessment of sense of agency in obsessive-compulsive disorder using a virtual reality stove-checking paradigm. *J Obsessive Compuls Relat Disord* 2025; 45: 100940

Hand I, Büttner-Westphal H. Die Yale-Brown Obsessive Compulsive Scale (Y-BOCS): Ein halbstrukturiertes Interview zur Beurteilung des Schweregrades von Denk- und Handlungszwängen. *Verhaltenstherapie* 1991; 1: 223-225

Heim G, Bühler KE. Pierre Janet: ein Fall für die moderne Verhaltenstherapie? *Verhal*

Verhal 2003; 24: 205-224

Hermans D, Engelen U, Grouwels L, Joos E, Lemmens J, Pieters G. Cognitive confidence in obsessive-compulsive disorder: Distrusting perception, attention and memory. *Behav Res Ther* 2008; 46: 98-113

Hofmann B, Hoffmann N. Subjektstituierende Hilfen bei In-Vivo-Expositionen von Zwangskranken. *Psychother im Dialog* 2014; 15: 46-50

Janeck AS, Calamari JE, Riemann BC, Heffelfinger SK. Too much thinking about thinking? Metacognitive differences in obsessive-compulsive disorder. *J Anxiety Disord* 2003; 17: 181-195

Janet P. *Les obsessions et la psychasthénie*. Paris: Alcan, 1903

Johnston WA, Hawley KJ. Perceptual inhibition of expected inputs: The key that opens closed minds. *Psychon Bull Rev* 1994; 1: 56-72

Josefsson K, Jokela M, Cloninger CR, Hintsanen M, Salo J, Hintsala T, Pulkki-Råback L, Keltikangas-Järvinen L. Maturity and change in personality: Developmental trends of temperament and character in adulthood. *Dev Psychopathol* 2013; 25: 713-727

Jungmann SM, Becker F, Witthöft M. Erfassung der Lebendigkeit mentaler Vorstellungsbilder. *Diagnostica* 2022; 68: 125-136.

Kardeş VÇ, Saraçlı Ö, Atasoy N, Atik L. Temperament and Character Traits in patients with Obsessive-Compulsive Disorder. *Psychiatr Danub* 2024; 36: 58-67

Kikul J, Vetter J, Lincoln TM, Exner C. Effects of cognitive self-consciousness on visual memory in obsessive-compulsive disorder. *J Anxiety Disord* 2011; 25: 490-497

Kim K, Kim CH, Cha KR, Park J, Han K, Kim YK, Kim JJ, Kim IY, Kim SI. Anxiety

provocation and measurement using virtual reality in patients with obsessive-compulsive disorder. *Cyberpsychology Behav* 2008; 11: 637-641

Kim K, Kim CH, Kim SY, Roh D, Kim SI. Virtual reality for obsessive-compulsive disorder: Past and the future. *Psychiatry Investigation* 2009; 6: 115-121

Kindt M, Van Den Hout M. Dissociation and memory fragmentation: Experimental effects on meta-memory but not on actual memory performance. *Behav Res Ther* 2003; 41: 167-178

Kühner C, Bürger C, Keller F, Hautzinger M. Reliabilität und Validität des revidierten Beck-Depressionsinventars (BDI-II) (Reliability and validity of BDI-II revised). *Nervenarzt* 2007; 78: 651-656

Lazarov A, Liberman N, Hermesh H, Dar R. Seeking proxies for internal states in obsessive-compulsive disorder. *J Abnorm Psychol* 2014; 123: 695-704

Leiner DJ, 2019: SoSci Survey (Version 3.1.06) [Computer software]. <https://www.soscisurvey.de> (Zugriffsdatum 14.10.2019)

Linkovski O, Kalanthroff E, Henik A, Anholt GE. Stop checking: Repeated checking and its effects on response inhibition and doubt. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2016; 53: 84-91

Marks DF. Individual differences in the vividness of visual imagery and their effect on function. In: Sheehan PW, Hrsg. *The Function and Nature of Imagery*. New York: Academic Press, 1972: 83-108

Markgraf J, Cwik JC, 2017: Mini-DIPS Open Access: Diagnostisches Kurzinterview bei psychischen Störungen. <https://www.kli.psy.ruhr-uni-bochum.de/dips-interv/klipsy/download/Mini-DIPSOpenAccess.pdf> (Zugriffsdatum: 02.10.2019)

Mancini F, D'Olimpio F, Cieri L. Manipulation of responsibility in non-clinical subjects: Does expectation of failure exacerbate obsessive-compulsive behaviors? *Behav Res Ther* 2004; 42: 449-457

Miegel F, Bücken L, Kühn S, Mostajeran F, Moritz S, Baumeister A, Lohse L, Blömer J, Grzella K, Jelinek L. Exposure and Response Prevention in Virtual Reality for Patients with Contamination-Related Obsessive–Compulsive Disorder: a Case Series. *Psychiatr Q* 2022; 93: 861-882

Mitchell R, Hanna D, Dyer KFW. Modelling OCD: A test of the inflated responsibility model. *Behav Cogn Psychother* 2020; 48: 327-340

Moore JW. What is the sense of agency and why does it matter? *Front Psychol* 2016; 7: 1272

Oren E, Friedmann N, Dar R. Things happen: Individuals with high obsessive-compulsive tendencies omit agency in their spoken language. *Conscious Cogn* 2016; 42: 125-134

Pampaloni I, Marriott S, Pessina E, Fisher C, Govender A, Mohamed H, Chandler A, Himanshu T, Morris L, Pallanti S. The global assessment of OCD. *Compr Psychiatry* 2022; 118: 152342

Pedroli E, La Paglia F, Cipresso P, La Cascia C, Riva G, La Barbera D. A computational approach for the assessment of executive functions in patients with obsessive-compulsive disorder. *J Clin Med* 2019; 8: 1975

Pietrefesa AS, Coles ME. Moving Beyond an Exclusive Focus on Harm Avoidance in Obsessive-Compulsive Disorder: Behavioral Validation for the Separability of Harm Avoidance and Incompleteness. *Behav Ther* 2009; 40: 251-259

Pinciotti CM, Riemann BC, Abramowitz JS. Intolerance of uncertainty and obsessive-compulsive disorder dimensions. *J Anxiety Disord* 2021; 81: 102417

Radomsky AS, Gilchrist PT, Dussault D. Repeated checking really does cause memory distrust. *Behav Res Ther* 2006; 44: 305-316

Richter MA, Summerfeldt LJ, Joffe RT, Swinson RP. The Tridimensional Personality Questionnaire in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Res* 1996; 65: 185-188

Richter PMA, Ramos RT. Obsessive-Compulsive Disorder. *Behavioral Neurology and Psychiatry* 2018; 24: 828-844.

Salkovskis PM, Shafran R, Rachman S, Freeston MH. Multiple pathways to inflated responsibility beliefs in obsessional problems: Possible origins and implications for therapy and research. *Behav Res Ther* 1999; 37: 1055-1072

Salkovskis PM, Wroe AL, Gledhill A, Morrison N, Forrester E, Richards C, Reynolds M, Thorpe S. Responsibility attitudes and interpretations are characteristic of obsessive compulsive disorder. *Behav Res Ther* 2000; 38: 347-372

Savage CR, Deckersbach T, Wilhelm S, Rauch SL, Baer L, Reid T, Jenike MA. Strategic processing and episodic memory impairment in obsessive compulsive disorder. *Neuropsychology* 2000; 14: 141-151

Sibrava NJ, Boisseau CL, Eisen JL, Mancebo MC, Rasmussen SA. An empirical investigation of incompleteness in a large clinical sample of obsessive compulsive disorder. *J Anxiety Disord* 2016; 42: 45-51

Sica C, Bottesi G, Orsucci A, Pieraccioli C, Sighinolfi C, Ghisi M. "Not Just Right Experiences" are specific to obsessive-compulsive disorder: Further evidence from Italian clinical samples. *J Anxiety Disord* 2015; 31: 73-83

Soffer-Dudek N. Dissociation and dissociative mechanisms in panic disorder, obsessive-compulsive disorder, and depression: A review and heuristic framework. *Psychol Conscious* 2014; 1: 243-270

Soffer-Dudek N. Obsessive-compulsive symptoms and dissociative experiences: Suggested underlying mechanisms and implications for science and practice. *Front Psychol* 2023; 14: 1132800

Summerfeldt LJ, Kloosterman PH, Antony MM, Swinson RP. Examining an obsessive-compulsive core dimensions model: Structural validity of harm avoidance and incompleteness. *J Obsessive Compuls Relat Disord* 2014; 3: 83-94

Tapal A, Oren E, Dar R, Eitam B. The sense of agency scale: A measure of consciously perceived control over one's mind, body, and the immediate environment. *Front Psychol* 2017; 8: 1-11

Van den Hout M, Kindt M. Repeated checking causes memory distrust. *Behav Res Ther* 2003; 41: 301-316

Van den Hout M, Kindt M. Obsessive-compulsive disorder and the paradoxical effects of perseverative behaviour on experienced uncertainty. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2004; 35: 165-181

Wiebe A, Kannen K, Selaskowski B, ..., Braun N. Virtual reality in the diagnostic and therapy for mental disorders: A systematic review. *Clinical Psychology Review* 2022; 98: 102213

Zhang Z, Wang M, Miao X, Li Y, Hitchman G, Yuan Z. Individuals with high obsessive-compulsive tendencies or undermined confidence rely more on external proxies to access their internal states. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2017; 54: 263-269

Zisler EM, Meule A, Koch S, Schennach R, Voderholzer U. Duration of daily life activities in persons with and without obsessive-compulsive disorder. *J Psychiatr Res* 2024; 173: 6-13

2. Veröffentlichungen

Dieser Publikationsdissertation liegt die folgende, unabhängig begutachtete Veröffentlichung zugrunde:

Großmann, A, Wiebe A, Edlinger N, Philipsen A, Braun N, Bey K. Assessment of sense of agency in obsessive-compulsive disorders using a virtual stove-checking paradigm. J Obsessive Compuls Relat Disord 2025; 45: 100940

<https://doi.org/10.1016/j.jocrd.2025.100940>

3. Erklärung zum Eigenanteil

Die Durchführung der hier vorliegenden Arbeit erfolgte in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Universitätsklinikums Bonn unter Betreuung von Prof. Dr. med. Alexandra Philipsen. Die Konzeption der wissenschaftlichen Arbeit erfolgte durch die Zusammenarbeit von Dr. Katharina Bey (Psychologin) und Dr. Niclas Braun (Psychologe). Die Projektadministration erfolgte durch Dr. Katharina Bey, Dr. Niclas Braun und mich. Die Methodik wurde durch Dr. Katharina Bey, Dr. Niclas Braun und mich entworfen. Die Software wurde maßgeblich von Dr. Niclas Braun zur Verfügung gestellt und verwaltet. Die Datenerhebung und Datenkuration der Hauptstudie wurden durch mich durchgeführt. Die Datenanalyse erfolgte durch mich mit Unterstützung von Annika Wiebe und in Supervision von Dr. Katharina Bey und Dr. Niclas Braun. Die Visualisierung der Daten wurde durch mich mit Unterstützung von Annika Wiebe, Dr. Niclas Braun und Dr. Katharina Bey durchgeführt. Die Validierung der Daten wurde durch mich mit Unterstützung von Annika Wiebe und Katharina Bey durchgeführt. Die Interpretation der Daten erfolgte durch mich unter Supervision von Dr. Katharina Bey. Die erste Fassung des Manuskriptes wurde von mir verfasst, die Überprüfung und etwaige Anpassungen der ersten Fassung des Manuskriptes wurden durch Annika Wiebe, Nina Edlinger, Prof. Dr. Alexandra Philipsen, Dr. Niclas Braun und Dr. Katharina Bey durchgeführt. Die Supervision des Projektes erfolgte durch Prof. Dr. Alexandra Philipsen, Dr. Niclas Braun und Dr. Katharina Bey.

4. Danksagung

Anfänglich möchte ich mich ganz herzlich bei meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. med. Philipsen für das Überlassen des Dissertationsthemas und die große fachliche Expertise danken.

Außerdem geht mein großer Dank an meine Zweitbetreuer Frau Dr. Katharina Bey und Herrn Dr. Niclas Braun, durch die ich stets zuverlässige und fachlich kompetente und geduldige Unterstützung erhalten habe.

Zuletzt danke ich an besonderer Stelle meinen geliebten Eltern Claudia und Dr. med. Dieter Grossmann, die mir in- und außerhalb des Studiums jederzeit mit all ihrer Liebe und Unterstützung zur Seite gestanden haben. Ohne sie wären Studium und Promotion nicht möglich gewesen. Euch ist diese Arbeit gewidmet.