

Aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. Tilo Kircher
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

**Einfluss schizotyper
Persönlichkeitsmerkmale auf
funktionelle und strukturelle Parameter
von Hirnarealen der Gesichtsverarbeitung
bei Gesunden**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Lea Christina Schmid
aus Tübingen

Marburg, 2024

Angenommen vom Fachbereich Medizin der
Philipps-Universität Marburg am: 30.Oktober 2024

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin

Dekanin: Frau Prof. Dr. D. Hilfiker-Kleiner

Referent: Herr Prof. Dr. I. Nenadić

1. Korreferent: Herr PD Dr. D. Pedrosa

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Schizotypie	1
1.2 Integration der Schizotypie in das Spektrum der Schizophrenie	6
1.3 Einfluss von Schizotypie auf die visuelle Verarbeitung	10
1.3.1 Grundlagen des visuellen und gesichtsspezifischen Verarbeitens	10
1.3.2 Einfluss von Schizotypie auf die visuelle und gesichtsspezifische Verarbeitung	17
1.4 Ziel der Studie und Hypothesen	22
2 Methoden	25
2.1 Kohorte	25
2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien	27
2.2 Datenerhebung	28
2.2.1 Rekrutierung	28
2.2.2 Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie	29
2.2.3 MRT-Datenakquisition	31
2.2.4 Phänotypisierung	35
2.3 Analysen	38
2.3.1 Vorverarbeitung	38
2.3.2 Statistische Analysen	46

3 Resultate.....	55
3.1 Demographische Daten	55
3.2 Fragebogen.....	55
3.3 Vorverarbeitung	57
3.3.1 Koordinaten der Aktivierungsmaxima auf Gruppenebene im Aktivierungskontrast faces>houses ...	57
3.3.2 Koordinaten der Aktivierungsmaxima auf Gruppenebene im Aktivierungskontrast fearful faces>neutral faces	59
3.3.3 Verteilung der individuellen Aktivierungsmaxima	59
3.4 Korrelationsrechnungen	60
3.4.1 Alter und Geschlecht.....	61
3.4.2 Subskalen	61
3.4.3 Gesamthirnvolumen	63
3.4.4 Aktivierungskontrast faces>houses	66
3.4.5 Aktivierungskontrast fearful faces> neutral faces .	67
3.4.6 Volumen.....	68
3.4.7 Aktivierung und Volumen	70
3.5 Moderationsanalysen	72
3.6 Mediationsanalysen.....	75
3.7 Hierarchische Regressionsanalysen	75
3.8 G*Power-Analysen	77
4 Diskussion.....	78
4.1 Einfluss von Schizotypie auf das Gesichternetzwerk ...	79
4.1.1 Einfluss auf funktionelle Parameter	79
4.1.2 Einfluss auf strukturelle Parameter	85

4.1.3 Zusammenhang funktioneller und struktureller Parameter	88
4.1.4 Interaktion der Schizotypiedimensionen.....	90
4.2 Einordnung in größere Netzwerkmodelle	93
4.3 Limitationen	101
4.4 Schlussfolgerung und Ausblick	106
5 Zusammenfassung.....	110
6 Summary	114
Literaturverzeichnis	117
Anhang.....	145

Abkürzungsverzeichnis

AC	Commissura Anterior
Adj.	Adjusted
APRG	Adaptive Probability Region-Growing
Bds.	Beidseits
BMI	Body-Mass-Index
BOLD	Blood Oxygenation Level Dependent
CAT	Computational Anatomy Toolbox
CSF	Liquor cerebrospinalis
Des.	Desorganisiert, Desorganisation
DSM	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
EEG	Elektroenzephalographie
EHI	Edinburgh Handedness Inventory
EPI	Echo-Planar Imaging
FFA	Fusiform Face Area
fMRT	Funktionelle Magnetresonanztomographie
FOV	Field Of View
FWE	Family-Wise Error
FWHM	Full Width at Half Maximum
GM	Grey Matter
GMV	Grey Matter Volume
ICA	Independent Component Analysis

ICBM	International Consortium for Brain Mapping
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
IQ	Intelligenzquotient
KDEF	Karolinska Directed Emotional Faces
KI	Konfidenzintervall
Koeff.	Koeffizient
LQ	Lateralisationsquotient
MNI	Montreal Neurological Institute
MRT	Magnetresonanztomographie
MSS	Multidimensional Schizotypy Scale
MTW-B	Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztests
Neg.	Negativ
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
OFA	Occipital Face Area
O-LIFE	Oxford-Liverpool Inventory of Feelings and Experiences
PC	Commissura Posterior
Pos.	Positiv
pSTS-FA	Posterior Superior Temporal Sulcus-Face Area
ROI	Region of Interest

Sig.	Signifikanz
SKID	Strukturiertes klinisches Interview
SPM	Statistical Parametric Mapping
SPQ	Schizotypal Personality Questionnaire
TA	Acquisition time
TE	Echo time
TIV	Total Intracranial Volume
TR	Repetition time
Vgl.	Vergleiche
WM	White Matter
WSS	Wisconsin Schizotypy Scales

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Subkortikale und kortikale Verarbeitungspfade	11
Abbildung 2: Neuronales System der Gesichtsverarbeitung nach Haxby et al. (2000)	12
Abbildung 3: Lokalisation der Areale des Core Systems FFA, OFA, pSTS-FA	13
Abbildung 4: Altersverteilung der Studienkohorte (n=288)	26
Abbildung 5: Formale Bildung der Studienkohorte (n=288)	26
Abbildung 6: Beispiel für anatomische Lage des untersuchten MRT-Schichtstapels	33
Abbildung 7: Beispiele verwendeter Stimuli: neutrale und ängstliche Gesichter	34
Abbildung 8: Beispiele verwendeter Stimuli: Häuser	35
Abbildung 9: Beispiel für anatomische Lage des untersuchten MRT-Schichtstapels: hier ausgeschlossene:r Proband:in nach Qualitätsüberprüfung	42
Abbildung 10: Anatomische Masken für die Region FFA	43
Abbildung 11: Anatomische Masken für die Region OFA	43
Abbildung 12: Anatomische Masken für die Region pSTS-FA	44
Abbildung 13: Moderationsmodell	50
Abbildung 14: Mediationsmodell	52
Abbildung 15: Hierarchisches Regressionsmodell Schritt 1	53
Abbildung 16: Hierarchisches Regressionsmodell Schritt 2	54
Abbildung 17: Verteilung der IQ-Werte der Studienkohorte (n=288)	55
Abbildung 18: MSS-Fragebogenscores (n=288)	56
Abbildung 19: Gruppenmaximum FFA links	57
Abbildung 20: Gruppenmaximum FFA rechts	57
Abbildung 21: Gruppenmaximum OFA links	58
Abbildung 22: Gruppenmaximum OFA rechts	58
Abbildung 23: Gruppenmaximum pSTS-FA links	58
Abbildung 24: Gruppenmaximum pSTS-FA rechts	58

Abbildung 25: Verteilung der Aktivierungsmaxima auf Gruppen- und single-subject-Ebene (Ansicht axial).....	59
Abbildung 26: Verteilung der Aktivierungsmaxima auf Gruppen- und single-subject-Ebene (Ansicht lateral).....	60
Abbildung 27: Negative Korrelation zwischen desorganisierter MSS-Dimension und Aktivierung der rechten FFA im Aktivierungskontrast fearful faces> neutral faces (p= 0,04; r= -0,121)	67
Abbildung 28: Negative Korrelation zwischen desorganisierter MSS-Dimension und Aktivierung der linken pSTS-FA im Aktivierungskontrast fearful faces> neutral faces (p= 0,025; r= -0,132).....	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Korrelationen Alter und Geschlecht mit MSS-Skalen ($\alpha \leq 0,05$).....	62
Tabelle 2: Korrelation der MSS-Subskalen ($\alpha \leq 0,05$)	63
Tabelle 3: Korrelation Aktivierungsmittelwerte im Aktivierungskontrast faces>houses und fearful faces>neutral faces und TIV ($\alpha \leq 0,05$).....	64
Tabelle 4: Korrelation Volumenmittelwerte und TIV ($\alpha \leq 0,05$)	65
Tabelle 5: Korrelation Aktivierungsmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA im Aktivierungskontrast faces>houses und MSS-Skalen ($\alpha \leq 0,05$).....	66
Tabelle 6: Korrelation Volumenmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA und MSS-Skalen ($\alpha \leq 0,05$)	69
Tabelle 7: Korrelation Aktivierungsmittelwerte im Aktivierungskontrast faces>houses und Volumenmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA ($\alpha \leq 0,05$).....	70
Tabelle 8: Korrelation Aktivierungsmittelwerte im Aktivierungskontrast fearful faces>neutral faces und Volumenmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA ($\alpha \leq 0,05$).....	71
Tabelle 9: Moderationsanalysen im Aktivierungskontrast faces>houses ($\alpha \leq 0,05$)	72
Tabelle 10: Moderationsanalysen im Aktivierungskontrast fearful faces>neutral faces ($\alpha \leq 0,05$)	73
Tabelle 11: Moderationsanalysen Volumenmittelwerte ($\alpha \leq 0,05$).....	74
Tabelle 12: Hierarchische Regressionsanalysen (Schritt 3) der Volumenmittelwerte ($\alpha \leq 0,05$).....	76

1 Einleitung

1.1 Schizotypie

Schizotypie setzt sich aus den Begriffen „Schizo-“ (griechisch „schizein“: (ab)spalten) und „-typie“ (griechisch „typos“: Form, Gestalt) zusammen. Der Wortstamm gleicht somit dem der Schizophrenie, welcher in Kombination mit der Endung „-phrenie“ (griechisch „phrēn“: Zwerchfell; im Sinne von Geist bzw. Sitz der Seele) erstmals von Eugen Bleuler mit der Vorstellung einer „Spaltung der verschiedensten psychischen Funktionen [als] eine ihrer wichtigsten Eigenschaften“ (Bleuler 1911, 5) beschrieben wurde. Schizotypie beschreibt hingegen ein Spektrum an Persönlichkeitsmerkmalen, die subklinisch den Merkmalen der Schizophrenie und Schizophrenie-Spektrum-Störungen ähneln, aber keine Pathologie per se darstellen. Sie kann, wie die Schizophrenie, ebenfalls in drei phänotypische Dimensionen eingeteilt werden (d.h. positive, negative und desorganisierte Schizotypie) (Fonseca-Pedrero et al. 2021; Barrantes-Vidal et al. 2015; Kwapil und Barrantes-Vidal 2015; Polner et al. 2021).

Erstmal beschrieben wurde der Begriff der Schizotypie 1953 von Rado. Er beleuchtete hierbei vor allem die genetische Komponente und sah Schizotypie als einen „schizophrenen

Phänotyp“ an (Rado 1953). Das bedeutet, dass betroffene Personen nicht zwangsläufig an einer Schizophrenie erkrankten, aber ein lebenslang erhöhtes Risiko dafür hätten. Ebenso zeigten sie Schizophrenie-ähnliche Persönlichkeitsmerkmale auf einem subklinischen Level. Kennzeichnend für Rado waren hierbei die Anhedonie, als ausgeprägtes Lustdefizit, sowie eine verzerrte Wahrnehmung des eigenen Körpers und der Umgebung (Kapfhammer 2017). Meehl (1962) unterstützte die Ansicht einer genetischen Komponente und führte den Begriff der „Schizotaxie“ ein. Schizotaxie beschreibt einen integrativen neuronalen Defekt, monogenetisch verursacht durch das sogenannte „Schizogen“. Er ging davon aus, dass verschiedene genetische Faktoren in Kombination mit dem Schizogen die Wahrscheinlichkeit der Manifestation einer Schizophrenie beeinflussen. Die Schizotaxie sah er in Kombination mit der individuellen psychosozialen Lerngeschichte als Voraussetzung für die Schizotypie an. Er stufte ca. 10% der Bevölkerung als schizotyp ein, wovon bei 10% wiederum eine Schizophrenie ausbrechen würde (Meehl 1962), was somit in etwa der heutigen Prävalenz von 1% entspricht (Lieb 2023). Die restlichen 90% der Schizotypen würden asymptotisch bleiben oder nur eine subklinische Ausprägung der Merkmale zeigen (Meehl 1962). In der Psychologie wird der Begriff der Dimensionalität

verwendet um verschiedene Abstufungen zwischen zwei theoretischen Endpunkten zu beschreiben (Trull und Durrett 2005). Meehls Modell wird als „quasi-dimensional“ angesehen, da er Schizotypie zwar in Schweregrad und Ausprägung unterteilt, aber klar zwischen einem gesunden und einem schizotypen Gehirn unterscheidet, was eher einem kategorischen Ansatz entspricht (Grant et al. 2018; Kwapil und Barrantes-Vidal 2015). So stellen für ihn die vier Kernmerkmale (d.h. formale kognitive Fehlleistungen, persönliche Scheu in sozialen Kontakten, Anhedonie und Ambivalenz) lediglich eine mildere Ausprägung der Grundsymptome der Schizophrenie dar (Kapfhammer 2017). Im Gegensatz dazu entwickelte Claridge 1997 ein „volldimensionales“ Modell, das Schizotypie als etwas beschreibt, das in verschiedenen Ausprägungen sowohl bei gesunden als auch erkrankten Personen auftreten kann. Er beschreibt Schizotypie als ein, in der Bevölkerung normalverteiltes, kontinuierliches Spektrum an Persönlichkeitsmerkmalen mit der Manifestation einer Schizophrenie oder psychotischen Erkrankung als Endpunkt zwischen gesund und krank. Nach dem Modell von Claridge (1997) sind polygenetische Faktoren sowie Umwelteinflüsse, die sowohl zu adaptiven Variationen (wie z.B. ein hohes Maß an Kreativität) als auch maladaptiven Ausprägungen

(wie z.B. Psychosen) führen können, ursächlich für die Schizotypie. So sieht er sie als notwendige Voraussetzung für psychotische Erkrankungen, allerdings nicht als ausreichende Bedingung für eine sichere Manifestation an. Jedoch stellt sie einen unabhängigen Prädiktor für den Ausbruch einer Erkrankung dar (Claridge 1997; Grant et al. 2018).

Die Merkmale der Schizotypie lassen sich, ähnlich denen der Schizophrenie, in drei Dimensionen einteilen: positive, negative und desorganisierte Schizotypie. Schizophrenie ist in der positiven Dimension gekennzeichnet durch inhaltliche Denkstörungen wie bizarre Überzeugungen, magisches Denken bis hin zum Wahn, durch Wahrnehmungsstörungen wie Illusionen bis hin zu Halluzinationen und durch Paranoia und ausgeprägtes Misstrauen. Die negative Schizophrenie zeichnet sich unter anderem durch Affektverflachung, einen verminderten Antrieb, Alogie, Abulie, Anhedonie und Desinteresse an anderen und der Umwelt aus. Die dritte Dimension stellt die Desorganisation dar. Hierbei fällt die Schwierigkeit, Dinge zu organisieren und Gedanken auszudrücken, auf. Die Dimension bewegt sich von leichten Ausprägungen bis hin zu formalen Denkstörungen und extrem desorganisiertem Verhalten (McCutcheon et al. 2020; Lieb 2023, 176–180; Hecht et al. 2019, 304–309).

Es bleibt bislang umstritten ob die Symptome der Schizophrenie, besonders in ihrer Entwicklung, einen rein qualitativen oder ebenfalls einen quantitativen Charakter haben (Comparelli et al. 2014; Velthorst et al. 2013). Die Manifestationen der Schizotypie ähneln den genannten Schizophreniesymptomen, entsprechen ihnen aber nicht gänzlich (Kwapil und Barrantes-Vidal 2015; Ettinger et al. 2014; Thomas et al. 2019). Vielmehr stellen sie eine deutlich abgeschwächte, nicht pathologische Form dar, welche auch vorteilhafte Ausprägungen, wie zum Beispiel ein hohes Maß an Kreativität (Holt et al. 2008; Mohr und Claridge 2015) und eine hohe Lebenszufriedenheit (Grant et al. 2018) bei Personen mit ausgeprägten Merkmalen der positiven Schizotypie, mit sich bringen kann. In Bezug auf die positive Dimension könnte einer Person mit schizotypen Persönlichkeitseigenschaften beispielsweise der Gedanke kommen, dass sich gewisse Ereignisse wie Fernsehansprachen etc. speziell auf sie beziehen, allerdings ist sie nicht wirklich überzeugt davon. Genauso könnten körperliche Empfindungen, wie z.B. eine vergrößerte Hand wahrgenommen werden, wieder ist die Person aber eigentlich nicht davon überzeugt, dass sich wirklich etwas an ihrem Körper verändert hat. In Bezug auf die negative Dimension könnte eine Person als eher zurückgezogen,

mit wenig Kontakten und einem wenig emotionalen Ausdruck beschrieben werden. Konversationen könnten als Stresssituation empfunden werden, wobei die Ausprägung der negativen Dimension nicht an die Ausprägung der Symptome einer negativen Schizophrenie, mit z.B. einer vollständigen Affektverflachung, heranreicht. Gleiches gilt für die Desorganisation, die sich bei Personen mit schizotypen Persönlichkeitsmerkmalen auf einem gesunden, nicht pathologischen Level bewegt (Lenzenweger 2010).

1.2 Integration der Schizotypie in das Spektrum der Schizophrenie

Das Spektrum der Schizophrenie umfasst neben einer manifesten schizophrenen Störung weitere Pathologien wie die schizotype Störung (ICD-10) bzw. schizotype Persönlichkeitsstörung (DSM-5) (beides nicht gleichzusetzten mit Schizotypie) und die wahnhafte Störung, sowie verschiedene psychotische Störungen (ICD 10 F20-29, DSM-5 295.90). Aber auch die Schizotypie als subklinische, nicht pathologische Ausprägung lässt sich in dieses Spektrum integrieren. Sie lässt sich als eine alternative Manifestationsform ansehen, die mit ihrem zugrundeliegenden Modell das Spektrum der Schizophrenie und den Weg von gesund über

Dysfunktionalitäten bis hin zur Krankheit besser nachvollziehen lässt (Lenzenweger 2010, 14–17; Fonseca-Pedrero et al. 2021). Bereits 1994 konnte Chapman in einer longitudinalen Studie über zehn Jahre zeigen, dass Schizotypie ein geeignetes Konstrukt zur Vorhersage der Entwicklung einer Schizophrenie-Spektrum-Störung ist (Chapman et al. 1994; Kwapil et al. 2013). Frühere Studien zeigten einen signifikanten Zusammenhang zwischen positiven und negativen Facetten der Schizotypie und langfristiger paranoider Persönlichkeitsstörung (Kwapil et al. 2013), sowie eine Assoziation mit dem Ausbruch weiterer Psychopathologien, wie beispielsweise Psychosen (Debbané und Barrantes-Vidal 2015).

Durch die Forschung an einer subklinischen Stichprobe lassen sich einige Nachteile klinischer Studien vermeiden. So gibt es Faktoren, die die Ergebnisse der Forschung an erkrankten Personen verfälschen könnten. Hierzu zählen neben Medikamenten und Einfluss einer Hospitalisierung und Therapie auch Auswirkungen verschiedener Komorbiditäten wie z.B. Substanzmissbrauch. Auch könnten Stigmata bezüglich psychischer Erkrankungen die Ergebnisse beeinflussen. Diese Faktoren haben unweigerlich Einfluss auf kognitive, neurologische, persönliche und soziale Eigenschaften einer Person und können in der Interpretation der Ergebnisse nur

schwer herausgerechnet werden (Lenzenweger 2010, 14–17; Ettinger et al. 2014).

Schizotypie bzw. schizotype Persönlichkeitsmerkmale sind nicht mit Schizophrenie gleichzusetzen, aber als alternative Ausdrucksform im Rahmen des Spektrums zeigen sich einige Gemeinsamkeiten in Ätiologie, sowie auf klinischer, neuroanatomischer und funktioneller Ebene. Beiden Konstrukten wird eine erbliche Komponente zugeschrieben (Nelson et al. 2013), mit für Schizophrenie typischen Endophänotypen, die auch mit Schizotypie assoziiert werden (Ettinger et al. 2014). Einige davon sind schon lange vor den ersten klinisch signifikanten Symptomen voll vorhanden (Debbané und Barrantes-Vidal 2015). Risikofaktoren wie Geburtskomplikationen und maternale Infektionen (Zammit et al. 2009), Kindheitstraumata (Lovatt et al. 2010), Urbanisierung (Scott et al. 2006), Zugehörigkeit zu Minderheiten (Sharpley und Peters 1999; Morgan et al. 2009) und der Konsum von Cannabis (O'Tuathaigh et al. 2020; Skinner et al. 2011; Wright et al. 2021) werden sowohl in Verbindung mit Schizotypie als auch Schizophrenie (Löhrs und Hasan 2019; Hecht et al. 2019, 302–304) gesetzt. Neuroanatomische Veränderungen konnten sowohl bei Patient:innen mit Schizophrenie als auch bei Personen mit schizotypen Persönlichkeitsmerkmalen

nachgewiesen werden (Nelson et al. 2013). Diese betreffen beispielsweise die graue Substanz des präfrontalen, orbitofrontalen und medialen Kortexes (siehe Übersicht in Modenato und Draganski 2015). Ein klinisch bedeutsamer Aspekt des Schizophrenie- und Psychosespektrums ist die Manifestation kognitiver Defizite, welche sich in unterschiedlicher Intensität zeigen können und vor allem mit einer ausgeprägten negativen und desorganisierten Facette einhergehen. Überschneidungen zwischen Schizophrenie und Schizotypie finden sich in den Bereichen Aufmerksamkeit, verbaler IQ und Arbeitsgedächtnis (siehe Übersicht in Nelson et al. 2013; Ettinger et al. 2015; Karamaouna et al. 2020). Neben Auffälligkeiten des auditiven Verarbeitens, ist Schizotypie, wie auch Schizophrenie, mit einer beeinträchtigten visuellen Verarbeitung assoziiert (Ettinger et al. 2015).

1.3 Einfluss von Schizotypie auf die visuelle Verarbeitung

1.3.1 Grundlagen des visuellen und gesichtsspezifischen Verarbeitens

Bereits in den das Auge verlassenden Zellen findet eine erste funktionale Spezialisierung statt, die im Grunde bis zu den kortikalen Projektionsarealen beibehalten wird. Hierbei handelt es sich um die magnozellular (M-Typ) und parvozellular (P-Typ) ähnlichen Zellen. Die Sehbahn verläuft weiter durch das Chiasma opticum größtenteils zum Corpus geniculatum laterale, welches sich in zwei magno- und vier parvozelluläre Zellschichten gliedert. Alle Neurone dieser Schichten projizieren im weiteren Verlauf zum primären visuellen Kortex (V1) im Okzipitallappen (Müsseler und Rieger 2017). Ab hier beginnen die subkortikalen Verarbeitungspfade, die sich in einen dorsalen (vorwiegender Projektionsort der magnozellularen Schichten) und einen ventralen Pfad (vorwiegender Projektionsort der parvozellulären Schichten) einteilen lassen und sowohl auf dieser als auch auf nachfolgender kortikaler Ebene miteinander interagieren. Der dorsale Pfad projiziert überwiegend über V1 nach V2 und V5 in den parietookzipitalen Kortex und ist für die Verarbeitung und Weiterleitung von Bewegungs- und Richtungsinformationen

zuständig, spielt somit eine entscheidende Rolle in der räumlichen Orientierung und wird vereinfacht auch als „Wo und Wie-Pfad“ bezeichnet (Müsseler und Rieger 2017; Ungerleider 1994; Kravitz et al. 2011). Der ventrale Pfad projiziert überwiegend über V1 nach V2 und V4 in temporookzipitale Areale des Kortexes. Er wird in Verbindung mit der Verarbeitung und Weiterleitung komplexerer visueller Reize gesetzt. Als sogenannter „Was-Pfad“ werden ihm Bereiche wie Form-, Farb- und Objekterkennung, sowie die Verarbeitung von Gesichtern zugeschrieben (siehe Abbildung 1) (Müsseler und Rieger 2017; Ungerleider 1994).

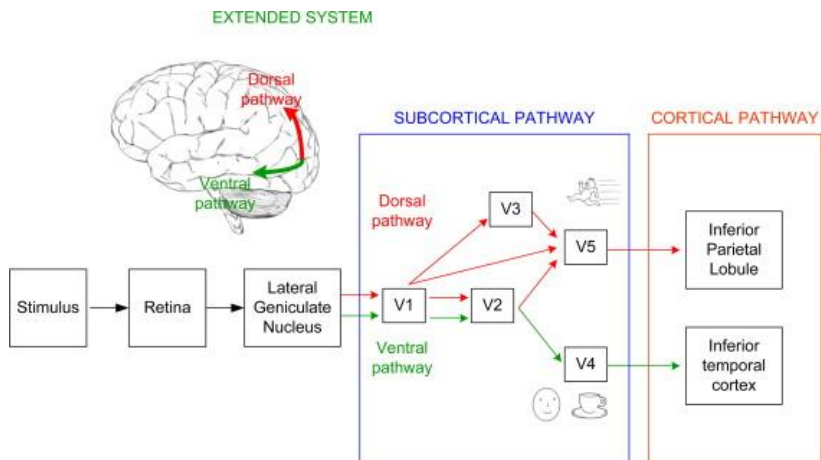


Abbildung 1: Subkortikale und kortikale Verarbeitungspfade
 Quelle: Bortolon et al. (2015)

Die Gesichtsverarbeitung unterliegt im Weiteren einem hierarchischen neuronalen System, das sich nach dem Modell von Haxby et al. (2000) in einen Kernbereich („core system“) und ein erweitertes System („extended system“) einteilen lässt (siehe Abbildung 2).

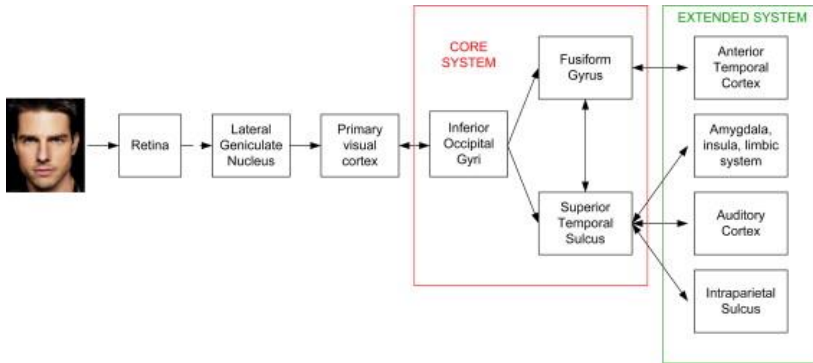


Abbildung 2: Neuronales System der Gesichtsverarbeitung nach Haxby et al. (2000)

Quelle: Bortolon et al. (2015)

Das Core System besteht aus drei Hirnregionen, welche bilateral zu finden sind und jeweils spezifische Aufgaben haben (siehe Abbildung 3). Die ‚occipital face area‘ (OFA) liegt im Gyrus occipitalis inferior, ist für die frühe Verarbeitung von Gesichtern zuständig und bildet somit den Informationseingang. Diese werden von hieraus an die ‚fusiform face area‘ (FFA) im lateralen Gyrus fusiformis, als ‚ventral stream‘, und an die ‚posterior superior temporal sulcus face area‘ (pSTS-FA) im

posterioren Sulcus temporalis superior, als ‚dorsal stream‘, weiterverteilt.

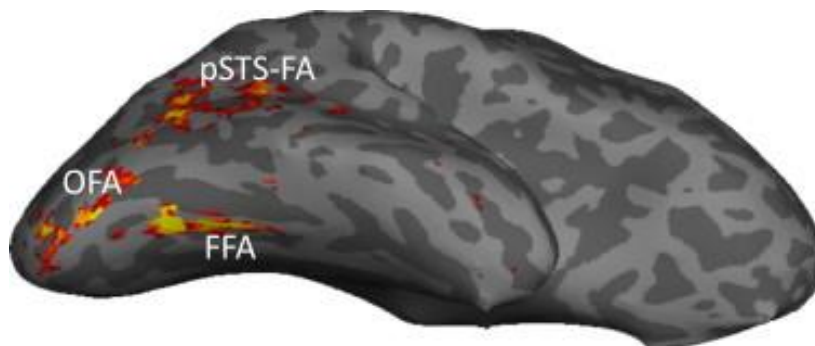


Abbildung 3: Lokalisation der Areale des Core Systems FFA, OFA, pSTS-FA
Quelle: Bernstein und Yovel (2015)

Die Areale des Core Systems werden als gesichtsspezifisch angesehen und reagieren sowohl in funktionellen MRT-, als auch EEG-Studien verstärkt auf Gesichter (siehe Übersicht in Haxby et al. 2000; Rossion et al. 2012; Jonas et al. 2016). Es wird von einer rechtshemisphärischen Dominanz ausgegangen, welche sich bei Linkshändern lediglich in der FFA in die linke Hemisphäre verlagert (Rossion et al. 2012; Bukowski et al. 2013; Rossion und Lochy 2021). Haxby et al. (2000) stellten die Hypothese auf, dass Identität und veränderbare Aspekte des Gesichts getrennt voneinander wahrgenommen und verarbeitet werden müssten, da Gesichtsbewegungen sonst als Veränderung

der Identität missinterpretiert werden könnten. Diese Annahme wurde durch Studien mit Patient:innen mit beeinträchtigter Gesichtsverarbeitung unterstützt (Humphreys et al. 1993). Die FFA repräsentiert hierbei die Verarbeitung unveränderbarer Aspekte des Gesichts. Hierzu zählen beispielsweise Identität und Geschlecht. Die Regionen im posterioren Sulcus temporalis superior tragen nach dem Modell von Haxby et al. (2000) hingegen zur Verarbeitung veränderbare Aspekte des Gesichts, wie Gesichtsausdruck, Lippenbewegungen und Blinzeln bei, welche wichtig für die soziale Kommunikation und Interaktion sind. Mit der Erweiterung des Modells für dynamische Gesichter, stellten O'Toole et al. (2002) die Hypothese auf, dass die pSTS-FA ebenfalls an der Identitätsverarbeitung beteiligt sei. Dies bezog sich allerdings nur auf dynamische Aspekte vertrauter Gesichter (siehe Übersicht in Bernstein und Yovel 2015). Bernstein und Yovel (2015) und Duchaine und Yovel (2015) fügten zu den bestehenden Modellen einige Änderungsvorschläge hinzu. Anstatt eine strikte Trennung in veränderliche und unveränderliche Aspekte vorzunehmen, sollte nach Verarbeitung von Bewegungs- und Forminformationen unterschieden werden. Hierbei wird der FFA die Aufgabe zugeschrieben Forminformationen von statischen Gesichtern herauszufiltern. Dazu zählen neben den unveränderbaren

Aspekten wie Identität und Geschlecht auch veränderbare Aspekte wie Gesichtsausdrücke. Die pSTS-FA sei an der Verarbeitung jegliche Art dynamischer Information beteiligt, ohne dabei nach veränderbaren und unveränderbaren Aspekten zu unterscheiden. Es würden hierbei sowohl Aspekte der Identität, Gesichtsausdrücke und Augenblinzeln wahrgenommen werden. Bernstein und Yovel (2015) stellen des Weiteren die Hypothese auf, dass die pSTS-FA ebenfalls an der Verarbeitung statischer Gesichter beteiligt sei, wenn sie indirekte Bewegungsinformationen, wie beispielsweise Blickrichtung enthalten. Unter Zusammenschau aller Modelle lässt sich die OFA somit als Informationseingang bezeichnen, der die Informationen an FFA und pSTS-FA weiterleitet. Sie wird in enger Beziehung zur FFA gesehen und ist für die frühere Verarbeitung von Forminformationen zuständig, eine direkte Verbindung zwischen OFA und pSTS-FA wird allerdings angezweifelt. In der FFA werden Forminformationen wie beispielsweise Identität und Geschlecht von statischen, aber auch bewegten Gesichtern verarbeitet. In der pSTS-FA werden Gesichtsbewegungen und veränderbare Aspekte wie z.B. der Blick oder Blinzeln verarbeitet. Hierbei liegt der Fokus auf bewegten Gesichtern, wobei auch Informationen von statischen Gesichtern miteinbezogen werden (Bernstein und Yovel 2015).

FMRT-Studien zeigen eine gesteigerte Aktivierung in visuellen Arealen, wie dem Gyrus fusiformis (Lokalisation der FFA) und dem Gyrus occipitalis inferior (Lokalisation der OFA) sowohl beim Verarbeiten neutraler als auch emotionaler Gesichter. Vergleicht man die Aktivierung bei emotionaler im Vergleich zu neutraler Gesichtsverarbeitung, fällt eine Steigerung auf, die sich je nach Emotion heterogen und in unterschiedlichen Arealen zeigt. So ist die Verarbeitung ängstlicher Gesichter mit einer erhöhten Aktivierung im Gyrus fusiformis, die Verarbeitung ärgerlicher Gesichter mit einer erhöhten Aktivierung des rechten Gyrus occipitalis inferior assoziiert, jeweils im Vergleich zur Aktivierung beim Verarbeiten neutraler Gesichter (Fusar-Poli et al. 2009). Ebenso ließ sich eine stärkere Aktivierung des Sulcus temporalis superior bei Gesichtsausdrücken im Vergleich zu neutralen Gesichtern nachweisen (Engell und Haxby 2007). Es ist zu bedenken, dass die Aktivierung visueller Areale auch mittels Feedbackmechanismen z.B. aus der Amygdala beeinflusst werden könnte, welche vor allem bei ängstlichen Gesichtern eine starke Aktivierung zeigt (Adolphs 2002). Ergebnisse aus EEG-Studien unterstützen die genannten Erkenntnisse. Das ereignisbezogene Potential N170 mit einem Ausschlag nach 140-200ms nach Stimulus gilt als gesichtsselektiv und dient als

Marker für frühes gesichtsspezifisches Verarbeiten (Gao et al. 2019; Eimer 2011). Es wird mit FFA und pSTS-FA in Verbindung gesetzt, wohingegen die OFA früheren Potentialen (P100 mit einem Peak nach 60-100ms) zugeschrieben wird (Sadeh et al. 2010; Pitcher et al. 2011; Pitcher et al. 2007; Ding und Yuan 2013). Der Effekt auf die Amplitude des Potentials N170 zeigt sich beim Verarbeiten emotionaler Gesichter größerer als beim Verarbeiten neutraler Gesichter. Unterschiede je nach gezeigter Emotion werden hier ebenfalls deutlich, mit dem größten Effekt für ärgerliche und ängstliche, gefolgt von glücklichen, jeweils im Vergleich zu neutralen Gesichtern (Hinojosa et al. 2015).

1.3.2 Einfluss von Schizotypie auf die visuelle und gesichtsspezifische Verarbeitung

Im Zusammenhang mit Schizotypie finden sich Auffälligkeiten bereits in frühen Stadien visuellen Verarbeitens, die mit einer magnozellulären Dysfunktion in Verbindung gesetzt werden. Jedoch könnte diese wiederum Einfluss auf andere Stadien der Informationsverarbeitung nehmen. Die beeinträchtigte frühe visuelle Verarbeitung wird vor allem mit der desorganisierten und positiven Facette der Schizotypie assoziiert, zeigt sich allerdings, anders als bei Patient:innen mit Schizophrenie, in

Verhaltensstudien als klinisch unauffällig, was auf Kompensationsmechanismen hindeuten könnte (siehe Übersicht in Ettinger et al. 2015; Koychev et al. 2010). Als ebenfalls klinisch intakt zeigt sich das Erkennen und Verarbeiten von Gesichtern (Bell und Halligan 2015; Williams et al. 2007). Schwierigkeiten fallen jedoch beim akkuraten Erkennen und Verarbeiten von emotionalen Gesichtern auf (Zouraraki et al. 2023). So konnten Germine und Hooker (2011) eine Assoziation von Schizotypie und Schwierigkeiten bei der Emotionsidentifikation, nicht aber bei der Identifikation von Gesichtern im Allgemeinen oder dem Geschlecht nachweisen. Diese Defizite zeigen sich vor allem bei der Kombination aus negativen Emotionen (d.h. Angst, Wut, Verzweiflung) und ausgeprägter Negativsymptomatik, wohingegen die desorganisierte Facette der Schizotypie mit einer besseren Erkennung von negativen Emotionen einhergeht (Dawes et al. 2021; Williams et al. 2007). Patient:innen mit Schizophrenie zeigen ebenfalls verstärkte Defizite bei der Verarbeitung emotionaler Gesichter, mit einem Fokus auf negativen Emotionen, wobei sich hier auch eine generelle Beeinträchtigung der Gesichtsverarbeitung abzeichnet (Caharel et al. 2007; Mandal et al. 1998). Diese zeigt sich gleichfalls in Verhaltensstudien, ist jedoch stark von der gestellten Aufgabe,

der Symptomatik des Patienten bzw. der Patientin und der Chronifizierung der Krankheit abhängig (siehe Übersicht in Bortolon et al. 2015). Des Weiteren ist umstritten ob diese Defizite gesichtsspezifisch sind oder eher im Rahmen generalisierter kognitiver Defizite auftreten (Megreya 2016). Erkenntnisse aus EEG-Studien ermöglichen eine weitere Untersuchung des Einflusses von Schizotypie auf die Gesichtsverarbeitung. Hierfür werden das gesichtsselektive Potential N170 (assoziiert mit FFA und pSTS-FA) und das frühere Potential P100 (assoziiert mit OFA) betrachtet. Für den Ausschlag des Potentials P100 konnten keine Gruppenunterschiede zwischen hoch- und niedrigschizotypen Proband:innen festgestellt werden, sodass von einer intakten frühen visuosensorischen Gesichtsverarbeitung auszugehen ist. Eine beeinträchtigte Gesichtsverarbeitung bei ausgeprägter Schizotypie, mit einem spezifischen Defizit für die konfigurale Beurteilung von Gesichtern, konnte anhand des Potentials N170 nachgewiesen werden (Batty et al. 2014). Bei hoch schizotypen Proband:innen ist die N170 Amplitude reduziert und die Reaktionszeit verlangsamt (Ahn et al. 2020). Gleiches zeigt sich auch bei Patient:innen mit Schizophrenie, wo sich jedoch neben einer verringerten N170, ebenso eine Verringerung der P100 Amplitude, jeweils insbesondere beim Verarbeiten negativ

emotionaler Gesichter, nachweisen ließ (Caharel et al. 2007; Zhang et al. 2022). Eine fMRT-Studie stellte einen positiven Zusammenhang zwischen Schizotypie und der Aktivierung der rechten pSTS-FA beim Verarbeiten neutraler Gesichter dar. Der Effekt zeigte sich signifikant für die desorganisierte und als Trend für die positive Facette der Schizotypie (Yan et al. 2020). Patient:innen mit Schizophrenie zeigen im Vergleich zur Kontrollgruppe ebenfalls eine Hyperaktivierung der pSTS-FA bei der Verarbeitung neutraler Gesichter, wohingegen emotionale Gesichter eine Hypoaktivierung auslösen (Mier et al. 2017). In Hinblick auf die funktionelle Aktivierung der weiteren Bereiche des Core Systems zeigt sowohl die FFA als auch die OFA bei Patient:innen im fMRT eine gesteigerte Aktivierung im Vergleich zur Kontrollgruppe. Diese korreliert positiv mit der Stärke der Symptome, hierbei vor allem in der FFA und OFA bei Negativsymptomatik und in der FFA ebenfalls bei Positivsymptomatik, allerdings schwächer korreliert (Maher et al. 2016). Im Gegensatz dazu gibt es auch Hinweise auf eine verringerte Aktivierung der FFA und OFA bei Patient:innen mit Schizophrenie, sowohl beim Verarbeiten neutraler als auch emotionaler Gesichter. Hierbei liegt der Fokus jeweils rechtshemisphärisch auf der rechten FFA und der rechten OFA (Johnston et al. 2005; Habel et al. 2010; Bortolon et al. 2015).

Die verringerte Aktivierung im Bereich der FFA stellt sich als unabhängiges Defizit dar (Quintana et al. 2003; Walther et al. 2009).

Neben den funktionellen Auffälligkeiten, konnten bei Patient:innen mit Schizophrenie auch strukturelle Veränderungen nachgewiesen werden. In weiten Teilen des Gehirns zeigt sich eine kortikale Verdünnung mit den größten Effektstärken im frontalen und temporalen Kortex (van Erp et al. 2018). Der Gyrus fusiformis zeigt beidseits ein verringertes Volumen, insbesondere die graue Substanz sei bereits in der ersten Episode der Erkrankung rechts um neun und links um elf Prozent reduziert (Onitsuka et al. 2003; Lee et al. 2002). Dieser Effekt zeigt sich ebenfalls bei nicht-psychotischen Verwandten (Goghari et al. 2011) und Personen mit schizotyper Persönlichkeitsstörung (Takahashi et al. 2011). Das reduzierte Volumen des Gyrus fusiformis ist assoziiert mit Defiziten der emotionalen Gesichtserkennung (Goghari et al. 2011) und korreliert für die linke Hemisphäre negativ mit der Ausprägung der Negativsymptomatik (Jung et al. 2021). Eine Korrelation zwischen der bilateralen fusiformen Volumenreduktion und einer verringerten N170 Amplitude bei der Verarbeitung von Gesichtsstimuli konnte des Weiteren nachgewiesen werden, wohingegen diese Korrelation bei der gesunden Kontrollgruppe

nicht bestand. Die N170 Amplitude kann hierbei als Prädiktor für das Volumen des rechten Gyrus fusiformis angesehen werden (Onitsuka et al. 2006). Neben der FFA, zeigt auch die OFA eine kortikale Verdünnung bei Patient:innen mit Schizophrenie auf (Geisler et al. 2015). Schizotypie geht ebenfalls mit hirnstrukturellen Veränderungen einher, welche in Regionen liegen, die mit Schizophrenie assoziiert sind (z.B. Frontal- und Temporallappen) (Ettinger et al. 2012; Modenato und Draganski 2015; Wiebels et al. 2016). Wobei bei verschiedenen Facetten der Schizotypie unterschiedliche Areale betroffen sind (Nenadić et al. 2015). Inwieweit die Areale des Core Systems strukturelle Anomalien aufweisen, bleibt bislang allerdings weitgehend ungeklärt.

1.4 Ziel der Studie und Hypothesen

Ziel der Studie ist es, den Einfluss von Schizotypie auf die Gesichtsverarbeitung hypothesengeleitet zu prüfen und damit zur Klärung der bislang inkonsistenten und unvollständigen Ergebnisse der Literatur beizutragen. Hierfür sollen die funktionelle Aktivierung, sowie das Volumen der grauen Substanz der FFA, OFA und pSTS-FA in einer Studienkohorte von relevanter Größe untersucht werden.

Basierend auf der aktuellen Literatur der Schizotypie- und auch unter Berücksichtigung der Schizophrenieforschung bildeten folgende Annahmen die Basis der Hypothesenfindung: 1. Schizotypie ist in einem Kontinuum hin zur Schizophrenie einzuordnen (siehe Abschnitt 1.2), 2. Auffälligkeiten bei der Gesichtsverarbeitung finden sich sowohl bei Merkmalsausprägungen der Schizotypie als auch Patient:innen mit Schizophrenie (siehe Abschnitt 1.3.2), 3. Schizophrenie steht im Zusammenhang mit kortikaler Ausdünnung in Arealen des Gesichternetzwerkes (siehe Abschnitt 1.3.2). Insbesondere basierend auf oben genannter Literatur (siehe unter anderem Batty et al. 2014; Yan et al. 2020; Mier et al. 2017; Bortolon et al. 2015; van Erp et al. 2018) werden folgende Hypothesen untersucht:

Hypothese 1: Psychometrisch erfasste Schizotypie korreliert mit der mittels fMRT während einer Aufgabe zur Gesichtererkennung gemessenen Aktivierung in den für Gesichtsverarbeitung relevanten Hirnarealen FFA und pSTS-FA (nicht aber OFA) und korreliert insbesondere für die Erkennung ängstlicher Gesichter in FFA und pSTS-FA negativ.

Hypothese 2: Schizotypie korreliert negativ mit den Volumina der grauen Substanz in FFA, OFA und pSTS-FA.

Hypothese 3: Die gemessene Aktivierung in FFA, OFA und pSTS-FA interagiert mit den Volumina der grauen Substanz.

Hypothese 4: Die drei Dimensionen der Schizotypie interagieren in Bezug auf ihren Einfluss auf die Aktivierung und die Volumina der grauen Substanz miteinander.

2 Methoden

2.1 Kohorte

Die Studienkohorte umfasste 288 gesunde Proband:innen. Vor jeder Testung erfolgte eine Aufklärung über den Ablauf, die Studie, das MRT des Gehirns und die schriftliche Einwilligung hierzu durch die Proband:innen.

Die Geschlechterverteilung der Kohorte lag mit 191 Frauen und 97 Männern bei 66,3% weiblichen zu 33,7% männlichen Getesteten. Das Alter der Proband:innen lag zwischen 18 und 39 Jahren mit einem Altersdurchschnitt von 23,89 ($\pm 3,86$) Jahren (siehe Abbildung 4). Als höchsten Bildungsabschluss gab die Mehrheit ein Abitur bzw. eine Hochschulreife an (siehe Abbildung 5).

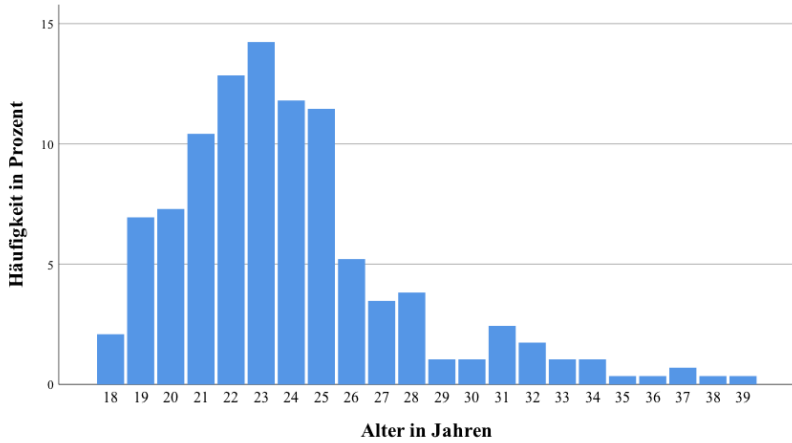


Abbildung 4: Altersverteilung der Studienkohorte (n=288)

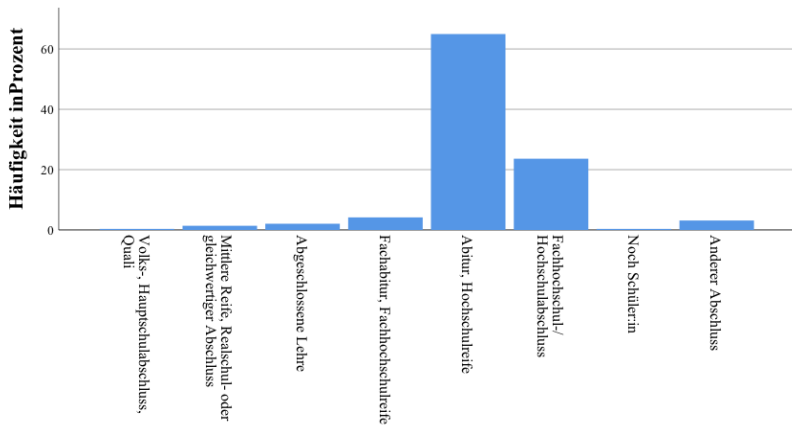


Abbildung 5: Formale Bildung der Studienkohorte (n=288)

2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Studientauglichkeit wurde nach erster Kontaktaufnahme im Rahmen eines Telefonscreening geprüft.

Gesucht wurden Proband:innen im Alter von 18 bis 40 Jahren mit und ohne Psychose-Risiko, jedoch ohne psychische oder schwere neurologische Vorerkrankungen. Sie sollten mitteleuropäischer Herkunft sein und ein gutes Verständnis der deutschen Sprache, sowie eine normale oder korrigierte Sehschärfe haben. Aktive oder vergangene Abhängigkeitserkrankungen, traumatische Hirnverletzungen oder ein Schädelhirntrauma mit Bewusstlosigkeit in der Vergangenheit sowie unbehandelte somatische Erkrankungen, wie beispielsweise Diabetes oder Hypertonie stellten Ausschlusskriterien dar. Ebenso psychiatrische und neurologische Erkrankungen wie zum Beispiel Multiple Sklerose, Epilepsie, Parkinson oder Vaskulitiden. Proband:innen mit Tattoos nicht älter als 10 Wochen oder einem BMI unter 18 bzw. über 35 wurden ebenfalls von der Studie ausgeschlossen. Die MRT-Tauglichkeit wurde im Rahmen des Telefonscreenings mittels Metallanamnese, mit besonderem Augenmerk auf Implantaten, nicht herausnehmbaren Piercings und Intrauterinpressaren, überprüft. Vorerkrankungen,

Voroperationen, Medikamente und Vorhandensein von Tattoos wurden hierfür ebenfalls erfragt.

Zur Prüfung der psychischen Gesundheit wurde im Rahmen des Telefoninterviews ein Screening nach dem „strukturierten klinischen Interview für DSM-IV (SKID-I)“ durchgeführt (Wittchen et al. 1997; First und Gibbon). Hierbei wurden die potentiellen Proband:innen nach affektiven Störungen (A1, A2, A55, A121), psychotischen und assoziativen Symptomen (B1-B5, B9, B12-B14), Missbrauch und Abhängigkeit (SF1-SF3), Angststörungen (SF4-SF11), somatoforme Störungen (G1), Essstörungen (SF12, SF13) und Anpassungsstörungen (I1) befragt. Bei Unklarheiten folgten zur weiteren Klärung zusätzliche Fragen aus dem SKID-I zum entsprechenden Kapitel.

2.2 Datenerhebung

2.2.1 Rekrutierung

Die Rekrutierung erfolgte im Zusammenhang einer größeren Studie. Diese wurde durch die Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg genehmigt (AZ.: Studie 61/18 und Studie 79/18). Rekrutiert wurde mittels Flyer, Rundmails und Aushängen in

Universitätsgebäuden, Kliniken und an öffentlichen Orten sowie über die sozialen Netzwerke.

2.2.2 Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist ein bildgebendes Verfahren, das mittels Kernspinnresonanz Schnittbilder verschiedener Organe und Gewebe liefert, ohne die betreffende Person dabei einer schädlichen ionisierenden Strahlung auszusetzen. Die Wasserstoffatome des Körpers richten sich nach dem vom MRT erzeugten Magnetfeld aus mit einer erneuten Ausrichtung nach Ende des Impulses. Die Relaxationszeit des untersuchten Gewebes wird detektiert und erscheint in der T1-Gewichtung (longitudinale Relaxationszeit) bei einer kurzen Relaxationszeit hell, bei einer langen dunkel. So stellt sich beispielsweise in der T1-Gewichtung die weiße Substanz des Gehirns hell, die graue Substanz hingegen dunkler dar (Schneider und Fink 2007). Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) eignet sich zur Darstellung der Aktivierung kortikaler und subkortikaler Hirnareale. Sie macht sich hierbei den BOLD-Effekt („Blood Oxygenation Level Dependent“) zunutze (Ogawa et al. 1990). Dieser beruht auf den unterschiedlichen magnetischen

Eigenschaften des Hämoglobins im Blut je nach Oxygenierungszustand. Ist Sauerstoff an das Eisenatom des Hämoglobins gebunden, spricht man von Oxyhämoglobin. Dieses ist diamagnetisch, hat kein unpaares Elektronenpaar und zeigt ähnliche magnetische Eigenschaften wie umliegendes Hirngewebe. Aktivierte Hirnareale werden mit sauerstoffreichem Blut versorgt, was mit einer Zunahme des genannten Oxyhämoglobins bzw. einer Abnahme des sauerstoffarmen und paramagnetisch wirkenden Desoxyhämoglobins einhergeht. Dies geht mit einer Verringerung der Magnetfeldinhomogenität in der Umgebung einher. Mit einer Verzögerung von etwa 4 Sekunden stellt sich dies im MRT als Signalerhöhung in der T_2^* -Gewichtung dar. Als sogenannte hämodynamische Antwortfunktion ist diese Signalerhöhung gefolgt von einem raschen Abfall, einer kurzen Phase der Deaktivierung bis zum erneuten Einpendeln im Gleichgewicht zwischen Oxy- und Desoxyhämoglobin. Das EPI-Verfahren („echo planar imaging“) wird verwendet um Schichtaufnahmen des Gehirns schnellstmöglich, d.h. in weniger als 100 Millisekunden anfertigen zu können und dadurch Bewegungsartefakte zu minimieren. Hierbei werden in einer Schicht alle Phasen- und Frequenzkodierungsschritte nach

nur einer Anregung mittels Gradientenechotechnik gesammelt (Schneider und Fink 2007).

2.2.3 MRT-Datenakquisition

Nach der unter 2.1 beschriebenen Aufklärung und Einwilligung durch den Probanden bzw. die Probandin wurde zudem vor Beginn der Testung schriftlich eine tagesaktuelle Metallanamnese erhoben, alle Unterlagen erneut auf Vollständigkeit geprüft und der Ablauf der Testung erläutert.

Im Rahmen einer größeren Studie erfolgten im MRT neben den T1-gewichteten anatomischen und den task-based-fMRT-Messungen, auch Messungen zu weiteren Sequenzen. Begonnen wurde mit den T1-gewichteten anatomischen Scans. Die Proband:innen wurden hierfür gebeten für etwa fünf Minuten ruhig liegen zu bleiben. Die Ausrichtung der Scans erfolgte nach der Commissura anterior (AC) und der Commissura posterior (PC). Nach etwa 27 Minuten begann als letzte die task-based-fMRT-Messung. Hierbei wurden den Proband:innen schnell aufeinander folgende Bilder von Gesichtern, Häusern und ein schwarzes Kreuz auf grauem Hintergrund gezeigt. Stimmte ein Bild mit dem vorherigen exakt überein, sollte mit dem rechten Zeigefinger eine Taste gedrückt werden. Der Tastendruck wurde vor Beginn der Testung überprüft. Bei Bildern von Personen

sollte immer auf die Nasenwurzel, bei Bildern von Häusern auf etwa dieselbe Position auf dem Bildschirm geschaut werden. Die Aufgabe sollte ca. 14 Minuten dauern, mit einer Pause von 30 Sekunden nach der Hälfte.

Zur Datenakquisition wurde ein 3 T MRT-Scanner (12-Kanal head matrix Rx-coil; Tim Trio, Siemens, Erlangen, Deutschland) der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Universitätsklinikums Marburg verwendet.

Die T1-Sequenz wurde in einer Akquisitionszeit TA von 4:26 Minuten bei einer Schichtdicke von 1,0mm gemessen. Die Voxelgröße betrug 1,0x1,0x1,0mm, das Sichtfeld (Field Of View) FOV read= 256mm, die Repetitionszeit TR=1900ms, die Echozeit TE=2,26ms, der Distanzfaktor 50% und der Flipwinkel 9°. Die Bandbreite der Sequenz war 200 Hz/Px, der Echo-Abstand (Echo spacing) 6,8ms. Die Ausrichtung erfolgte nach der Commissura anterior und der Commissura posterior.

Für die BOLD-sensitive EPI-Sequenz wurden 18 Schichten mit einer Dicke von 2,4mm in einer Akquisitionszeit TA von 14:20 Minuten gemessen. Die Voxelgröße betrug 2,0x2,0x2,4mm, das Sichtfeld FOV= 256mm, die Repetitionszeit TR=1610ms, die Echozeit TE=36ms, der Distanzfaktor 15% und der Flipwinkel 70°. Die Bandbreite der Sequenz war 1346 Hz/Px, der Echo-Abstand 0,81ms und der EPI-Faktor 96. Um die räumliche

Auflösung im gemessenen Bereich durch eine reduzierte Voxelgröße zu verbessern, wurde nicht das gesamte Gehirn abgebildet. Damit sollte auch die Erfassung kleinerer Bereiche ermöglicht werden. Die Ausrichtung erfolgte hierbei manuell anhand der T1-gewichteten Bilder um möglichst alle ROIs und im Rahmen einer größeren Studie auch weitere Regionen wie die Amygdala zu erfassen (vgl. Hildesheim et al. 2019) (siehe Abbildung 6).

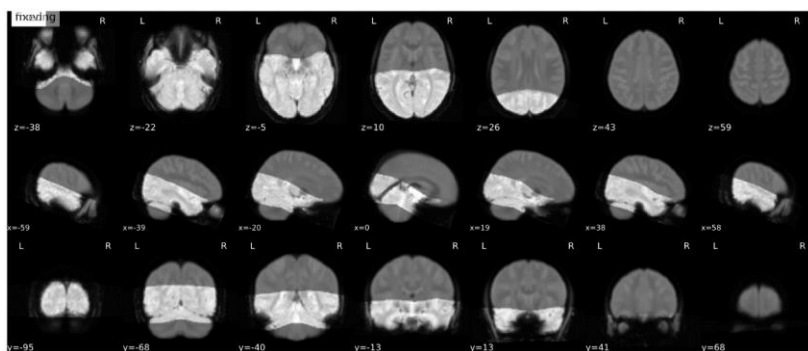


Abbildung 6: Beispiel für anatomische Lage des untersuchten MRT-Schichtstapels (helle Bereiche)

Den Proband:innen wurden Bilder von Gesichtern mit neutralen und ängstlichen Ausdrücken, sowie Bilder von Häusern gezeigt. Diese wurden in 42 Blöcke mit je 20 Stimuli aufgeteilt. Jeder Block dauerte 13,93 Sekunden, sodass sich eine Gesamtzeit von 14:20 Minuten ergab.

Die gezeigten Bilder von Gesichtern stammten vom Karolinska Institute in Stockholm. Die Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF) bilden eine Sammlung aus 4900 Bildern, die Personen mit Gesichtsausdrücken verschiedener Gefühle zeigen. Insgesamt wurden 70 Personen, jede mit sieben unterschiedlichen Gesichtsausdrücken in fünf verschiedenen Winkeln aufgenommen (<http://www.emotionlab.se/resources/kdef>; Lundqvist, D., Flykt, A., Öhman, A. 1998). Für die vorliegende Studie wurde eine Sammlung aus je 30 Bildern von neutralen und ängstlichen Gesichtern (siehe Abbildung 7), sowie ebenfalls 30 Bildern von Häusern (siehe Abbildung 8) erstellt. Alle wurden in Graustufen abgebildet und unter Berücksichtigung des kulturellen Hintergrundes der Studienkohorte ausgewählt um Beeinflussung durch einen kulturellen Bias zu vermeiden (Goh et al. 2010).

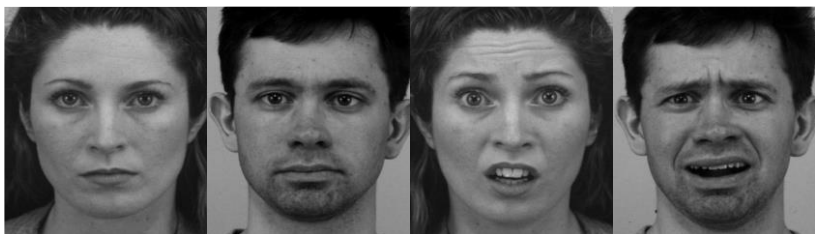


Abbildung 7: Beispiele verwendeter Stimuli: neutrale (1.&2.Bild) und ängstliche Gesichter (3.&4.Bild)



Abbildung 8: Beispiele verwendeter Stimuli: Häuser

2.2.4 Phänotypisierung

Zur psychometrischen Phänotypisierung wurde die ‚Multidimensional Schizotypy Scale‘, kurz MSS, als Schizotypie spezifischer Fragebogen herangezogen. Dieser war von den Proband:innen in zeitlicher Nähe zum MRT-Termin über das online Portal SoSci Survey (<https://www.soscisurvey.de/>, Leiner 2019) auszufüllen. Ein personalisierter Link wurde hierfür im Voraus per E-Mail zur Verfügung gestellt.

Die Proband:innen erhielten die deutsche Version des Fragebogens mit der folgenden Instruktion zu Beginn: „Die folgenden Aussagen beziehen sich auf eine breite Spanne von menschlichen Einstellungen, Erfahrungen und Überzeugungen. Bitte nehmen Sie zu jeder Aussage so Stellung, wie es jeweils am ehesten auf Sie zutrifft. Es gibt hierbei keine richtigen oder falschen Angaben. Beantworten Sie jede Frage mit JA oder NEIN und markieren Sie das entsprechende Antwortfeld.“

Denken Sie bitte nicht lange über Ihre Antworten nach, sondern wählen Sie die Antwort, die Ihnen als erste in den Sinn kommt.“ Der MSS wurde 2018 von Kwapil et al. veröffentlicht. Es handelt sich um einen dichotomen multidimensionalen Fragebogen mit drei Subskalen und insgesamt 77 Fragen. Sechszwanzig jeweils zur positiven und negativen, sowie 25 zur desorganisierten Facette der Schizotypie. Für die Erstellung des Fragebogens wurden 6265 Teilnehmer:innen einbezogen. Weitere 1000 im Alter zwischen 18 und 59 Jahren wurden randomisiert zur Validierung herangezogen (Kwapil et al. 2018). Der MSS wurde unter Berücksichtigung von Limitationen früherer Fragebögen (z.B. SPQ, O-LIFE, WSS), wie beispielsweise Strukturen, die mit aktuellen Schizotypiekonzepten nicht übereinstimmen und überholte bzw. verfälschende Fragen, entwickelt (Kemp et al. 2021). Alle Subskalen gehen außerdem mit einer guten bis exzellenten Reliabilität, internen Konsistenz (Cronbachs Alpha 0,88-0,94) und Test-Retest-Reliabilität einher (Kwapil et al. 2018; Kemp et al. 2020).

Die Subskala der positiven Dimension bezieht sich auf Gedankenabbrüche, ungewöhnliche Wahrnehmungen und Paranoia. Hierbei werden nach Erfahrungen des magischen Denkens, Gedankenlautwerden, Gedankeneingebung und

Gedankenentzug gefragt. Außerdem nach übernatürlichen oder ungewöhnlichen körperlichen und geistigen Erfahrungen, sowie nach Paranoia, Misstrauen und Spezialkräften.

Die Kategorie der negativen Facette bezieht sich auf verminderten Ausdruck und herabgesetztes Erleben, sowie Störungen der Sprache, des Antriebs und eine verminderte Fähigkeit Freude, Lust oder Vergnügen zu empfinden. Es werden Fragen bezüglich sozialen Desinteresses, Affektverflachung, Freud- und Lustempfinden, der Fähigkeit grammatikalisch und inhaltlich richtige Sätze zu bilden und Handlungen sowohl zu beginnen als auch zu Ende zu führen, gestellt. Bei der Wahl der Fragen wurde darauf geachtet, dass die Symptome charakteristisch für die negative Facette der Schizotypie sind und nicht ausschließlich im Rahmen einer depressiven Episode auftreten.

Die Subskala der Desorganisation bezieht sich auf das Unvermögen Handlungen und Gedanken zu strukturieren und auszudrücken. Hierfür werden Fragen zu Verwirrtheit, Gedankenverlangsamung, Gedankensprüngen, unterbrochener Sprache und Schwierigkeiten Gesprächen zu folgen, gestellt (Kwapil et al. 2018).

2.3 Analysen

2.3.1 Vorverarbeitung

Die T1-gewichteten anatomischen Scans wurden mittels Matlab Version v2017a (The MathWorks, Inc.), SPM12 Version v7487 (Statistical Parametric Mapping, Wellcome Trust Centre for Neuroimaging;

<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm12/>) und CAT12 Version r1450 (Christian Gaser, Structural Brain Mapping Group, Universitätsklinikum Jena; <http://www.neuro.uni-jena.de/cat12/>) vorverarbeitet. Ein Update wurde mittels SPM12 Version v 7771 und CAT12 Version rs 1720 durchgeführt. Es erfolgte eine Normalisierung in denselben stereotaktischen Raum, eine Registrierung, eine Segmentierung in graue Substanz (GM), weiße Substanz (WM) und Liquor (CSF), sowie eine Glättung. Die Normalisierung erfolgte mit dem ICBM (International Consortium for Brain Mapping) space template für europäische Gehirne (D'Agostino et al. 2000), die Registrierung auf ein Montreal Neurological Institute (MNI) Standard-Template (IXI555 MNI 152) nach dem optimierten Shooting (optimised shooting) (Standardeinstellung in CAT12 rs1720 nach erfolgtem Update der Vorverarbeitung). Folgende Einstellungen wurden in CAT12 verwendet: SPM standard tissue probability map (Standard

Gewebewahrscheinlichkeitskarte), strength of SPM inhomogeneity correction (Stärke der SPM Inhomogenitätskorrektur): medium, SPM processing accuracy (SPM Verarbeitungsgenauigkeit): average (Durchschnitt), affine preprocessing (affine Vorverarbeitung): rough (grob), strength of local adaptive segmentation (Stärke der lokalen adaptiven Segmentierung): medium. Zur Segmentierung wurden folgende Einstellungen vorgenommen: Skull stripping (Segmentierung von Hirngewebe und Schädel bzw. anderem Gewebe): APRG (adaptive probability region-growing) approach. Die Voxelgröße für normalisierte Bilder betrug $1,5\text{mm}^3$, das internal resampling for preprocessing (interne Stichprobenwiederholung für die Vorverarbeitung): fixed 1,0mm. ROIs wurden nach dem neuromorphometrics atlas berechnet. Eine Qualitätsprüfung auf anatomische Abweichungen und Signal- oder Segmentierungsartefakte wurde durchgeführt, auch unter Zuhilfenahme der in der CAT12 Toolbox hinterlegten Qualitätsparameter. Die folgenden oberflächenbasierten morphometrischen Parameter wurden mittels der CAT12 Toolbox extrahiert: Gyriifizierung, basierend auf der absoluten Durchschnittskrümmung (Luders et al. 2006), kortikale Dicke mittels projektionsbasierter Dicke (Dahnke et al. 2013), kortikale Komplexität (Yotter et al. 2011a) und die

Sulcustiefe (sqrt-transformierte Sulcustiefe basierend auf dem Euklidischen Abstand zwischen der zentralen Oberfläche und ihrer konvexen Hülle). Die Oberflächenrekonstruktion erfolgte inklusive der topologischen Korrektur (Yotter et al. 2011b) und sphärischen Registrierung. Es folgte ein Standardsmoothing mit einem ‚Full Width at Half Maximum‘ (FWHM) von 8mm.

Für die Vorverarbeitung der task-based-fMRT-Daten wurde Nipype Version v1.1.8, Matlab Version R2016b und SPM12 Version r7487 verwendet. Den ersten Schritt stellte die Neuausrichtung der fMRT-Bilder dar (Realignment), um Verfälschungen durch Kopfbewegungen während der Messung auszuschließen. Hierbei war das Ziel die Unterschiede zwischen jedem aufeinanderfolgenden und einem Referenzscan gering zu halten. Als Referenz diente der Durchschnitt aller Scans in einer Zeitreihe. Die Koregistrierung (Coregistration) stellte den zweiten Schritt dar. Hierbei wurde ein gemittelt funktionelles mit einem anatomischen Bild abgeglichen. Die Normalisierung der neuausgerichteten und koregistrierten Bilder stellte den dritten Schritt der Vorverarbeitung dar. Hierbei wurden die Bilder auf eine standardisierte anatomische Schablone projiziert (IXI555 MNI 152 Template). Die Glättung (Smoothing) der normalisierten Daten erfolgte anhand des Durchschnittes

benachbarter Punkte. Hierbei wurde eine Gauß-Kurve mit FWHM von 6mm als Filter gewählt.

Eine Qualitätsüberprüfung der fMRT-Bilder erfolgte durch zwei unabhängige Rater mit Beratung durch eine dritte Person bei Unklarheiten. Es wurde die Lage (d.h. Okzipital- und Temporalpole vollständig erfasst), Ausrichtung und Symmetrie des gemessenen Bereichs bei jedem Probanden und jeder Probandin händisch überprüft (für Beispiel siehe Abbildung 9). So sollte sichergestellt werden, dass die nachfolgend beschriebenen Regionen vollständig erfasst wurden. Im Zuge dessen wurden 47 Proband:innen ausgeschlossen, zwei weitere folgten auf Grund fehlender T1-Daten bzw. Verfälschung dieser durch zu viel Bewegung während des MRTs, sodass nach der Qualitätsüberprüfung von den ursprünglich 337 gemessenen, Daten von 288 Proband:innen der weiteren Auswertung zugeführt wurden.

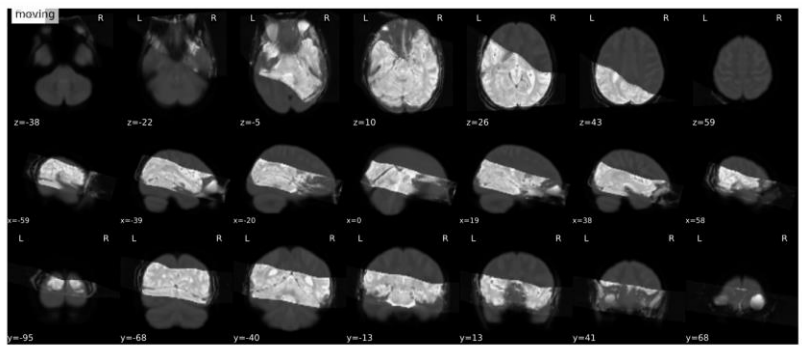


Abbildung 9: Beispiel für anatomische Lage des untersuchten MRT-Schichtstapels (helle Bereiche): hier ausgeschlossene:r Proband:in nach Qualitätsüberprüfung, da erfasster Bereich asymmetrisch, Okzipital- und Temporalpol nicht vollständig erfasst

Die nachfolgenden Analysen erfolgten ROI („region of interest“) basiert mittels SPM12. Die Aktivierungswerte und Volumina der grauen Substanz sollten innerhalb der zuvor definierten ROIs extrahiert und statistischen Analysen zugeführt werden.

Die fusiform face area, die occipital face area und die posterior superior temporal sulcus face area wurden bilateral als ROIs festgelegt. Mit Hilfe des WFU Pickatlasses (Maldjian et al. 2003; Maldjian et al. 2004) wurde für jede ROI eine quaderförmige Maske erstellt. Die OFA-Masken wurden, wie im WFU-Pickatlas vorgeschlagen, mittels des Atlases IBASPM116 im Gyrus occipitalis inferior generiert. Die Masken der FFA orientierten sich am Gyrus fusiformis, die der pSTS-FA am Gyrus temporalis superior und medius

(Hildesheim et al. 2019). Sie wurden in folgenden Dimensionen [x;y;z]mm erstellt: FFA [40;26;28]mm, OFA [30;38;28]mm und pSTS-FA [34;54;32]mm. Für die FFA bildeten hierbei die MNI-Koordinaten [-40;-47;-16] den linken und [40;-47;-16] den rechten Mittelpunkt (siehe Abbildung 10). Für die OFA lag er links bei [-35;-79;-16], rechts bei [35;-79;-16] (siehe Abbildung 11) und für pSTS-FA links bei [-51;-49;10], rechts bei [51;-49;10] (siehe Abbildung 12).

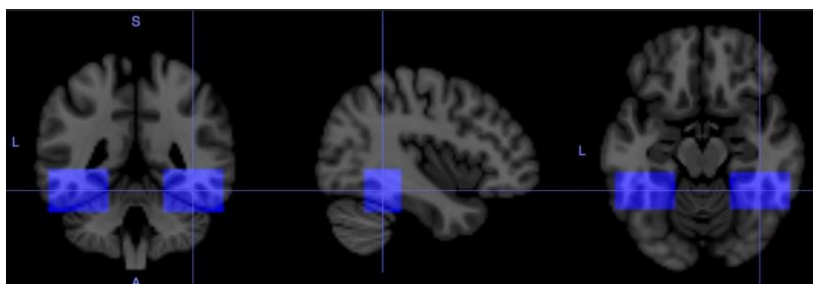


Abbildung 10: Anatomische Masken (in blau) für die Region FFA

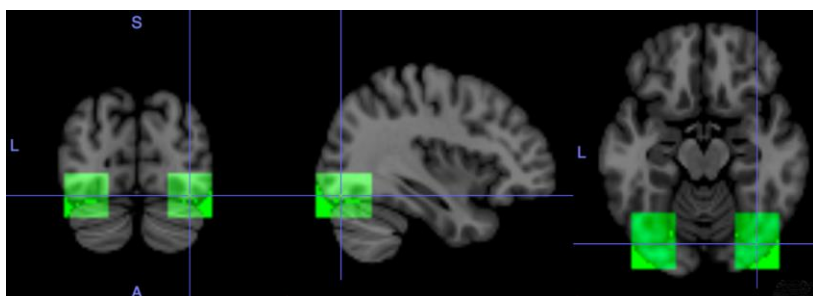


Abbildung 11: Anatomische Masken (in grün) für die Region OFA

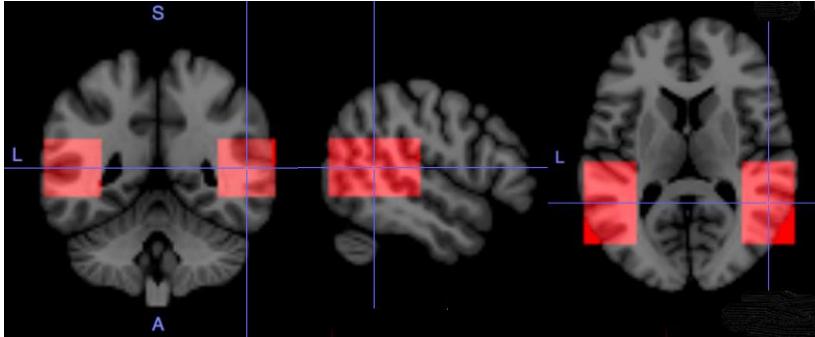


Abbildung 12: Anatomische Masken (in rot) für die Region pSTS-FA

Auf Gruppenebene wurde innerhalb der Masken jeweils der Punkt der stärksten Aktivierung bestimmt. Der Threshold wurde hierbei auf 0,001 und der extent Threshold auf 0 Voxel gesetzt. Es wurde ohne weitere FWE-Korrektur (p value adjustment to control: none) gerechnet. Grundlage bildeten die task-based fMRT-Daten in den Aktivierungskontrasten faces>houses, neutral faces>houses, fearful faces>houses und fearful faces>neutral faces. Die ROIs, die für den Aktivierungskontrast faces>houses bestimmt wurden, wurden als Bezugs-ROIs definiert, um den Signal-Rausch-Abstand zu minimieren. Mit der größtmöglichen Anzahl eingeschlossener Stimuli sollten Störeffekte verringert werden, weswegen die Aktivierungskontraste neutral faces>houses und fearful faces>houses in den weiteren Auswertungen nicht einzeln berücksichtigt wurden. Der gewählte Bezugskontrast

(d.h. Aktivierungskontrast faces>houses) ermöglicht eine Aussage über sozial saliente Informationen (wie Gesichter) im Vergleich zu sozial nicht salienten Informationen (wie Häusern). Auf Gruppenebene wurden die Koordinaten des jeweiligen Maximums im Aktivierungskontrast faces>houses für jede ROI bestimmt und zur Prüfung der Plausibilität mit Literaturdaten verglichen (Fox et al. 2009). Um ebenfalls emotionale Aspekte der Gesichtsverarbeitung untersuchen zu können, wurden im Verlauf die Aktivierungswerte des Aktivierungskontrastes fearful faces>neutral faces innerhalb der Bezugs-ROIs auf single-subject-Ebene extrahiert. Ausgehend von den extrahierten Gruppenmaxima wurde mittels eines Matlab-Skriptes das nächstgelegene lokale Maximum für jeden Proband und jede Probandin unter Einhaltung nachfolgender Kriterien bestimmt: das lokale Maximum musste stärker aktiviert sein als das jeweilige Gruppenmaximum, sodass auch dieses als individueller Punkt der stärksten Aktivierung gefunden werden konnte und das extrahierte Maximum durfte zudem nicht an der Außengrenze der jeweiligen Maske liegen, um Verfälschung durch Ausstrahlung aus anderen Regionen und Überschneidungen der einzelnen ROIs zu vermeiden. Um das individuell bestimmte lokale Maximum wurde eine Sphäre des Durchmessers sechs Millimeter gelegt. Diese Größe

wurde als ausreichen groß angesehen, um das aktivierte Cluster vollständig abzubilden, gleichzeitig aber Überschneidungen mit anderen Clustern zu vermeiden (Hildesheim et al. 2019). Innerhalb dieser Sphären wurden die Aktivierungswerte (d.h. Mittelwert der Aktivierungsstärke aller Voxel innerhalb der individuell definierten Sphäre) der Aktivierungskontraste faces>houses und fearful faces>neutral faces, sowie die Volumina der grauen Substanz auf single-subject-Ebene, extrahiert.

2.3.2 Statistische Analysen

Die Hypothesen wurden mittels statistischer Analysen in SPSS (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for macOS High Sierra, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.) getestet. Deskriptive Statistiken wurden für die Variable Alter zur Beschreibung der Kohorte und für die MSS-Fragebogenscores zur Ergebnisübersicht dieser gerechnet. Häufigkeiten der Variablen Geschlecht und Bildung wurden ergänzend zur Kohortenbeschreibung erhoben. Ebenso dienten Häufigkeitsrechnungen der MSS-Fragebogenscores zur Darstellung ihrer Verteilung. Zur Ermittlung der Händigkeit wurde der Edinburgh Handedness Inventory (EHI) Lateralisationsquotient (LQ) (Oldfield 1971) mittels

Häufigkeitsrechnungen ausgewertet. Hierbei konnten Werte zwischen -100 und $+100$ erreicht werden. Werte des EHI $LQ > +40$ wurden als Rechtshändigkeit, Werte < -40 als Linkshändigkeit und Werte zwischen -40 und $+40$ ($-40 \leq \text{EHI } LQ \leq +40$) als Beidhändigkeit gewertet. Der Intelligenzquotient (IQ) wurde unter Zuhilfenahme des Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztests (MTW-B) (Lehrl 2005) erfasst und ebenfalls mittels Häufigkeitsrechnungen ausgewertet.

Zur Testung der Hypothesen wurden Korrelationsanalysen sowie Moderations- und Mediationsanalysen und hierarchische lineare Regressionen in SPSS verwendet. Anschließend wurden durch Post-hoc-Analysen mittels G*Power (Version 3.1.9.7) die Teststärke (Power) der gefundenen Effekte, sowie die benötigte Kohortengrößen bei einer angestrebten Power von 80%, ermittelt (Faul et al. 2009).

Für die Korrelationsrechnungen wurde das Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$ festgelegt. Pearson Korrelationen als zweiseitiger Signifikanztest zwischen allen Subskalen, sowie der Summenskala des unter 2.2.4 beschriebenen Fragebogens wurden berechnet. Ebenso zwischen Alter sowie Geschlecht und den MSS-Subskalen und der Summenskala. Da sich sowohl für Alter als auch für Geschlecht, sofern überhaupt das Signifikanzniveau erreicht wurde, nur ein geringer

Zusammenhang mit den Fragebogenskalen ergab, wurden nachfolgend bivariate Korrelationen, ohne Korrektur nach Alter und/oder Geschlecht angeschlossen. Auch der Zusammenhang des Gesamthirnvolumens („total intracranial volume“ (TIV)) und der Aktivierungsmittelwerte der ROIs in den Aktivierungskontrasten faces>houses und fearful faces>neutral faces erreichte nicht das Signifikanzniveau, sodass nachfolgend ebenfalls nicht für das TIV korrigiert wurde. Auf dieser Grundlage erfolgten bivariate Korrelationsberechnungen zwischen den Aktivierungsmittelwerten des Aktivierungskontrastes faces>houses der jeweils rechten und linken FFA, OFA, pSTS-FA und allen Fragebogenskalen des MSS. Gleiches galt für die Aktivierungsmittelwerte des Aktivierungskontrastes fearful faces>neutral faces der jeweils rechten und linken FFA, OFA, pSTS-FA und allen MSS-Sub- und Summenskalen.

Die Volumenmittelwerte der grauen Substanz aller ROIs zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit dem TIV, weswegen Korrelationsberechnungen zwischen den Volumenmittelwerten der grauen Substanz der jeweils rechten und linken FFA, OFA, pSTS-FA und allen Fragebogenskalen als partielle Korrelationsrechnungen mit Korrektur für das TIV erfolgten.

Des Weiteren wurden Pearson Korrelationen ebenfalls als zweiseitiger Signifikanztest zwischen den Aktivierungsmittelwerten sowohl im Aktivierungskontrast faces>houses, als auch fearful faces>neutral faces und den Volumenmittelwerten aller ROIs angefertigt.

Nachfolgende Moderationsanalysen erfolgten mit Hilfe des von Andrew Hayes erstellten SPSS Marco PROCESS Version 3.5 (Hayes 2022). Verwendet wurde Modell Nummer: 1 zur Erstellung eines bilinearen Interaktionsmodelles. Um zu prüfen ob der Effekt von Subskala A auf die Aktivierungs- bzw. Volumenmittelwerte durch Subskala B moderiert wird, wurden Moderationsanalysen erstellt. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha \leq 0,05$ festgelegt. Das Konfidenzintervall betrug 95%, die number of bootstraps samples 10000 (Bootstrap-Verfahren als Methode der Stichprobenwiederholung). Die Aktivierungsmittelwerte bildeten die abhängige, Subskala A die unabhängige Variable und Subskala B den Moderator. Folgende Einstellungen wurden unter Optionen festgelegt: Heteroscedasticity-consistent inference (Varianzheterogenitätsstimmige Inferenz): none, Decimal places in output (Dezimalstellen des Outputs): 4, Mean center for construction of products (Mittelpunkt für Produktkonstruktion): no centering (keine Zentrierung), Moderation and conditioning (Moderation und

Konditionierung): probe interactions if $p < 0.10$ (untersuche Interaktion, wenn $p < 0.10$), Conditioning values: 16th, 50th, 84th percentiles. Die Rechnungen wurden für die Aktivierungsmittelwerte der Aktivierungskontraste faces>houses und fearful faces>neutral faces, sowie für die Volumenmittelwerte jeder ROI bilateral für die Fragebogenskalen der positiven (unabhängige Variable) und negativen (Moderator), negativen (unabhängige Variable) und desorganisierten (Moderator), sowie desorganisierten (unabhängige Variable) und positiven (Moderator) Dimension durchgeführt (siehe Abbildung 13).

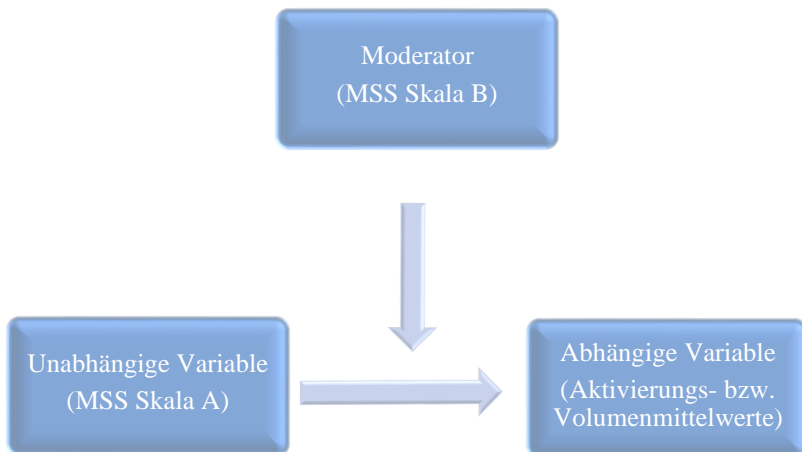


Abbildung 13: Moderationsmodell

Anschließende Mediationsanalysen erfolgten ebenfalls mittels des SPSS Macro PROCESS Version 3.5 (Hayes 2022). Verwendet wurde hierbei Modell Nummer: 4. Die Analysen wurden gerechnet um zu prüfen ob das Volumen als Mediator zwischen den Aktivierungsmittelwerten und den Fragebogenscores der signifikanten bivariaten Korrelationen fungieren. Effekte wurden als signifikant angesehen, wenn das Konfidenzintervall Null nicht einschloss. Das Konfidenzintervall betrug 95%, die number of bootstraps samples 10000. Folgende Einstellungen wurden unter Optionen festgelegt: Heteroscedasticity-consistent inference (Varianzheterogenitätsstimmige Inferenz): HC3 (Davidson-MacKinnon), Decimal places in output (Dezimalstellen des Outputs): 4, Moderation and conditioning (Moderation und Konditionierung): probe interactions if $p < 0.10$ (untersuche Interaktion, wenn $p < 0.10$), Conditioning values: 16th, 50th, 84th percentiles. Ausgewählt wurden außerdem Show total effect model (Gesamteffekt des Modells zeigen) und Effect size (Effektstärke). Die Rechnungen wurden für den Zusammenhang der Aktivierungsmittelwerte der rechten FFA und der desorganisierten MSS-Dimension, sowie für die Aktivierungsmittelwerte der linken pSTS-FA und ebenfalls der Skala der Desorganisation, jeweils im Aktivierungskontrast

fearful faces>neutral faces, mit den entsprechenden Volumenmittelwerten als Mediator durchgeführt (siehe Abbildung 14).

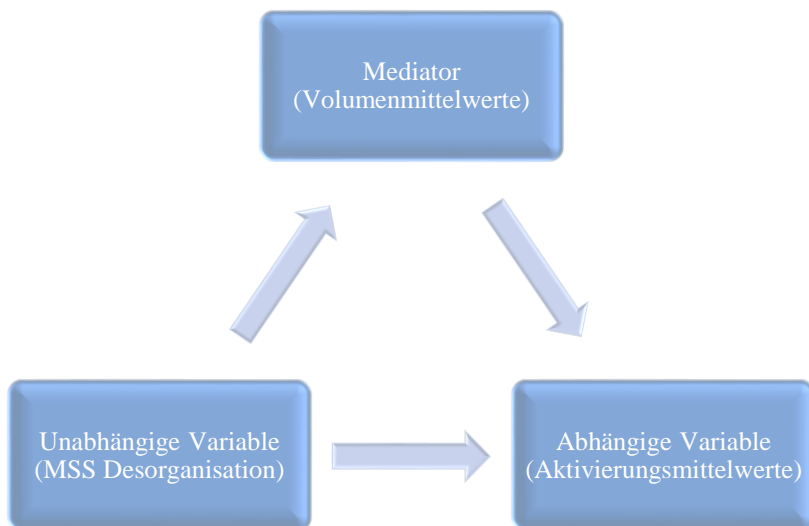


Abbildung 14: Mediationsmodell

Zur weiteren Prüfung der Subskaleninteraktion wurde ein hierarchisches lineares Regressionsmodell erstellt. Als Methode wurde Einschluss ausgewählt um zu prüfen welche Variable in das Erklärungsmodell eingehen sollte bzw. zur Varianzaufklärung beiträgt. Die abhängigen Variablen stellten hierbei jeweils die Aktivierungsmittelwerte in den Aktivierungskontrasten faces>houses und fearful faces>neutral faces, sowie die Volumenmittelwerte der ROIs dar.

Als unabhängige Variablen wurden für Block eins die Scores der positiven, negativen und desorganisierten MSS-Skalen und für Block zwei die Interaktionsterme der MSS-Subskalen positiv*negativ, negativ*desorganisiert, desorganisiert*positiv, positiv*negativ*desorganisiert gewählt (siehe Abbildungen 15 und 16). Für die Analyse der Volumenmittelwerte wurde ein zusätzlicher Schritt eingefügt. Hierbei wurde im ersten Schritt das TIV als unabhängige Variable gewählt, Schritt zwei und drei entsprachen dann den Blöcken eins und zwei der Analysen der Aktivierungsmittelwerte.

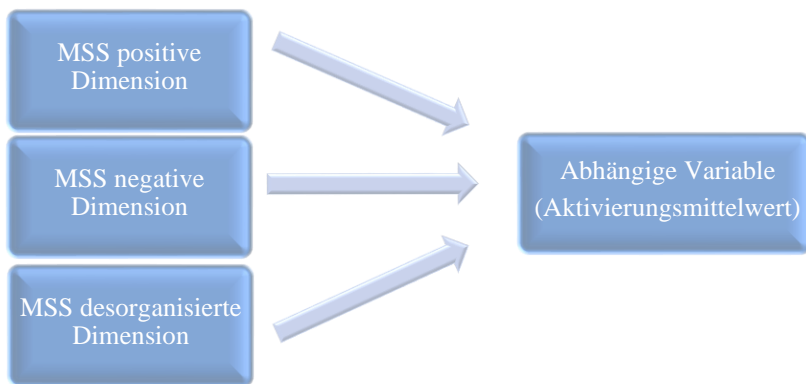


Abbildung 15: Hierarchisches Regressionsmodell Schritt 1

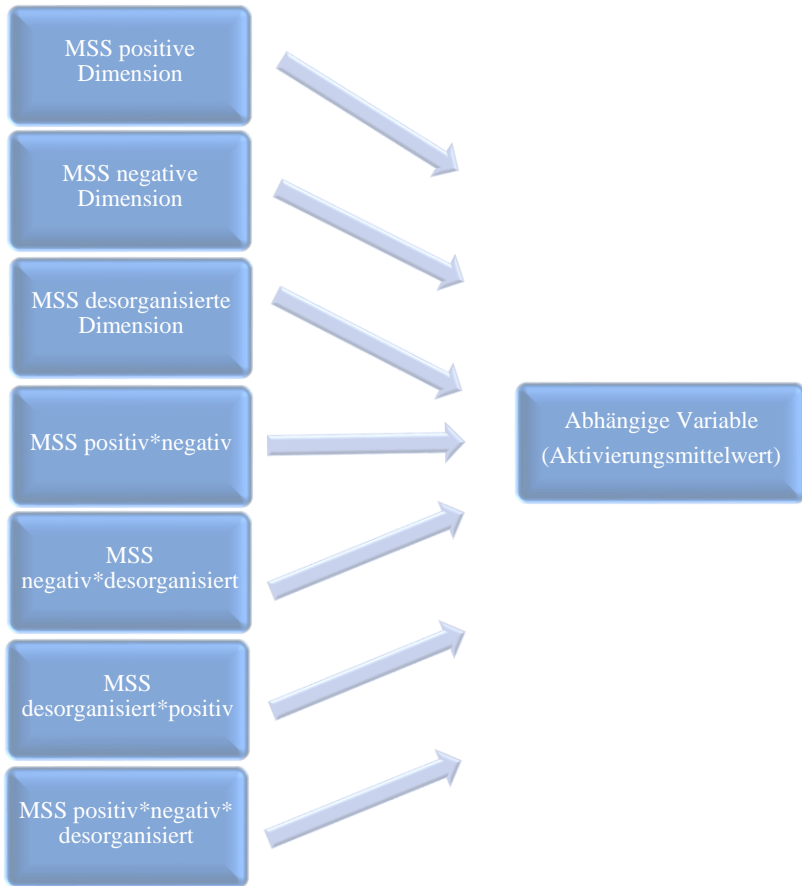


Abbildung 16: Hierarchisches Regressionsmodell Schritt 2

3 Resultate

3.1 Demographische Daten

Die Studienkohorte mit 288 Proband:innen umfasste 252 Rechtshänder:innen (87,5%), 27 Linkshänder:innen (9,37%) und neun Beidhänder:innen (3,13%). Der IQ lag zwischen 92 und 145 mit einem Durchschnitt von 116,39 ($\pm 14,36$) (siehe Abbildung 17).

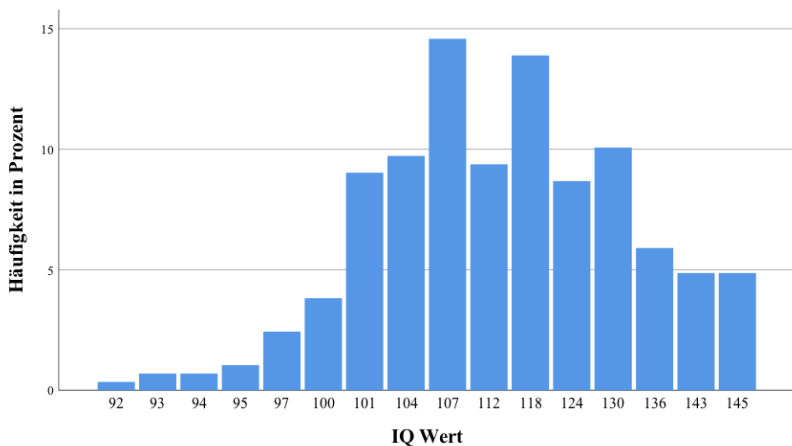


Abbildung 17: Verteilung der IQ-Werte der Studienkohorte (n=288)

3.2 Fragebogen

Auf der Summenskala des MSS erreichten die Proband:innen von 77 möglichen zwischen null und 23 Punkten mit einem Durchschnitt von 4,19 ($\pm 4,17$). Auf der Skala der positiven

Dimension erhielten die Proband:innen von 26 möglichen zwischen null und zehn Punkten mit einem Durchschnitt von 0,57 ($\pm 1,38$). Von ebenfalls 26 möglichen wurden null bis 18 Punkte auf der Skala der negativen Dimension erreicht (Durchschnitt $2,59 \pm 2,62$). Die desorganisierte MSS-Skala umfasst maximal 25 Punkte von denen die Proband:innen zwischen null und 14 mit durchschnittlich $1,03 (\pm 2,18)$ Punkten erreichten (siehe Abbildung 18).

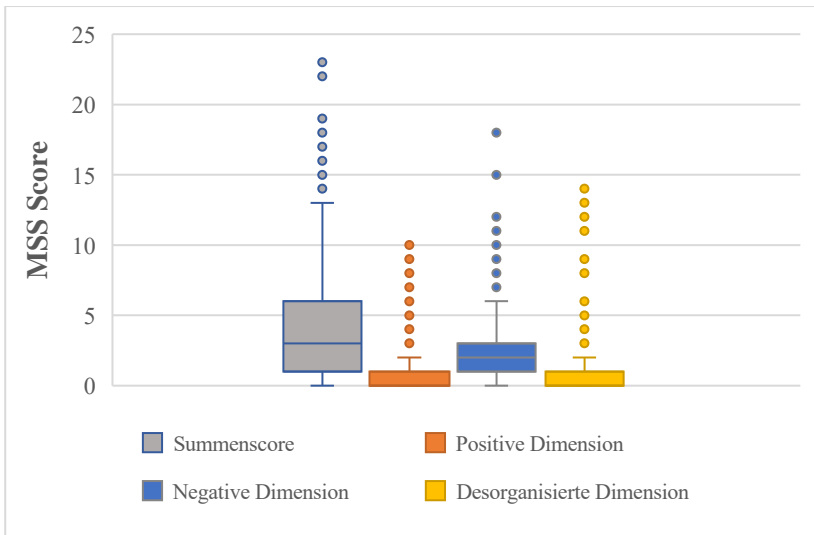


Abbildung 18: MSS-Fragebogenscores (n=288)

3.3 Vorverarbeitung

Die Koordinaten der Aktivierungsmaxima auf Gruppen- und single-subject-Ebene sind nachfolgend als Ergebnisse der Vorverarbeitung dargestellt.

3.3.1 Koordinaten der Aktivierungsmaxima auf Gruppenebene im Aktivierungskontrast faces>houses

Das unter 2.3.1 beschriebene Gruppenmaximum für den Aktivierungskontrast faces>houses lag für FFA links bei [-42;-54;-18], FFA rechts [44;-50;-20], OFA links [-44;-86;-8], OFA rechts [48;-80;-8], pSTS-FA links [-54;-70;10] und pSTS-FA rechts [54;-66;4] (siehe Abbildungen 19-24).

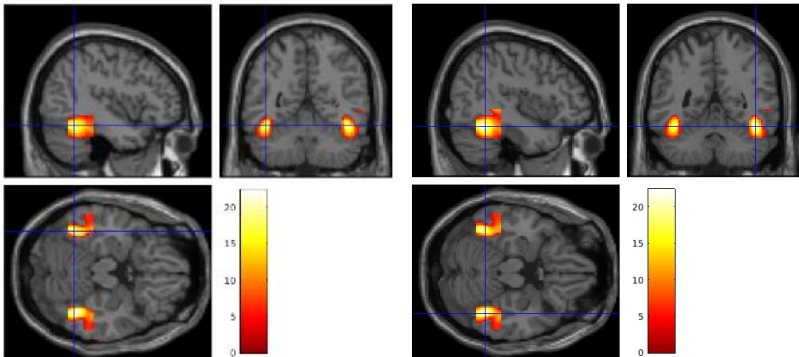


Abbildung 19:
Gruppenmaximum
FFA links [-42;-54;-18]

Abbildung 20:
Gruppenmaximum
FFA rechts [44;-50;-20]

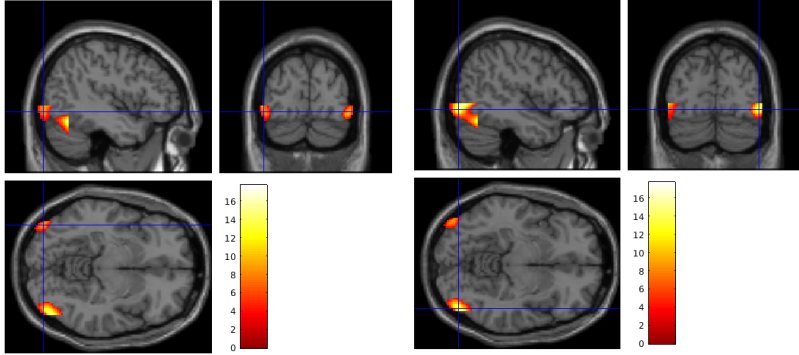


Abbildung 21:
 Gruppenmaximum
 OFA links [-44;-86;-8]

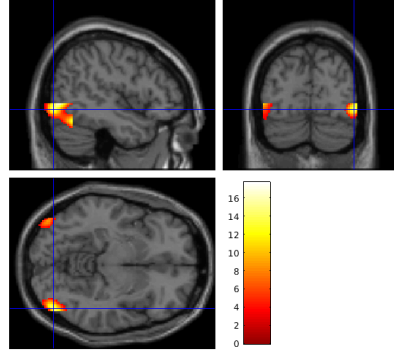


Abbildung 22:
 Gruppenmaximum
 OFA rechts [48;-80;-8]

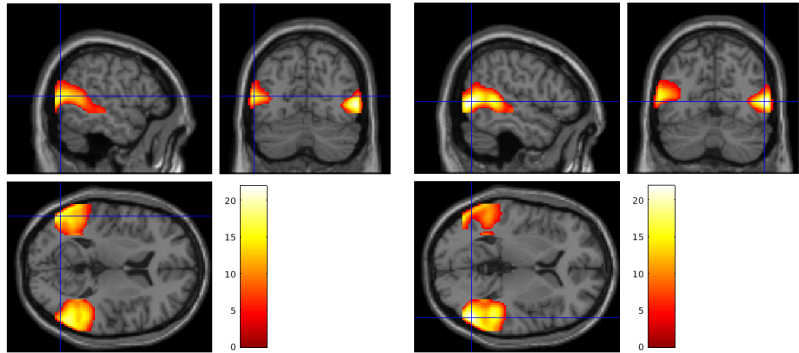


Abbildung 23:
 Gruppenmaximum
 pSTS-FA links [-54;-70;10]

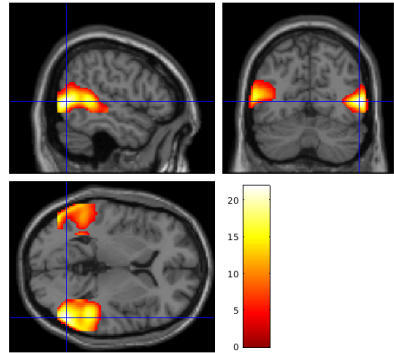


Abbildung 24:
 Gruppenmaximum
 pSTS-FA rechts [54;-66;4]

3.3.2 Koordinaten der Aktivierungsmaxima auf Gruppenebene im Aktivierungskontrast fearful faces>neutral faces

Im Aktivierungskontrast fearful faces>neutral faces lag das Gruppenmaximum für FFA links bei [-42;-48;-16], FFA rechts [44;-46;-18], OFA links [-38;-70;-8], OFA rechts [30;-90;-2], pSTS-FA links [-54;-56;8] und pSTS-FA rechts [48;-40;6].

3.3.3 Verteilung der individuellen Aktivierungsmaxima

Die Verteilung der individuellen Aktivierungsmaxima jeder ROI um das jeweilige Gruppenmaximum ist in Abbildung 25 und 26 dargestellt.

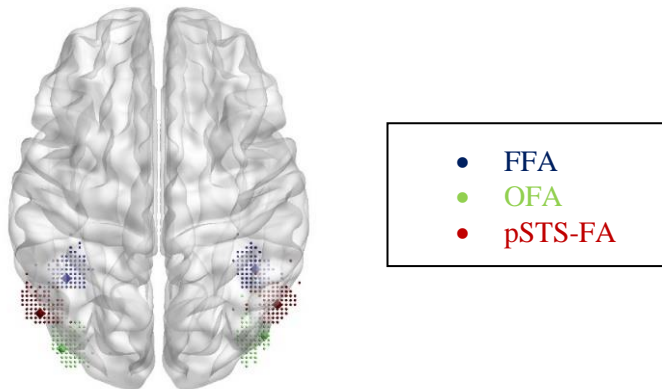


Abbildung 25: Verteilung der Aktivierungsmaxima auf Gruppen- und single-subject-Ebene (Ansicht axial)

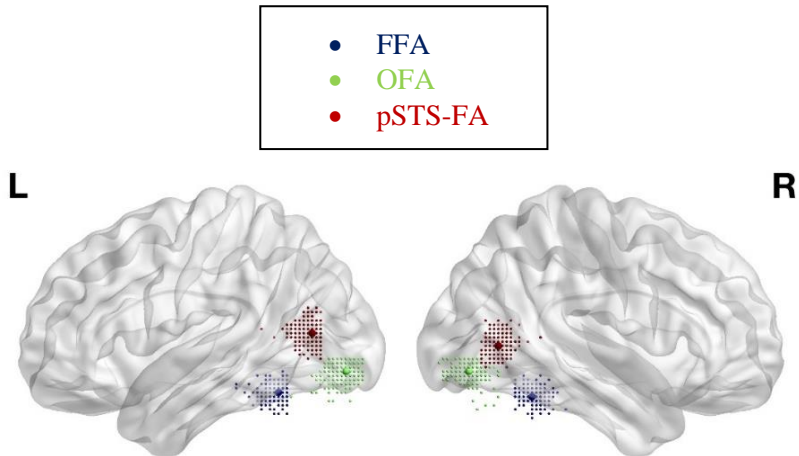


Abbildung 26: Verteilung der Aktivierungsmaxima auf Gruppen- und single-subject-Ebene (Ansicht lateral)

3.4 Korrelationsrechnungen

Wie unter 2.3.2 beschrieben, wurden Korrelationsrechnungen zwischen Alter, Geschlecht und dem MSS durchgeführt, sowie zwischen den einzelnen MSS-Subskalen. Pearson Korrelationen erfolgten des Weiteren zwischen den Aktivierungsmittelwerten in den Aktivierungskontrasten faces>houses und fearful faces>neutral faces und dem Gesamthirnvolumen (TIV), ebenso wie für die Volumenmittelwerte der grauen Substanz für FFA, OFA und pSTS-FA bilateral. Weitere Korrelationsrechnungen wurden zwischen den Aktivierungsmittelwerten der ROIs in den Aktivierungskontrasten faces>houses und fearful faces>neutral faces bzw. den Volumenmittelwerten der grauen Substanz der ROIs und den MSS-Skalen durchgeführt. Ebenso zwischen den

Aktivierungsmittelwerten im Aktivierungskontrast faces>houses sowie fearful faces>neutral faces und den Volumenmittelwerten aller ROIs. Das Signifikanzniveau wurde jeweils auf $\alpha \leq 0,05$ festgelegt, ein Trend wurde definiert als $0,05 < p \leq 0,1$.

3.4.1 Alter und Geschlecht

Das Alter korrelierte signifikant mit der Summenskala ($p=0,007$; $r=0,0158$) und der negativen MSS-Skala ($p=4,37 \times 10^{-5}$; $r=0,238$). Gleiches zeigte sich für die Korrelation zwischen Geschlecht und den MSS-Skalen (Summenskala: $p=0,012$; $r=0,148$. Negative Skala: $p=0,001$; $r=0,189$). Für die positive und desorganisierte Dimension des MSS ergaben sich keine Zusammenhänge mit Alter oder Geschlecht, die das Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$ erreichten (siehe Tabelle 1).

3.4.2 Subskalen

Die Subskala der positiven Dimension korrelierte signifikant positiv mit der Skala der Desorganisation ($p=1,07 \times 10^{-6}$; $r=0,283$), jedoch konnte keine signifikante Assoziation zur Skala der negativen Dimension hergestellt werden ($p=0,334$; $r=0,057$). Es ergab sich eine signifikant positive Korrelation zwischen der Skala der negativen Dimension und der der

Desorganisation ($p= 0,007$; $r= 0,157$). Für alle drei Subskalen konnte ein signifikanter Zusammenhang zur Summenskala gezeigt werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 1: Korrelationen Alter und Geschlecht mit MSS-Skalen ($\alpha \leq 0,05$)

(* die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (zweiseitig) sig.,

** die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (zweiseitig) sig.)

		Summen- skala	Positive Dimension	Negative Dimension	Desorganisation
Geschlecht	Pearson Korrelation	0,148*	0,040	0,189**	0,031
	Sig. (zweiseitig)	0,012	0,502	0,001	0,596
	N	288	288	288	288
Alter	Pearson Korrelation	0,158**	0,058	0,238**	-0,021
	Sig. (zweiseitig)	0,007	0,325	$4,37 \times 10^{-5}$	0,721
	N	288	288	288	288

Tabelle 2: Korrelation der MSS-Subskalen ($\alpha \leq 0,05$)
 (** die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (zweiseitig) sig.)

		Positive Dimension	Negative Dimension	Desorganisation
Negative Dimension	Pearson Korrelation	0,057		
	Sig. (zweiseitig)	0,334		
	N	288		
Desorganisation	Pearson Korrelation	0,283**	0,157**	
	Sig. (zweiseitig)	$1,07 \times 10^{-6}$	0,007	
	N	288	288	
Summenskala	Pearson Korrelation	0,513**	0,729**	0,715**
	Sig. (zweiseitig)	$9,89 \times 10^{-21}$	$5,59 \times 10^{-49}$	$2,78 \times 10^{-46}$
	N	288	288	288

3.4.3 Gesamthirnvolumen

Das Gesamthirnvolumen (TIV) korrelierte nicht signifikant mit den Aktivierungsmittelwerten der ROIs im Aktivierungskontrast faces>houses und fearful faces>neutral faces (siehe Tabelle 3).

Die Korrelationen zwischen den Volumenmittelwerten aller ROIs und dem Gesamthirnvolumen zeigten sich als signifikant (siehe Tabelle 4).

Tabelle 3: Korrelation Aktivierungsmittelwerte im Aktivierungskontrast faces>houses und fearful faces>neutral faces und TIV ($\alpha \leq 0,05$)

		faces>houses	fearful>neutral faces
FFA links	Pearson Korrelation	0,037	-0,085
	Sig. (zweiseitig)	0,535	0,148
	N	288	288
FFA rechts	Pearson Korrelation	-0,047	-0,105
	Sig. (zweiseitig)	0,424	0,075
	N	288	288
OFA links	Pearson Korrelation	0,004	-0,024
	Sig. (zweiseitig)	0,949	0,691
	N	288	288
OFA rechts	Pearson Korrelation	-0,044	-0,058
	Sig. (zweiseitig)	0,459	0,324
	N	288	288
pSTS-FA links	Pearson Korrelation	0,041	-0,076
	Sig. (zweiseitig)	0,485	0,199
	N	288	288

pSTS-FA rechts	Pearson Korrelation	-0,001	-0,072
	Sig. (zweiseitig)	0,992	0,224
	N	288	288

Tabelle 4: Korrelation Volumenmittelwerte und TIV ($\alpha \leq 0,05$)
(** die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (zweiseitig) sig.)

FFA links	Pearson Korrelation	0,409**
	Sig. (zweiseitig)	$4,66 \times 10^{-13}$
	N	288
FFA rechts	Pearson Korrelation	0,489**
	Sig. (zweiseitig)	$1,10 \times 10^{-18}$
	N	288
OFA links	Pearson Korrelation	0,432**
	Sig. (zweiseitig)	$1,63 \times 10^{-14}$
	N	288
OFA rechts	Pearson Korrelation	0,462**
	Sig. (zweiseitig)	$1,26 \times 10^{-16}$
	N	288
pSTS-FA links	Pearson Korrelation	0,373**
	Sig. (zweiseitig)	$5,86 \times 10^{-11}$
	N	288
pSTS-FA rechts	Pearson Korrelation	0,468**
	Sig. (zweiseitig)	$4,70 \times 10^{-17}$
	N	288

3.4.4 Aktivierungskontrast faces>houses

Zwischen den Aktivierungsmittelwerten der ROIs und den MSS-Skalen konnten keine signifikanten Korrelationen festgestellt werden. Ebenso war kein Trend erkennbar (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Korrelation Aktivierungsmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA im Aktivierungskontrast faces>houses und MSS-Skalen ($\alpha \leq 0,05$)

Aktivierungsmittelwerte		Summenskala	Positive Dimension	Negative Dimension	Desorganisation
FFA links	Pearson Korrelation	0,009	0,039	-0,050	0,052
	Sig. (zweiseitig)	0,884	0,507	0,396	0,379
	N	288	288	288	288
FFA rechts	Pearson Korrelation	0,013	0,035	-0,007	0,011
	Sig. (zweiseitig)	0,829	0,557	0,908	0,857
	N	288	288	288	288
OFA links	Pearson Korrelation	0,043	-0,034	0,025	0,073
	Sig. (zweiseitig)	0,471	0,562	0,672	0,216
	N	288	288	288	288
OFA rechts	Pearson Korrelation	-0,038	-0,025	-0,034	-0,015
	Sig. (zweiseitig)	0,526	0,677	0,562	0,799
	N	288	288	288	288
pSTS-FA links	Pearson Korrelation	0,046	0,051	0,05	-0,004
	Sig. (zweiseitig)	0,437	0,389	0,399	0,945
	N	288	288	288	288

pSTS-FA rechts	Pearson Korrelation	0,001	0,054	-0,021	-0,006
	Sig. (zweiseitig)	0,982	0,366	0,727	0,914
	N	288	288	288	288

3.4.5 Aktivierungskontrast fearful faces > neutral faces

Die Skala der positiven und negativen MSS-Dimension, sowie die Summenskala korrelierten nicht signifikant mit den Aktivierungsmittelwerten von FFA, OFA und pSTS-FA im Aktivierungskontrast fearful faces > neutral faces. Ein negativer Zusammenhang zeigte sich signifikant für die Skala der Desorganisation und der rechten FFA ($p = 0,04$; $r = -0,121$; siehe Abbildung 27).

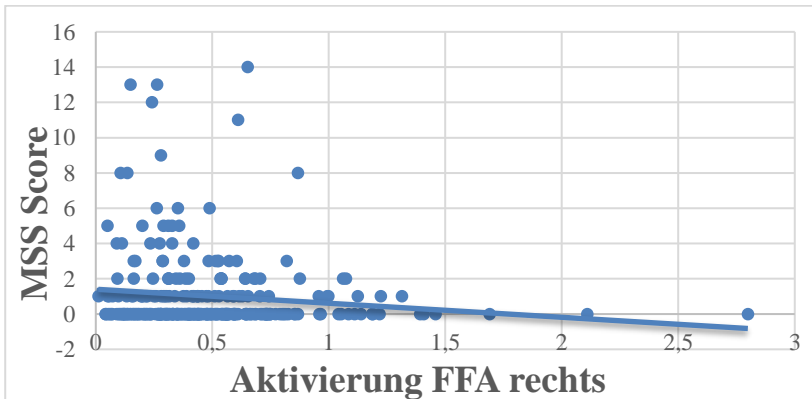


Abbildung 27: Negative Korrelation zwischen desorganisierter MSS-Dimension und Aktivierung der rechten FFA im Aktivierungskontrast fearful faces > neutral faces ($p = 0,04$; $r = -0,121$)

Des Weiteren konnte eine negative Korrelation zwischen der desorganisierten MSS-Dimension und dem Aktivierungsmittelwert der linken pSTS-FA im Aktivierungs-kontrast fearful faces>neutral faces festgestellt werden ($p=0,025$; $r=-0,132$; siehe Abbildung 28).

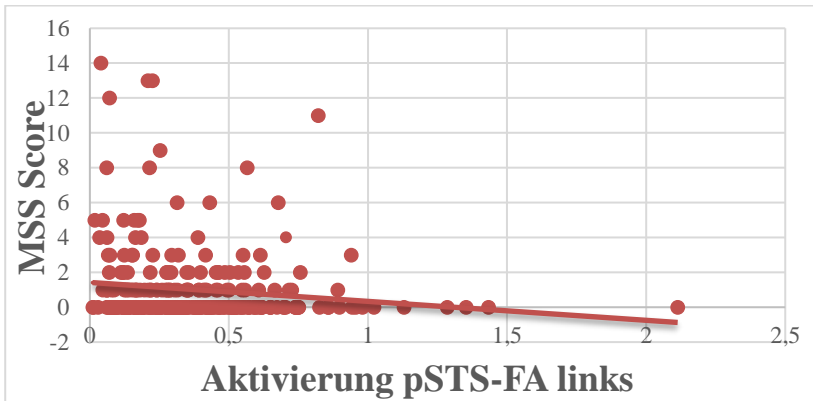


Abbildung 28: Negative Korrelation zwischen desorganisierter MSS-Dimension und Aktivierung der linken pSTS-FA im Aktivierungs-kontrast fearful faces> neutral faces ($p=0,025$; $r=-0,132$)

3.4.6 Volumen

Es zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen den Volumenmittelwerten der FFA, OFA und pSTS-FA und den Sub- und Summenskalen des MSS. Ein negativer Trend zeichnete sich zwischen der desorganisierten Dimension und

dem Volumenmittelwert der linken FFA ab ($p= 0,07$; $r= -0,107$; siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Korrelation Volumenmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA und MSS-Skalen ($\alpha \leq 0,05$)

Volumen- mittelwerte		Summenskala	Positive Dimension	Negative Dimension	Desorganisation
FFA links	Korrelation	-0,09	-0,061	-0,022	-0,107
	Sig. (zweiseitig)	0,130	0,301	0,717	0,07
	df	285	285	285	285
FFA rechts	Korrelation	-0,005	-0,001	-0,002	-0,007
	Sig. (zweiseitig)	0,931	0,982	0,976	0,908
	df	285	285	285	285
OFA links	Korrelation	0,003	-0,044	0,024	0,005
	Sig. (zweiseitig)	0,954	0,46	0,686	0,927
	df	285	285	285	285
OFA rechts	Korrelation	-0,001	0,089	-0,053	0,006
	Sig. (zweiseitig)	0,987	0,134	0,367	0,916
	df	285	285	285	285
pSTS-FA links	Korrelation	-0,016	-0,036	0,002	-0,01
	Sig. (zweiseitig)	0,791	0,545	0,968	0,864
	df	285	285	285	285
pSTS-FA rechts	Korrelation	-0,054	-0,029	-0,042	-0,034
	Sig. (zweiseitig)	0,362	0,62	0,474	0,571
	df	285	285	285	285

3.4.7 Aktivierung und Volumen

Im Aktivierungskontrast faces>houses zeigten sich für alle ROIs, ausgenommen der rechten FFA, signifikante positive Korrelationen zwischen den Aktivierungs- und den Volumenmittelwerten (siehe Tabelle 7).

Im Aktivierungskontrast fearful faces>neutral faces konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Aktivierungs- und den Volumenmittelwerten in FFA, OFA und pSTS-FA bilateral festgestellt werden (siehe Tabelle 8).

Tabelle 7: Korrelation Aktivierungsmittelwerte im Aktivierungskontrast faces>houses und Volumenmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA ($\alpha \leq 0,05$)

(* die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (zweiseitig) sig.,

** die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (zweiseitig) sig.)

FFA links	Pearson Korrelation	0,031*
	Sig. (zweiseitig)	0,027
	N	288
FFA rechts	Pearson Korrelation	-0,016
	Sig. (zweiseitig)	0,786
	N	288
OFA links	Pearson Korrelation	0,330**
	Sig. (zweiseitig)	$9,64 \times 10^{-9}$
	N	288
OFA rechts	Pearson Korrelation	0,150*
	Sig. (zweiseitig)	0,011
	N	288
pSTS-FA links	Pearson Korrelation	0,140*

	Sig. (zweiseitig)	0,018
	N	288
pSTS-FA rechts	Pearson Korrelation	0,166**
	Sig. (zweiseitig)	0,005
	N	288

Tabelle 8: Korrelation Aktivierungsmittelwerte im Aktivierungs-kontrast fearful faces>neutral faces und Volumenmittelwerte FFA, OFA, pSTS-FA ($\alpha \leq 0,05$)

FFA links	Pearson Korrelation	-0,074
	Sig. (zweiseitig)	0,208
	N	288
FFA rechts	Pearson Korrelation	-0,092
	Sig. (zweiseitig)	0,119
	N	288
OFA links	Pearson Korrelation	-0,042
	Sig. (zweiseitig)	0,480
	N	288
OFA rechts	Pearson Korrelation	-0,061
	Sig. (zweiseitig)	0,303
	N	288
pSTS-FA links	Pearson Korrelation	-0,031
	Sig. (zweiseitig)	0,596
	N	288
pSTS-FA rechts	Pearson Korrelation	0,054
	Sig. (zweiseitig)	0,357
	N	288

3.5 Moderationsanalysen

Für das Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$ konnte kein signifikanter Interaktionseffekt zwischen den Skalen der positiven und negativen, der negativen und desorganisierten, sowie der desorganisierten und positiven Dimension in Bezug auf die Aktivierungsmittelwerte der ROIs festgestellt werden (siehe Tabelle 9). Im Aktivierungscontrast fearful faces>neutral faces zeigte sich ein Trend eines moderierenden Effekts der desorganisierten MSS-Dimension auf den Zusammenhang zwischen der negativen Dimension und den Aktivierungsmittelwerten der rechten FFA. (siehe Tabelle 10). Die Moderationsanalysen mit den Volumenmittelwerten als abhängige Variable zeigten keine signifikanten Interaktionen unter den MSS-Subskalen (siehe Tabelle 11)

Tabelle 9: Moderationsanalysen im Aktivierungscontrast faces>houses ($\alpha \leq 0,05$)

Aktivierungsmittelwerte	Positive-negative Dimension	Negative-desorganisierte Dimension	Desorganisierte-positive Dimension
FFA links	p=0,698 r=0,071 r ² =0,005	p=0,598 r=0,081 r ² =0,007	p=0,654 r=0,076 r ² =0,006
FFA rechts	p=0,660 r=0,075 r ² =0,006	p=0,634 r=0,078 r ² =0,006	p=0,872 r=0,050 r ² =0,003

OFA links	p=0,908 r=0,044 r ² =0,002	p=0,530 r=0,088 r ² =0,008	p=0,456 r=0,096 r ² =0,009
OFA rechts	p=0,923 r=0,041 r ² =0,002	p=0,934 r=0,039 r ² =0,002	p=0,938 r=0,038 r ² =0,002
pSTS-FA links	p=0,313 r=0,112 r ² =0,012	p=0,851 r=0,053 r ² =0,003	p=0,727 r=0,068 r ² =0,005
pSTS-FA rechts	p=0,779 r=0,062 r ² =0,004	p=0,988 r=0,021 r ² =0,001	p=0,807 r=0,059 r ² =0,003

Tabelle 10: Moderationsanalysen im Aktivierungs-kontrast fearful faces>neutral faces ($\alpha \leq 0,05$)

Aktivierungs- mittelwerte	Positive- negative Dimension	Negative- desorganisierte Dimension	Desorganisierte- positive Dimension
FFA links	p=0,839 r=0,054 r ² =0,003	p=0,285 r=0,115 r ² =0,013	p=0,259 r=0,119 r ² =0,014
FFA rechts	p=0,861 r=0,051 r ² =0,003	p=0,068 r=0,157 r ² =0,025	p=0,232 r=0,122 r ² =0,015
OFA links	p=0,841 r=0,054 r ² =0,003	p=0,497 r=0,091 r ² =0,008	p=0,602 r=0,081 r ² =0,007

OFA rechts	p=0,604 r=0,081 r ² =0,007	p=0,802 r=0,059 r ² =0,004	p=0,901 r=0,045 r ² =0,002
pSTS-FA links	p=0,948 r=0,036 r ² =0,001	p=0,114 r=0,144 r ² =0,021	p=0,100 r=0,147 r ² =0,022
pSTS-FA rechts	p=0,418 r=0,010 r ² =0,010	p=0,207 r=0,126 r ² =0,016	p=0,313 r=0,112 r ² =0,012

Tabelle 11: Moderationsanalysen Volumenmittelwerte ($\alpha \leq 0,05$)

Volumen- mittelwerte	Positive- negative Dimension	Negative- desorganisierte Dimension	Desorganisierte- positive Dimension
FFA links	p=0,512 r=0,090 r ² =0,008	p=0,340 r=0,108 r ² =0,012	p=0,445 r=0,097 r ² =0,009
FFA rechts	p=0,896 r=0,046 r ² =0,002	p=0,576 r=0,083 r ² =0,007	p=0,795 r=0,060 r ² =0,004
OFA links	p=0,583 r=0,083 r ² =0,007	p=0,633 r=0,078 r ² =0,006	p=0,456 r=0,096 r ² =0,009
OFA rechts	p=0,242 r=0,121 r ² =0,015	p=0,828 r=0,056 r ² =0,003	p=0,938 r=0,038 r ² =0,002

pSTS-FA links	p=0,277	p=0,851	p=0,493
	r=0,116	r=0,053	r=0,092
	r ² =0,014	r ² =0,003	r ² =0,008
pSTS-FA rechts	p=0,914	p=0,988	p=0,839
	r=0,043	r=0,021	r=0,054
	r ² =0,002	r ² =0,001	r ² =0,003

3.6 Mediationsanalysen

Das Volumen konnte nicht als signifikanter Mediator zwischen den Aktivierungsmittelwerten der rechten FFA und linken pSTS-FA im Aktivierungs-kontrast fearful faces>neutral faces und der desorganisierten MSS-Dimension beurteilt werden. Ein indirekter Effekt konnte nicht sicher nachgewiesen werden (rechte FFA: indirekter Effekt ab -0,0005; 95%-KI [-0,0029, 0,0015], linke pSTS-FA: indirekter Effekt ab -0,0001; 95%-KI [-.0015, 0.0010]).

3.7 Hierarchische Regressionsanalysen

Im Aktivierungs-kontrast faces>houses erfolgte durch die Interaktion der MSS-Subskalen keine zusätzliche signifikante Varianzaufklärung. Im Aktivierungs-kontrast fearful faces>neutral faces wurde im ersten Schritt die Skala der Desorganisation signifikant für die rechte FFA (unstandardisierter Betawert (b)= -0,019) und die

linke pSTS-FA ($b = -0,019$). Ein Trend zeichnete sich für die linke FFA ab ($b = -0,016$). Im zweiten Schritt zeigte sich jeweils ein Trend des Interaktionsterms negativ*desorganisiert für die linke FFA ($b = 0,007$), die rechte FFA ($b = 0,006$) und die linke OFA ($b = 0,006$). Jedoch erreichte keines der Modelle das Signifikanzniveau $\alpha \leq 0,05$. Die hierarchischen Interaktionsanalysen der Volumenmittelwerte zeigten im dritten Schritt signifikante Interaktionsterme für einige der ROIs, bei ebenfalls signifikanten Modellen (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Hierarchische Regressionsanalysen (Schritt 3) der Volumenmittelwerte ($\alpha \leq 0,05$)

(* die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (zweiseitig) sig.,

** die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (zweiseitig) sig.)

Volumen- mittelwerte	Modell Sig.	Adj. r ²	Pos*neg Dimension	Neg*des Dimension	Des*pos Dimension	Pos*neg*des Dimension
			b (Sig. Koeff.)	b (Sig. Koeff.)	b (Sig. Koeff.)	b (Sig. Koeff.)
FFA links	$2,95 \times 10^{-10**}$	0,172	0,002 (0,301)	-0,002 (0,061)	$-1,63 \times 10^{-4}$ (0,946)	$-3,55 \times 10^{-5}$ (0,958)
FFA rechts	$6,59 \times 10^{-16**}$	0,250	0,005 (0,055)	0,002* (0,019)	0,004 (0,172)	-0,002** (0,003)
OFA links	$2,23 \times 10^{-10**}$	0,173	0,002 (0,484)	0,001 (0,218)	0,003 (0,227)	-0,001 (0,152)
OFA rechts	$3,08 \times 10^{-14**}$	0,228	$4,51 \times 10^{-4}$ (0,842)	0,002 (0,056)	0,003 (0,141)	-0,001* (0,031)
pSTS-FA links	$2,20 \times 10^{-7**}$	0,127	0,002 (0,485)	$2,16 \times 10^{-4}$ (0,826)	$2,14 \times 10^{-4}$ (0,932)	$2,25 \times 10^{-4}$ (0,750)
pSTS-FA rechts	$5,06 \times 10^{-13**}$	0,211	0,001 (0,741)	-0,001 (0,225)	-0,002 (0,413)	$-1,71 \times 10^{-4}$ (0,796)

3.8 G*Power-Analysen

Mittels Post-hoc-Analysen wurden für die unter 3.4.5 beschriebenen signifikanten Effekte die erreichte Teststärke (Power) bestimmt. Diese lag für den gefundenen Effekt auf die rechte FFA ($p= 0,040$; $r= -0,121$) bei ca. 54% und für den Effekt auf die linke pSTS-FA ($p= 0,025$; $r= -0,132$) bei ca. 61%. Um eine Teststärke von 80% zu erhalten, müsste die Kohorte 533 Proband:innen (Effekt auf rechte FFA) bzw. 488 Proband:innen (Effekt auf linke pSTS-FA) umfassen.

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir bei 288 Proband:innen den Einfluss von Schizotypie auf funktionelle und strukturelle Parameter von FFA, OFA und pSTS-FA, als Areale der Gesichtsverarbeitung des Core Systems. Wir prüften die Hypothesen, dass psychometrisch erfasste Schizotypie mit der mittels fMRT während einer Aufgabe zur Gesichtererkennung gemessenen Aktivierung in FFA und pSTS-FA (nicht aber OFA) und insbesondere für die Erkennung ängstlicher Gesichter in FFA und pSTS-FA negativ korreliert. Außerdem wurde die Hypothese einer negativen Korrelation von Schizotypie und den Volumina der grauen Substanz in FFA, OFA und pSTS-FA geprüft. Es folgte die Prüfung der Hypothesen, dass die gemessene Aktivierung mit den Volumina der grauen Substanz interagiert, ebenso wie die drei Dimensionen der Schizotypie miteinander.

Als wesentliche Befunde unserer Arbeit lässt sich zusammenfassen, dass erstens ein Zusammenhang zwischen der Aktivierung der FFA, sowie der pSTS-FA und der desorganisierten Facette der Schizotypie beim emotionalen Gesichterarbeiten hergestellt werden konnte, zweitens dieser Zusammenhang weder für Gesichtsverarbeitung insgesamt noch für das Volumen nachgewiesen werden konnte, drittens

grundsätzlich ein Zusammenhang zwischen dem Volumen der grauen Substanz und der Aktivierung der Gesichtsverarbeitungsareal besteht und viertens die drei Dimensionen der Schizotypie teilweise miteinander interagieren.

Diese Befunde sollen nachfolgend bereits bekannten Erkenntnissen aus der Literatur gegenübergestellt, kritisch verglichen und weitergedacht werden. Ebenso erfolgt die Diskussion der Methoden und Limitationen vor einer abschließenden Schlussfolgerung mit Ausblick.

4.1 Einfluss von Schizotypie auf das Gesichternetzwerk

4.1.1 Einfluss auf funktionelle Parameter

Ausgehend von der Hypothese, dass Schizotypie mit der Aktivierung der FFA und pSTS-FA assoziiert ist, sollen im Nachfolgenden die Aktivierungsmuster dieser Regionen diskutiert werden. Zusätzlich die der OFA, für die wir, aufgrund fehlenden Anhaltes in der Literatur, keine Assoziation erwarteten.

In Bezug auf Gesichtsverarbeitung insgesamt (d.h. neutrale und ängstliche Gesichter als Stimulus eingeschlossen) konnte in der vorliegenden Studie kein Einfluss von Schizotypie auf die Aktivierung der FFA und pSTS-FA nachgewiesen werden.

Dies steht im Gegensatz zu fMRT-Studien mit einem ähnlichen Studiendesign (d.h. demographisch vergleichbare Studienkohorte (n=74), psychometrische Erfassung der Schizotypie, ähnliche Stimuli, korrelativer Ansatz, jedoch direkter Aufgabentyp), welche eine positive Assoziation der desorganisierten und positiven Facette der Schizotypie und der Aktivierung der pSTS-FA aufzeigten (Yan et al. 2020). Allerdings wurden hierbei ausschließlich neutrale Gesichtsstimuli ausgewertet, wohingegen in der vorliegenden Studie sowohl Bilder neutraler als auch ängstlicher Gesichter eingeschlossen wurden. Für die FFA gibt es unseres Wissens nach bislang in der Literatur keine direkt vergleichbare Studie, die in einem korrelativen Design mittels fMRT den Bezug zur Schizotypie untersucht hat. Jedoch bietet sich eine EEG-Studie zum Vergleich an, welche im Gruppenvergleich niedrig- vs. hochgradige Schizotypie eine Reduktion der N170 Amplitude (assoziiert mit FFA und pSTS-FA) aufzeigen konnten (Ahn et al. 2020). Zieht man, in Hinblick auf einen Kontinuumsgedanken, Studien aus dem weiteren Schizophrenie- und Psychosespektrum heran, so beschreiben diese bei Hochrisikogruppen eine verringerte und bei Patient:innen mit Schizophrenie sowohl eine verringerte (siehe Übersicht in Bortolon et al. 2015; Park et al. 2016) als auch eine

verstärkte Aktivierung (siehe Übersicht in Li et al. 2010) der FFA. Für die pSTS-FA konnte eine Hyperaktivierung durch neutrale Gesichter bei Patient:innen mit Schizophrenie aufgezeigt werden (Mier et al. 2017). Dies bezieht sich jeweils auf den Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe. Die Aktivierung zeigt sich jedoch positiv mit der Stärke der Symptome korreliert (Maher et al. 2016), welche bei Schizotypie in deutlich abgeschwächter Form auftreten (Kwapil und Barrantes-Vidal 2015; Lenzenweger 2010). In der vorliegenden Studie könnte dies dazu beigetragen haben, dass der Zusammenhang von Schizotypie und der Aktivierung der FFA und pSTS-FA beim Gesichter verarbeiten insgesamt nicht signifikant nachgewiesen werden konnte. Neben den zahlreichen Studien, die eine beeinträchtigte bzw. veränderte Gesichtsverarbeitung bei Schizophrenie zeigen, gibt es auch einige gegenteilige Befunde, die keine Beeinträchtigungen der Verarbeitung, vor allem hinsichtlich neutraler Gesichter nachweisen konnten (Kronbichler et al. 2018; Caruana et al. 2019). Die bisher gefundenen Defizite könnten durch Aufgaben, die nicht klar zwischen Gesichtsverarbeitung und anderen kognitiven Defiziten differenzieren, verfälscht sein (Caruana et al. 2019) oder bei einer intakten Funktion der FFA in anderen Hirnarealen liegen (Yoon et al. 2006).

Im Nachfolgenden soll detaillierter auf die Aktivierung der FFA und pSTS-FA beim Verarbeiten emotionaler Gesichter eingegangen und die Ergebnisse der vorliegenden Studie in die Literatur eingeordnet werden. Hypothesengeleitet erwarteten wir hierbei eine negative Assoziation zur Schizotypie, welche sich für die rechte FFA und die linke pSTS-FA, jeweils für die desorganisierte Facette zeigte. In der Literatur gibt es auch hierzu bislang keine direkt vergleichbare Studie, sodass erneut geeignete Studien des weiteren Schizophrenie- und Psychosespektrums betrachtet werden. So konnte bereits bei genetischen Risikogruppen, verglichen mit einer Kontrollgruppe, eine Hypoaktivierung des Gyrus fusiformis (Lokalisation der FFA) mittels fMRT beim Verarbeiten ängstlicher, jedoch nicht beim Verarbeiten glücklicher Gesichter aufgezeigt werden (Park et al. 2016). Gleiches zeigte sich bei Patient:innen mit Schizophrenie sowohl für die FFA (siehe Übersicht in Li et al. 2010; Dong et al. 2018), als auch die pSTS-FA (Mier et al. 2017) in Bezug auf emotionale Gesichtsverarbeitung. Hierbei nahmen Faktoren wie Medikamente einen modulierenden Effekt an (Dong et al. 2018). Dies verdeutlicht den Vorteil der Schizotypieforschung, welche es ermöglicht an einer gesunden Studienkohorte (d.h. ohne Beeinflussung der Ergebnisse durch Medikamente, Therapie

etc.) innerhalb des Schizophrenie- und Psychosespektrums forschen zu können.

Des Weiteren wurden Unterschiede je nach Aufgabentyp festgestellt. Unter Bezug auf zuvor aufgeführte Metaanalysen (Dong et al. 2018; Li et al. 2010) bleibt jedoch unklar, ob die verringerte Aktivierung des Gyrus fusiformis nur bei expliziten oder ebenfalls bei impliziten Aufgaben ersichtlich wird, worauf neuere Studien hindeuten. Geht man, unter Berücksichtigung des Kontinuumsgedanken davon aus, dass sich dies womöglich auch auf das Konstrukt der Schizotypie übertragen lässt, so sollte berücksichtigt werden, dass in der vorliegenden Studie eine implizite Aufgabe gestellt wurde. Um einen möglichen Effekt auch auf die Aktivierung weiterer ROIs wie die linke FFA aufzuzeigen, könnte die Studie mit einem expliziten Aufgabendesign wiederholt werden.

Aufgrund fehlenden Anhaltes in der Literatur hatten wir keine Assoziation zwischen der Aktivierung der OFA und psychometrisch erfasster Schizotypie erwartet, was sich in der hier vorliegenden Studie sowohl für Gesichtsverarbeitung insgesamt als auch für emotionales (d.h. ängstliches) Verarbeiten bestätigte. Erneut gibt es bislang keine methodisch direkt vergleichbaren Studien, sodass zur Einordnung der Ergebnisse auf Erkenntnisse von EEG-Studien zurückgegriffen

wird. Diese zeigen bei Gesunden mit psychometrisch erfassten schizotypen Persönlichkeitsmerkmalen ein intaktes Potential (P100), welches mit OFA assoziiert wird, auf (Batty et al. 2014). Methodisch ähnliche fMRT-Studien beschreiben im weiteren Schizophrenie- und Psychosespektrum jedoch eine, verglichen mit einer Kontrollgruppe, verringerte Aktivierung des linken Gyrus occipitalis inferior (Lokalisation der linken OFA) für eine genetische Hochrisikogruppe (Park et al. 2016) bzw. eine Hypoaktivierung der OFA sowohl für Patient:innen mit Schizophrenie als auch deren Verwandten (Spilka et al. 2015). Auch die P100 Amplitude zeigt sich bei Patient:innen mit Schizophrenie beim Verarbeiten negativ emotionaler Gesichter als verringert (Caharel et al. 2007).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie, dass kein signifikanter Einfluss von Schizotypie auf die funktionelle Aktivierung der Areale des Core Systems (d.h. FFA, OFA, pSTS-FA) bei Gesichtsverarbeitung insgesamt nachweisbar ist. Unter Zusammenschau mit aktueller Literatur wird deutlich, dass dieser erst bei anderen Ausprägungen innerhalb des Schizophrenie- und Psychosespektrums (z.B. genetische Risikogruppen und Patient:innen mit Schizophrenie) signifikant wird. Allerdings zeigt sich ein funktioneller Effekt des emotionalen Verarbeitens bereits bei psychometrisch

erfasster Schizotypie als nicht pathologische Ausprägung innerhalb des Kontinuums. Dieser stellt sich für die zwei späteren Areale des Core Systems (d.h. FFA und pSTS-FA, nicht aber OFA) für die desorganisierte Facette der Schizotypie dar. Somit deutet die vorliegende Studie in Bezug auf emotionale Gesichtsverarbeitung darauf hin, dass bereits gesunde Merkmalsausprägungen innerhalb des Spektrums mit Veränderung von funktionellen Aktivierungsmustern einhergehen.

4.1.2 Einfluss auf strukturelle Parameter

Im Folgenden soll näher auf die Hypothese, dass Schizotypie negativ mit den Volumina der grauen Substanz in FFA, OFA und pSTS-FA assoziiert ist, eingegangen werden. Entgegen der Erwartungen konnte diese in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden.

Dies ist, unseres Wissens nach, die erste Studie, die den Einfluss von Schizotypie auf die Volumina der grauen Substanz in FFA, OFA und pSTS-FA untersucht. Frühere MRT-Studien zeigen zwar eine Volumenreduktion in weiten Teilen des Gehirns, wie dem frontoparietalen (d.h. anteriorer und posteriorer lateraler präfrontaler Kortex, medialer posteriorer präfrontaler Kortex, anteriorer parietaler Gyrus, Regionen des inferioren Sulcus

parietalis), limbischen (d.h. orbitofrontaler Kortex, temporalen Pol) und auch visuellen (d.h. primärer und sekundärer visueller Kortex) Netzwerk, jedoch wurde der Begriff der Schizotypie nicht einheitlich definiert und neben gesunden Proband:innen (wie in der vorliegenden Studie) auch pathologische Ausprägungen des Schizophrenie- und Psychosespektrums miteingeschlossen. Diese umfassten beispielsweise Personen mit schizotyper Persönlichkeitsstörung, Schizophreniespektrumstörungen und bipolarer affektiver Störung mit psychotischen Symptomen (siehe Übersicht in Tonini et al. 2021). Aufgrund der ungenauen Differenzierung ist somit schwer nachvollziehbar an welchem Punkt des Kontinuums die Ergebnisse einzuordnen sind. Hierbei können Studien des weiteren Spektrums weiterhelfen, die sowohl bei Verwandten als auch Patient:innen mit Schizophrenie ein verringertes Volumen des Gyrus fusiformis (Lokalisation der FFA) aufzeigen (Jung et al. 2021; Honea et al. 2005; Goghari et al. 2011). Der Fokus liegt dabei auf dem linken Gyrus fusiformis, was sich auch in der hier vorliegenden Studie bei desorganisierter Schizotypie als negativer Trend abzeichnet. Die kortikale Verdünnung im Zusammenhang mit Schizophrenie wurde des Weiteren in einer großen Metaanalyse (ENIGMA), sowohl für den rechten und linken Gyrus fusiformis, als auch für

den Sulcus temporalis superior, beschrieben. Hierbei korrelierte vor allem die Stärke der Negativsymptomatik mit einer allgemeinen kortikalen Verdünnung, die Ausprägung der Positivsymptomatik schwächer mit einer regionalen Verdünnung. Die Effektstärken (angegeben als Cohen's d) zeigten sich für den frontalen und temporalen Kortex am größten und wurden durch Medikamente zusätzlich positiv beeinflusst (van Erp et al. 2018). Ob die strukturellen Veränderungen als Grund oder eher als Konsequenz der Schizophrenie angesehen werden können, ist bislang jedoch nicht abschließend geklärt (Messaritaki et al. 2023).

Die vorliegende Studie zeigt nach Einordnung in die Literatur, dass Schizotypie, als nicht pathologische Merkmalsausprägung innerhalb des Schizophrenie- und Psychosespektrums und damit unbeeinflusst von Faktoren wie Medikamenten etc., keinen Einfluss auf das Volumen der grauen Substanz in Arealen des Core Systems nimmt. Dieser scheint, ähnlich wie bei funktionellen Parametern, innerhalb des Kontinuums erst bei Eintritt in eine Pathologie signifikant zu werden.

4.1.3 Zusammenhang funktioneller und struktureller Parameter

Im Nachfolgenden soll näher auf die Hypothese eingegangen werden, dass die gemessene Aktivierung in FFA, OFA und pSTS-FA mit den Volumina der grauen Substanz interagiert. Diese konnte in der vorliegenden Studie nicht wie erwartet bestätigt werden.

Zunächst zeigten sich jedoch positive Zusammenhänge zwischen Aktivierung und Volumen in allen genannten ROIs, ausgenommen der rechten FFA. Unter Berücksichtigung von EEG-Studien im weiteren Schizophrenie- und Psychosespektrum reiht sich die vorliegende Studie damit nicht in frühere Befunde ein. So konnte bei Patient:innen mit Schizophrenie ein negativer Zusammenhang zwischen dem Volumen des rechten Gyrus fusiformis und der Aktivierung, gemessen mittels Amplitude des EEG-Potentials N170, aufgezeigt werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass dies in der zugehörigen Kontrollgruppe nicht nachgewiesen werden konnte (Onitsuka et al. 2006). Da es sich in der vorliegenden Studie ebenfalls um psychisch gesunde Proband:innen handelt, könnte dies vermuten lassen, dass der Zusammenhang von Volumen und Aktivierung der rechten FFA erst in pathologischen

Ausprägungen innerhalb des Schizophrenie- und Psychosespektrums signifikant wird.

Um die Interaktion zwischen Aktivierung und Volumen weiter zu prüfen, wurden Mediationsanalysen angefertigt. Untersucht wurde, unter Berücksichtigung der signifikanten funktionellen Korrelationen, die rechte FFA und linke pSTS-FA jeweils im Aktivierungskontrast fearful faces>neutral faces für die desorganisierte MSS-Dimension. Hierbei konnte das Volumen der grauen Substanz nicht als Mediator zwischen den genannten Aktivierungsmittelwerten und der MSS-Dimension beurteilt werden.

Bisherige Studien legten den Fokus meist auf den Zusammenhang von Volumenänderung der grauen Substanz und klinischer Gesichts- und Emotionserkennung, sowie deren Unterscheidung und Einordnung bei Patient:innen mit Schizophrenie. Dieser Zusammenhang konnte in verschiedenen Hirnregionen, wie beispielsweise dem linken Gyrus fusiformis, aufgezeigt werden (Jung et al. 2021; Zhang et al. 2018). Die zugehörigen funktionellen Korrelate wurden hierbei jedoch nicht erfasst. Des Weiteren wurden bislang vor allem pathologische Ausprägungen innerhalb des Schizophrenie- und Psychosespektrums untersucht. Die vorliegende Studie gibt Anhalt dafür, dass es, bereits bei einer subklinischen

Ausprägung wie der Schizotypie, grundsätzlich einen Zusammenhang zwischen dem Volumen der grauen Substanz und der Aktivierung der Gesichtsverarbeitungsareale (d.h. linke FFA, OFA bds., pSTS-FA bds.) gibt, diese jedoch nicht im Sinne eines Mediator-Effekts miteinander interagieren. Um diesen Zusammenhang weiter zu prüfen, könnte in Ergänzung zu dem hier verwendeten hypothesengeleiteten, ein datengetriebener Ansatz im Sinne von ICA-Analysen, verfolgt werden (Otte et al. 2023; Wolf et al. 2020).

4.1.4 Interaktion der Schizotypiedimensionen

Nachfolgend soll näher auf die Interaktion der Schizotypiedimensionen in Bezug auf ihren Einfluss auf die Aktivierung und Volumina der grauen Substanz eingegangen werden. Individuen zeigen unterschiedlich starke Ausprägungen der Dimensionen, jedoch bleibt bislang weitestgehend ungeklärt ob und in wie weit sich diese gegenseitig beeinflussen. Durch die gemeinsame Betrachtung der Dimensionen soll sich an eine realitätsnahe und vollumfängliche Betrachtung der Schizotypie angenähert werden.

Die vorliegende Studie gibt Anhalt dafür, dass die Schizotypiedimensionen teilweise, jedoch nicht vollumfänglich miteinander interagieren. So konnte eine Interaktion in Bezug

auf den Einfluss auf die Volumina der grauen Substanz einzelner ROIs aufgezeigt werden. In Bezug auf den Einfluss auf die Aktivierung der ROIs konnte jedoch keine Interaktion festgestellt werden.

Laut zugehörigem Manual interkorrelieren alle MSS-Skalen signifikant positiv. Wobei der Zusammenhang der positiven und negativen Dimension als gering, der zwischen positiver und desorganisierter, sowie negativer und desorganisierter Dimension jeweils als moderat angegeben wird (Kwapil et al. 2021; Kwapil et al. 2020; Kwapil et al. 2018). Auch im klinischen Interview zeigt sich eine Assoziation von desorganisierten Symptomen sowohl mit der positiven als auch der negativen MSS-Dimension, sowie umgekehrt für die desorganisierte Dimension und negative Symptome und die negative Dimension und positive Symptome (Kemp et al. 2021). Die im Manual genannten moderaten Zusammenhänge konnten in der vorliegenden Studie ebenfalls, jedoch lediglich mit geringer Effektstärke aufgezeigt werden. Die positive und negative MSS-Dimension stehen hierbei in keinem signifikanten Zusammenhang. Eine weitgehende Unabhängigkeit dieser zwei Subskalen konnte auch in frühere Studien dargelegt und die Vermutung aufgestellt werden, dass die Subskala der

Desorganisation hierbei als Mediator fungieren könnte (Christensen et al. 2019).

Im Weiteren wurde in der vorliegenden Studie die Interaktion der Subskalen in Form eines moderierenden Effekts untersucht. Hierbei zeigte sich, sowohl für Gesichtsverarbeitung insgesamt, als auch für emotionales Verarbeiten, kein moderierender Effekt der Subskalen auf den Zusammenhang der Aktivierungsmittelwerte von FFA, OFA und pSTS-FA und den jeweils anderen MSS-Skalen. Auch im hierarchischen Regressionsmodell konnte diesbezüglich keine zusätzliche Varianzaufklärung durch die Interaktion der Subskalen nachgewiesen werden. Indes konnte für den Einfluss auf das Volumen der rechten FFA eine Interaktion der negativen und desorganisierten Facette der Schizotypie aufgezeigt werden, sowie eine Interaktion aller drei Dimensionen in Bezug auf die rechte FFA und rechten OFA. Den genannten Interaktionen konnte allerdings kein moderierender Effekt zugewiesen werden. Unseres Wissens nach ist dies die erste Studie, die die Interaktion der Schizotypiedimensionen für die Aktivierung oder das Volumen der Gesichtsverarbeitungsareale des Core Systems untersucht. Eine methodisch gut vergleichbare Studie untersuchte dies bislang für das Volumen der Hippocampusregion, wobei ebenfalls eine Interaktion der

negativen und desorganisierten, sowie zusätzlich der positiven und desorganisierten Facette der Schizotypie dargestellt werden konnte (Sahakyan et al. 2021).

In der vorliegenden Studie konnte eine Verbindung der desorganisierten sowohl mit der positiven, als auch der negativen Facette der Schizotypie aufgezeigt werden. Des Weiteren interagieren die Facetten hinsichtlich ihres Einflusses auf das Volumen der grauen Substanz der rechten FFA und rechten OFA, jedoch nicht in Form eines moderierenden Effekts. Bezüglich des Einflusses auf die Aktivierung der ROIs konnte keine Interaktion der drei Schizotypiedimensionen nachgewiesen werden.

4.2 Einordnung in größere Netzwerkmodelle

Im Nachfolgenden soll näher auf die Frage eingegangen werden, ob die in der vorliegenden Studie hergestellten Zusammenhänge, sowie die in der Literatur im Zusammenhang mit Schizotypie beschriebenen Auffälligkeiten der Gesichtsverarbeitung und Dysfunktionen des weiteren Schizophrenie- und Psychosespektrums, ursächlich im Core System, dessen Konnektivitäten und Interaktionen liegen oder in vor- bzw. nachgeschalteten Arealen begründet sind. Eine Untersuchung jedes einzelnen Areals des visuellen

Verarbeitungspfades könnte dazu beitragen das Gesamtbild zu vervollständigen und nachzuvollziehen inwieweit sich Funktion und Struktur der einzelnen Areale aufeinander auswirken.

Als dem Core System vorgeschaltet, werden dabei die Retina, der Thalamus mit dem Corpus geniculatum laterale, sowie der primäre visuelle Kortex betrachtet.

Der Einfluss von Schizotypie auf die Funktion und Struktur der Retina stellt unseres Wissens nach bislang kein Gegenstand der Forschung dar. Bei Patient:innen mit Schizophrenie können retinale Veränderungen jedoch als Biomarker angesehen werden, da sowohl strukturelle als auch funktionelle Auffälligkeiten festgestellt wurden (Silverstein und Rosen 2015). Diese beinhalten unter anderem den Ganglionzellverlust und Änderungen im Haushalt verschiedener Neurotransmitter wie Dopamin und Glutamat. Funktionell lässt sich in frühen Phasen der Schizophrenie (d.h. vor und während der ersten Episode) eine retinale Hypersensitivität auf bestimmte visuelle Stimuli nachweisen, welche sich im Verlauf zu einer Hyposensitivität entwickelt (Adámek et al. 2022; Silverstein und Rosen 2015; Silverstein et al. 2020; Komatsu et al. 2022). Jedoch wurde bislang nicht sicher differenziert inwieweit genannte Veränderungen als direkte Krankheitsfolge oder auch

als Nebenwirkung der medikamentösen Therapie auftreten. Hierbei könnten Ergebnisse der Schizotypieforschung weiterhelfen. Des Weiteren bleibt bislang ungeklärt ob genannten Auffälligkeiten retrograd entstehen oder sich anterograd auf nachfolgende Areale auswirken (Adámek et al. 2022; Silverstein und Rosen 2015; Silverstein et al. 2020). Eine anterograde Ausbreitung unter Berücksichtigung einer dopaminergen und glutamatergen Dysregulation, mit Auswirkung auf beispielsweise die Sensitivität rezeptiver Felder des magno- und parvozellulären Weges, sollte bedacht werden. Jedoch könnte unter Berücksichtigung struktureller Veränderungen auch auf einen retrograden retinalen Zellverlust geschlossen werden. So lässt sich bereits in frühen Krankheitsstadien ein vermindertes Volumen der grauen Substanz des Thalamus feststellen, welches im Verlauf auch im Frontal- und Temporallappen, sowie im okzipitalen Kortex und Cerebellum nachzuweisen ist (Adámek et al. 2022). Für visuelles Verarbeiten besonders relevant ist das im Thalamus gelegene Corpus geniculatum laterale, welches im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe bei Patient:innen mit Schizophrenie und pathologischen Ausprägungen innerhalb des Schizophreniespektrums ein kleineres Volumen zeigt. Hierbei konnte insbesondere eine negative Assoziation zur

medikamentösen Therapie mit Antipsychotika festgestellt werden (Mørch-Johnsen et al. 2023). Den größten Anteil am reduzierten Thalamusvolumen scheinen jedoch Regionen wie das Corpus geniculatum mediale zu haben, die bislang nicht mit visueller Verarbeitung in Verbindung gebracht werden (Perez-Rando et al. 2022; Pergola et al. 2015). Betrachtet man den Einfluss von Schizotypie (d.h. unbeeinflusst von medikamentöser und sonstiger Therapie) auf das Volumen des Thalamus zeigt sich eine negative Assoziation. Hierbei scheint der Fokus jedoch mehr auf dem Volumen des Pulvinar und des Nucleus medialis thalami zu liegen, als auf für die für visuelle Verarbeitung besonders relevanten Regionen, wie dem Corpus geniculatum laterale (Kühn et al. 2012). Im Rahmen des Kontinuums scheint sich die Volumenstruktur des Thalamus mit zunehmender Schizotypie derer bei Schizophrenie extrahierten, anzugleichen (Di Carlo et al. 2020). Funktionell betrachtet, steht eine geringere Aktivierung des Thalamus im positiven Zusammenhang mit höhergradiger Schizotypie, gleiches zeigt sich für den primären visuellen Kortex (Aichert et al. 2012). Die Anzahl an Verbindungen innerhalb des, dem Core System vorgeschalteten, visuellen Systems, scheinen hierbei in einem positiven Zusammenhang mit Schizotypie zu stehen. Berücksichtigt wurden hierbei Teile des primären und

sekundären visuellen Kortex, sowie der Gyrus fusiformis (Messaritaki et al. 2023). Hinsichtlich des weiteren Spektrums zeigt sich bei Verwandten von Patient:innen mit Schizophrenie eine verminderte Konnektivität des visuellen Netzwerkes, beispielsweise zwischen Thalamus und Gyrus fusiformis (Cao et al. 2016). Auch Schizophrenie steht im Zusammenhang mit einer reduzierten Aktivierung und einem verringerten Volumen des primären visuellen Kortex (post mortem bis zu 25%), sowie mit einer reduzierten Konnektivität zwischen den visuellen Arealen. Diese bezieht sich vor allem auf das magnozelluläre System und wird mit der bei Schizophrenie bekannten NMDA-Rezeptor-Dysfunktion in Verbindung gebracht (Martínez et al. 2019; Maher et al. 2019; Koychev et al. 2010; Javitt 2009; Dorph-Petersen et al. 2009). Der parvozelluläre und damit der für Gesichtsverarbeitung besonders relevante Weg, scheint bei Patient:innen mit Schizophrenie intakt zu sein (Koychev et al. 2010). Jedoch wird eine Auswirkung der magnozellulären Dysfunktionen auf das parvozelluläre System und damit auch auf Regionen des Core Systems wie die FFA vermutet (siehe Übersicht in Bortolon et al. 2015).

Die Konnektivitäten innerhalb des Core Systems zeigen sich bei gesunden Proband:innen mit einem erhöhten polygenetischen Risiko für Schizophrenie als intakt. Auffällig erscheint vielmehr

die Konnektivität zwischen dem Core System und dem nachgeschalteten extended System (Lieslehto et al. 2019).

Als dem Core System nachgeschaltet und für (emotionale) Gesichtsverarbeitung besonders relevant (Müller et al. 2018), wird im Nachfolgenden näher auf den Einfluss von Schizotypie auf strukturelle und funktionelle Parameter der Amygdala eingegangen.

Das Volumen der Amygdala zeigt sich im negativen Zusammenhang zur positiven Dimension der Schizotypie (Evermann et al. 2021). Dabei wird ein Bezug zu funktionellen Parametern vermutet. So zeigt sich hinsichtlich Schizotypie eine reduzierte Aktivierung der Amygdala sowohl bei neutralen als auch negativ emotionalen Gesichtsstimuli (Tonini et al. 2021; Wang et al. 2018). Diese Hypoaktivierung konnte auch im weiteren Schizophrenie- und Psychosespektrum nachgewiesen werden und scheint über alle Stadien hinweg aufzutreten (siehe Übersicht in Lukow et al. 2021). Schizotypie geht mit einer erhöhten Variabilität und erniedrigter Stabilität an intrazerebralen Verbindungen einher und zeigt ein Bild von Dekompensation bei gleichzeitig bestehenden Kompensationsmechanismen. Auch für das visuelle Netzwerk konnte eine verminderte funktionelle Konnektivität

nachgewiesen werden, wobei der Grund auch hierbei in einer NMDA-Dysfunktion vermutet wird (Wang et al. 2022).

Die visuellen und im speziellen Gesichtsverarbeitungsdefizite bei Patient:innen mit Schizophrenie scheinen neben den beschriebenen Auffälligkeiten der einzelnen Areale und ihrer Konnektivitäten auch v.a. durch top-down Effekte (d.h. Einfluss von nach- auf vorgeschaltete Areale) beeinflusst zu werden (Caruana und Seymour 2021). So wirkt sich die Antwort der Amygdala auf ängstliche Gesichter beispielsweise auf die Aktivierung der FFA aus. Ebenso wird ein Effekt auf sowohl den magno- als auch den parvozellulären Weg und deren Interaktion vermutet (siehe Übersicht in Bortolon et al. 2015). Inwieweit ähnliche top-down oder bottom-up Effekte auch im Zusammenhang mit Schizotypie existieren, bleibt unsere Wissens nach bislang allerdings ungeklärt.

Zusammenfassend scheint Schizotypie vorrangig Einfluss auf Areale des extended Systems (d.h. dem Core System nachgeschaltet) zu nehmen. Hierbei liegt der Fokus auf funktionellen und strukturellen Parametern der Amygdala, sowie auf deren Konnektivität zum Core System, im speziellen zur FFA. Vorgeschaltete Areale wie der Thalamus und der primäre visuelle Kortex zeigen ebenfalls Auffälligkeiten, wobei strukturelle Veränderungen vorrangig in,

für Gesichtsverarbeitung nicht direkt relevanten, Arealen begründet zu sein scheinen. Der aktuelle Stand der Forschung lässt noch keine abschließende Aussage über den Einfluss von Schizotypie auf das Gesichtsverarbeitungsnetzwerk zu, sodass Ergebnisse der Forschung im weiteren Spektrum zu Hilfe gezogen werden. Diese legen ebenfalls den Fokus auf Veränderungen innerhalb des extended Systems mit top-down Prozessen zum Core System. Verbindungen innerhalb des Core Systems scheinen hingegen intakt, vorgeschaltete reduziert. Vorgeschaltete Areale wie die Retina, der Thalamus und der primäre visuelle Kortex zeigen sowohl strukturelle als auch funktionelle Auffälligkeiten. Hierbei liegt der Fokus allerdings auch auf, für Gesichtsverarbeitung weniger relevanten, Arealen bzw. Netzwerken (z.B. magnozelluläres System).

Die in der vorliegenden Studie im Zusammenhang mit Schizotypie beschriebenen auffälligen Aktivierungsmuster beim Verarbeiten emotionaler Gesichter, könnten somit mit beschriebenen Veränderungen in nachgeschalteten Arealen zusammenhängen (z.B. über top-down Effekte). Um hierüber eine valide Aussage treffen zu können, bedarf es allerdings weiterer Forschung.

4.3 Limitationen

Nachfolgend erfolgt eine kritische Würdigung der Methodik, sowie eine zusammenfassende Diskussion der Limitationen der hier vorliegenden Arbeit.

In der Literatur besteht fortwährend eine Diskussion um verschiedene Varianten des Schizotypiekonzeptes (z.B. dimensionaler Ansatz nach Claridge vs. kategorischer Ansatz nach Meehl), sodass bislang noch keine einheitliche Definition der Schizotypie verwendet wird (Grant et al. 2018; Fonseca-Pedrero et al. 2021; Lenzenweger 2018), was die Frage der Vergleichbarkeit der vorliegenden mit vorhergehenden Studien aufbringt. Häufig erfolgt keine genaue Differenzierung bzw. Abgrenzung zu pathologischen Ausprägungen des Spektrums, wie z.B. der schizotypen Persönlichkeitsstörung. Aufgrund dessen wurde in der vorliegenden Arbeit versucht explizit hervorzuheben wo im Spektrum (d.h. gesund, pathologisch, Erstmanifestation, chronisch etc.) aufgeführte Studien zu verorten sind.

Schizotypie wurde in der beschriebenen Studie psychometrisch mittels eines Fragebogens erfasst. Dies gilt als anerkannter Standard für eine valide Phänotypisierung und erlaubt das Einschließen einer großen Anzahl an Proband:innen (Kwapil et al. 2018; Barrantes-Vidal et al. 2013; Fonseca-Pedrero et al.

2018b). Jedoch ist zu bedenken, dass andere Methoden wie ein klinisches Interview in einigen Bereichen, wie beispielweise bei der Erfassung introspektiver Aspekte, eine höhere Präzision aufweisen (Kwapil et al. 2018). Hierbei kann es allerdings, genauso wie bei Fragebögen, zu Verzerrungen im Rahmen eines ‚self-report bias‘ kommen (Bauhoff 2014; Kwapil et al. 2018). So zeigen Personen, im Rahmen der sozialen Erwünschtheit, die Tendenz in Fragebögen so zu antworten, wie es die Umwelt, ihrer Ansicht nach, von ihnen erwartet (Vesely und Klöckner 2020; Kreitchmann et al. 2019; van de Mortel 2008). Der hier verwendete Fragebogen ist unter den zurzeit etablierten Schizotypie-Fragebögen (wie z.B. Wisconsin Schizotypy Scales (WSS; Chapman et al. 1976; Eckblad und Chapman 1983; Kwapil et al. 2008), Schizotypal Personality Questionnaire (SPQ; Raine 1991), Oxford-Liverpool Inventory of Feelings and Experiences (O-LIFE; Mason et al. 1995; Mason und Claridge 2006)) der neueste und berücksichtigt das, zur Erfassung der Schizotypie als geeignet angesehene, dreidimensionale Konstrukt (Pfarr et al. 2023; Fonseca-Pedrero et al. 2018a). Er bietet den Vorteil, dass er, im Vergleich zu früheren Fragebögen, auch bei geringerer Merkmalsausprägung eine gute Einteilung ermöglicht (Kwapil et al. 2018). Damit ist er zur Erfassung von Schizotypie auch im nicht klinischen Setting geeignet und

könnte die Lücke vom gesunden Persönlichkeitsmerkmal hin zum klinischen Schizophrenie- und Psychosespektrum schließen (Kwapil et al. 2018; Pfarr und Nenadić 2020). Der MSS setzt sich aus einer Subskala für die jeweilige Dimension (d.h. positive, negative und desorganisierte), sowie einer Summenskala zusammen (Kwapil et al. 2018; Kwapil et al. 2021). Da vorherige Studien zeigten, dass eine Betrachtung der Subskalen deutlich mehr zur Varianzaufklärung beiträgt, als eine alleinige Betrachtung der Summenskala (hierbei liegt die Varianzaufklärung lediglich bei durchschnittlich 48%), wurde in der durchgeführten Studie der Fokus auf die genannten Subskalen gelegt (Kemp et al. 2021).

Die vorliegende Studienkohorte umfasst mehrheitlich weibliche Probandinnen (ca. 66%), sodass in einer kritischen Betrachtung die Frage der Generalisierbarkeit der Daten aufkommt. Es ist jedoch zu bedenken, dass aufgrund der großen Studienkohorte, absolut gesehen dennoch eine große Anzahl männlicher Probanden (n=97) eingeschlossen wurde und diese damit deutlich repräsentiert sind. Um abzusichern, dass gefundene Zusammenhänge nicht zu einem wesentlichen Anteil auf das Geschlecht zurückzuführen sind, wurden im Voraus Korrelationsrechnungen zwischen den MSS-Skalen und Alter bzw. Geschlecht durchgeführt, wonach bewusst entschieden

wurde weder nach Alter noch nach Geschlecht zu korrigieren. Dieser geringe Einfluss konnte auch in vorherigen Studien aufgezeigt werden (Kemp et al. 2021).

Eine weitere Limitation stellt die Zusammensetzung der Studienkohorte, sowie die Verteilung der Fragebogenscores dar. Die vorliegende Studienkohorte besteht größtenteils aus jungen, psychisch gesunden Proband:innen mit einem hohen Bildungsniveau, die im Mittel eine MSS-Punktzahl in unteren Bereich erzielten (durchschnittlich 4,19 ($\pm 4,17$) von 77 möglichen Punkten) und damit niedriger als in Referenzstudien (Kwapil et al. 2018). Auch wenn bislang keine große deutsche Normstudie existiert, ist zu bedenken, dass die Kohorte in Zusammenschau nur bedingt repräsentativ für die Gesamtbevölkerung sein könnte. Bei einer Kohortengröße von 288 eingeschlossenen Proband:innen sollte der durchgeführten Studie allerdings trotzdem Beachtung geschenkt werden. Die Aussagekraft könnte durch das gezielte Einschließen weiterer Proband:innen mit ausgeprägteren Merkmalen der Schizotypie jedoch weiter gesteigert werden. Wie mittels G*-Power Analysen festgestellt, könnte auch die Teststärke (Power) der gefundenen Effekte (54% für Effekt auf rechte FFA und 61% für Effekt auf linke pSTS-FA) durch eine noch größere Studienkohorte weiter erhöht werden (für eine Teststärke von

beispielsweise 80% auf 533 (Effekt auf rechte FFA) bzw. 488 Personen (Effekt auf linke pSTS-FA)).

Eine weitere zu diskutierende Limitation stellt die Auswahl der Stimuli dar. So wurden in der vorliegenden Studie Bilder von Häusern, sowie neutralen und ängstlichen Gesichtern gewählt. Besonders ängstlich emotionale Gesichter scheinen als Stimuli in der Forschung innerhalb des Schizophrenie- und Psychosespektrums eine wichtige Rolle einzunehmen (Fusar-Poli et al. 2009; Giakoumaki 2016; Wang et al. 2015). So konnte hierfür auch in anderen Bereichen, wie z.B. der Genauigkeit der Emotionserkennung, der größte Effekt, verglichen mit beispielsweise glücklichen Gesichtern nachgewiesen werden (Kuang et al. 2022). Um jedoch eine umfassende Aussage über emotionale Gesichtsverarbeitung insgesamt machen zu können, müsste die vorliegende Studie mit weiteren Emotionen wiederholt werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Dauer, die ein Stimulus gezeigt wird, Einfluss auf die Aktivierung von Hirnarealen nehmen kann bzw. diese für neutrale vs. emotionale Gesichter unterschiedlich beeinflusst (Kouptsova et al. 2017). Es ist bekannt, dass die untersuchten ROIs verschieden auf statische und bewegte Stimuli reagieren (Müller et al. 2018). Da in der vorliegenden Studie statische Stimuli verwendet wurden, könnte sich dies vor allem auf die

Lokalisation und Aktivierung der pSTS-FA ausgewirkt haben (Bernstein und Yovel 2015; Duchaine und Yovel 2015). Zudem scheint es im Gyrus fusiformis, als Untereinheiten der FFA, mehrere gesichtsspezifische Areale zu geben. Diese sind je nach Aufgabe und Stimulus verschieden involviert, werden jedoch in den meisten Studien, wie auch in der hier vorliegenden, nicht gesondert betrachtet und dadurch womöglich nicht vollständig erfasst (Chen et al. 2023; Müller et al. 2018).

4.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, den Einfluss von Schizotypie auf die Gesichtsverarbeitungsareale FFA, OFA und pSTS-FA zu untersuchen.

Als zentrale Ergebnisse konnte ein Zusammenhang zwischen Schizotypie und der Aktivierung der FFA, sowie der pSTS-FA beim emotionalen Gesichterarbeiten hergestellt werden. Für Gesichtsverarbeitung insgesamt konnte jedoch kein Einfluss auf die Aktivierung der ROIs oder auf strukturelle Parameter festgestellt werden. Es konnte grundsätzlich ein Zusammenhang zwischen dem Volumen der grauen Substanz und der Aktivierung aufgezeigt werden. Des Weiteren gibt die Studie Anhalt dafür, dass die drei Dimensionen der Schizotypie

teilweise, jedoch nicht vollumfänglich, miteinander interagieren.

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass auch Merkmalsausprägungen im nicht pathologischen Bereich des Schizophrenie- und Psychosespektrums teilweise mit Veränderungen der funktionellen neuronalen Aktivierungsmuster einhergehen. In Zusammenschau liefert die Studie damit einen Hinweis auf ein Kontinuumsmodell für den emotionalen Aspekt der Gesichtsverarbeitung, jedoch nicht für Gesichtsverarbeitung insgesamt, sowie auch nicht für das Volumen der ROIs. Auch wenn bereits eine relativ große Stichprobe untersucht wurde, wäre es möglich, dass diese immer noch nicht groß genug war, um weitere Effekte zu detektieren. Das würde allerdings auch bedeuten, dass es sich hier um sehr subtile Effekte handeln würde und die untersuchten Gesichtsverarbeitungsareale allenfalls minimal durch Schizotypie beeinflusst würden. Unter Berücksichtigung weiterer Literatur hat sich gezeigt, dass Auffälligkeiten eher beim Übergang von Schizotypie bzw. einer Psychoseneigung hin zu ersten Symptomen, sprich beim Eintritt in eine Pathologie bzw. pathologische Prozesse, auftreten (siehe unter anderem Bortolon et al. 2015; Mier et al. 2017; van Erp et al. 2018; Jung et al. 2021). Das lässt vermuten, dass Alterationen eher mit dem

Krankheitsprozess als mit der Veranlagung zusammenhängen (Messaritaki et al. 2023). Das Konstrukt der Schizotypie könnte, als quantifizierbares Maß, zukünftig jedoch trotzdem vor allem für eine Betrachtung der Grenzbereiche zwischen gesund und krank relevant sein und zu einer genaueren Einteilung innerhalb des Spektrums (z.B. niedrig-schizotyp, hoch-schizotyp, schizotype Persönlichkeitsstörung, Schizophrenie etc.) beitragen.

Die in der Literatur im Zusammenhang mit Schizotypie beschriebenen Auffälligkeiten der Gesichtsverarbeitung könnten jedoch auch auf Dysfunktionen in anderen Bereichen des Gesichternetzwerkes zurückzuführen sein, welche sich beispielsweise über top-down Prozesse auf die Areale des Core Systems auswirken könnten (siehe unter anderem Javitt 2009; Messaritaki et al. 2023; Adámek et al. 2022; Perez-Rando et al. 2022; Caruana und Seymour 2021). Hierbei kommen vor allem dem Core System nachgeschaltete Areale, wie die Amygdala, in Betracht (siehe unter anderem Evermann et al. 2021; Lukow et al. 2021; Tonini et al. 2021).

Unter Berücksichtigung dessen, sollten in nachfolgenden Studien auch weitere Regionen bzw. Netzwerke außerhalb des Core Systems betrachtet werden. Ebenso könnte eine noch größeren Studienkohorte (auch unter Berücksichtigung der

G*Power-Analysen), auch mit ausgeprägteren schizotypen Merkmalen, untersucht werden. Zusätzlich könnten bewegte Stimuli und vor allem weitere Emotionen hinzugefügt, sowie ein explizites Aufgabendesign etabliert werden. Um ein umfassenderes Gesamtbild des Kontinuums zu bekommen und die Auswirkungen des gesamten Schizophrenie- und Psychosespektrums auf das Gesichternetzwerk besser zu verstehen, könnte ein Studiendesign entwickelt werden, das sowohl gesunde Proband:innen und Personen mit hohem Risiko, als auch erstmalig und chronisch erkrankte Patient:innen einschließt.

5 Zusammenfassung

Schizotypie beschreibt ein Spektrum an Persönlichkeitsmerkmalen, die in verschiedenen Ausprägungen sowohl bei gesunden als auch erkrankten Personen nachweisbar sind. Sie lässt sich innerhalb des Schizophrenie- und Psychosespektrums als eine alternative Manifestationsform ansehen, die sich auf einem subklinischen Level bewegt und keine Pathologie per se darstellt. Schizotypie kann in drei phänotypische Dimensionen eingeteilt werden (d.h. positive, negative und desorganisierte Schizotypie) und kann helfen den Weg von gesund über Dysfunktionalitäten bis hin zur Krankheit besser nachzuvollziehen.

In der vorliegenden Studie sollte der Einfluss von Schizotypie auf das Volumen und die Aktivierung von drei Gesichtsverarbeitungsarealen, sowie deren Interaktion untersucht werden. Die ‚fusiform face area‘ im Gyrus fusiformis, die ‚occipital face area‘ im Gyrus occipitalis inferior und die ‚posterior superior temporal sulcus face area‘ im posterioren Sulcus temporalis superior werden nach dem Modell von Haxby dem ‚core system‘ zugeordnet und als frühe, gesichtsspezifische Areale angesehen.

Es wurden 288 psychisch gesunde Proband:innen eingeschlossen und schizotype Merkmale psychometrisch mit

Hilfe der ‚Multidimensional Schizotypy Scale‘ erfasst. Die Erhebung der strukturellen (T1) und funktionellen (task-based fMRT) Daten erfolgte mittels eines 3T MRT-Scanners unter Verwendung neutraler und emotionaler (ängstlicher) Gesichtsstimuli, sowie Bildern von Häusern. Es wurden allgemeine lineare Modelle verwendet um hypothesengeleitet den Zusammenhang der Schizotypiedimensionen und Aktivierung/Volumen der Gesichtsverarbeitungsareale, sowie deren Interaktion zu testen.

Als zentrale Ergebnisse der Studie konnte für Gesichtsverarbeitung insgesamt kein Einfluss von Schizotypie auf die Aktivierung der untersuchten Hirnregionen nachgewiesen werden. Für emotionales Gesichterarbeiten ergab sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Aktivierung der fusiform face area, sowie der posterior superior temporal sulcus face area und der desorganisierten Facette der Schizotypie. Ein Einfluss von Schizotypie auf das Volumen der Areale des Core Systems konnte nicht nachgewiesen werden. Des Weiteren konnte grundsätzlich ein Zusammenhang zwischen dem Volumen der grauen Substanz und der Aktivierung der Gesichtsverarbeitungsareale, jedoch nicht in Form eines mediierenden Effektes, aufgezeigt werden. Die Ergebnisse der Studie geben außerdem Anhalt dafür, dass die

drei Dimensionen der Schizotypie teilweise, jedoch nicht vollumfänglich, miteinander interagieren und nicht in Form eines moderierenden Effektes.

Auf dem Feld der Schizotypieforschung existieren bislang wenig vergleichbare Studien, soweit vorhanden weichen die Erkenntnisse zur Aktivierung der Gesichtsverarbeitungsareale jedoch von unseren Ergebnissen ab. Zieht man, in Hinblick auf einen Kontinuumsgedanken, Studien aus dem weiteren Schizophrenie- und Psychosespektrum heran, so zeigt sich ein Einfluss auf die untersuchten Hirnareale sowohl für die Aktivierung beim emotionalen und auch Gesichterarbeiten insgesamt, als auch auf die Volumina der grauen Substanz. Durch die vorliegende Studie konnte gezeigt werden, dass auch Ausprägungen im nicht pathologischen Bereich des Schizophrenie- und Psychosespektrums teilweise mit Veränderungen der funktionellen neuronalen Aktivierungsmuster einhergehen. Jedoch scheint der Einfluss erst mit Eintritt in eine Pathologie weitreichend signifikant zu werden.

Diese Studie konnte damit einen weiteren Beitrag zur Konzeptualisierung des Spektrums leisten und im Rahmen des Kontinuumsgedanken an Literatur der Schizophrenieforschung anknüpfen. Sie ist unseres Wissens nach die erste Studie, die in

einer großen Studienkohorte bei gesunden Proband:innen den Einfluss von Schizotypie auf die Aktivierung und das Volumen der Areale des Core Systems, sowie deren Interaktion in einem korrelativen Ansatz untersucht. Damit könnte sie den Grundstein für nachfolgende Studien bilden und im Rahmen dessen beispielweise durch weitere Stimuli mit zusätzlichen Emotionen und Erweiterung der Studienkohorte durch Proband:innen aus dem pathologischen Schizophrenie- und Psychosespektrum ergänzt werden.

6 Summary

Schizotypy describes a multidimensional construct based on a range of personality traits within the schizophrenia and psychosis spectrum. They are usually classified as schizophrenia-like personality traits on a subclinical level, which can be divided into three dimensions (i.e. positive, negative, disorganised). The construct of schizotypy can contribute to a better understanding of the schizophrenia and psychosis spectrum.

In this study we examined the effect of schizotypy on activation and volume of three brain regions involved in face processing: the ‘fusiform face area’, the ‘occipital face area’ and the ‘posterior superior temporal sulcus face area’, as regions of the ‘core system’, which are considered face selective areas.

We studied 288 psychiatrically healthy subjects and classified schizotypal traits by using the ‘Multidimensional Schizotypy Scale’. A 3T MRI scanner was used for the acquisition of structural (T1) and functional (task-based fMRI) data using pictures of neutral and emotional (fearful) faces, as well as houses as stimuli. We used general linear models to test the hypothesis of correlation between schizotypy facets and activation/volume of face processing areas, as well as their interaction.

We did not find an effect of schizotypy on activation of the core system regions for face processing in general or to their grey matter volume. However, we showed a negative correlation of activation in fusiform face area, posterior superior temporal sulcus face area and disorganised dimension of schizotypy for emotional face processing. Furthermore, we demonstrated a correlation between grey matter volume and activation, but not, as hypothesised, through mediation of volume on the association between the schizotypy dimensions and their activation. Also, we showed an interaction of schizotypy dimensions in the association with volume, although moderation effects were not significant.

Our study provides novel insights on how schizotypy affects face processing areas. While our results are not fully in line with the few previous studies on the topic, they also highlight a lack of directly comparable studies. Our findings emphasise a schizotypy effect on fear processing in particular, rather than general face processing. However, activation patterns might be additionally affected after onset of pathology. While in line with finding of the wider schizophrenia and psychosis spectrum, our findings add to a neurobiological continuum model, in this case involving face processing areas.

Our study contributes to the neurobiological conceptualisation of the spectrum and adds to the related literature in schizophrenia research. To our knowledge, this is the first study to investigate in a correlative approach the influence of schizotypy on the activation and volume of the areas of the face processing core system, as well as their interaction in a large sample of psychiatrically healthy subjects. It could thus form the basis for subsequent studies, which might add further stimuli with additional emotions and include clinical cohorts.

Literaturverzeichnis

- Adámek, P., Langová, V., Horáček, J. (2022). Early-stage visual perception impairment in schizophrenia, bottom-up and back again. *Schizophrenia* 8 (1), 27. <https://doi.org/10.1038/s41537-022-00237-9>.
- Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology* 12 (2), 169–177. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(02\)00301-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(02)00301-X).
- Ahn, S., Lustenberger, C., Jarskog, L. F., Fröhlich, F. (2020). Neurophysiological substrates of configural face perception in schizotypy. *Schizophrenia research* 216, 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.11.005>.
- Aichert, D. S., Williams, S. C. R., Möller, H.-J., Kumari, V., Ettinger, U. (2012). Functional neural correlates of psychometric schizotypy: an fMRI study of antisaccades. *Psychophysiology* 49 (3), 345–356. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01306.x>.
- Barrantes-Vidal, N., Grant, P., Kwapil, T. R. (2015). The role of schizotypy in the study of the etiology of schizophrenia spectrum disorders. *Schizophrenia Bulletin* 41 (Suppl. 2), 408-416. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbu191>.
- Barrantes-Vidal, N., Gross, G. M., Sheinbaum, T., Mitjavila, M., Ballespí, S., Kwapil, T. R. (2013). Positive and negative schizotypy are associated with prodromal and schizophrenia-spectrum symptoms. *Schizophrenia research* 145 (1-3), 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2013.01.007>.
- Batty, R. A., Francis, A. J. P., Innes-Brown, H., Joshua, N. R., Rossell, S. L. (2014). Neurophysiological correlates of configural face processing in schizotypy. *Frontiers in psychology* 5. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2014.00101>.

- Bauhoff, S. (2014). Self-Report Bias in Estimating Cross-Sectional and Treatment Effects. In: Alex C. Michalos (Hg.). *Encyclopedia of quality of life and well-being research*. Dordrecht, Springer, 5798–5800.
- Bell, V., Halligan, P. (2015). Schizotypy and impaired basic face recognition? Another non-confirmatory study. *Early intervention in psychiatry* 9 (6), 512–515.
<https://doi.org/10.1111/eip.12181>.
- Bernstein, M., Yovel, G. (2015). Two neural pathways of face processing: A critical evaluation of current models. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 55, 536–546.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.06.010>.
- Bleuler, E. (1911). *Dementia praecox oder Gruppe der Schizophrenien*. Leipzig/Wien, Deuticke.
- Bortolon, C., Capdevielle, D., Raffard, S. (2015). Face recognition in schizophrenia disorder: A comprehensive review of behavioral, neuroimaging and neurophysiological studies. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 53, 79–107.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.03.006>.
- Bukowski, H., Dricot, L., Hanseeuw, B., Rossion, B. (2013). Cerebral lateralization of face-sensitive areas in left-handers: only the FFA does not get it right. *Cortex* 49 (9), 2583–2589. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.05.002>.
- Caharel, S., Bernard, C., Thibaut, F., Haouzir, S., Di Maggio-Clozel, C., Allio, G., Fouldrin, G., Petit, M., Lalonde, R., Rebaï, M. (2007). The effects of familiarity and emotional expression on face processing examined by ERPs in patients with schizophrenia. *Schizophrenia research* 95 (1-3), 186–196.
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2007.06.015>.
- Cao, H., Bertolino, A., Walter, H., Schneider, M., Schäfer, A., Taurisano, P., Blasi, G., Haddad, L., Grimm, O., Otto,

- K., Dixon, L., Erk, S., Mohnke, S., Heinz, A., Romanczuk-Seiferth, N., Mühleisen, T. W., Mattheisen, M., Witt, S. H., Cichon, S., Nothen, M., Rietschel, M., Tost, H., Meyer-Lindenberg, A. (2016). Altered Functional Subnetwork During Emotional Face Processing: A Potential Intermediate Phenotype for Schizophrenia. *JAMA psychiatry* 73 (6), 598–605. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2016.0161>.
- Caruana, N., Seymour, K. (2021). Bottom-up processing of fearful and angry facial expressions is intact in schizophrenia. *Cognitive neuropsychiatry* 26 (3), 183–198. <https://doi.org/10.1080/13546805.2021.1902794>.
- Caruana, N., Stein, T., Watson, T., Williams, N., Seymour, K. (2019). Intact prioritisation of unconscious face processing in schizophrenia. *Cognitive neuropsychiatry* 24 (2), 135–151. <https://doi.org/10.1080/13546805.2019.1590189>.
- Chapman, L. J., Chapman, J. P., Kwapil, T. R., Eckblad, M., Zinser, M. C. (1994). Putatively psychosis-prone subjects 10 years later. *Journal of Abnormal Psychology* 103 (2), 171–183. <https://doi.org/10.1037//0021-843X.103.2.171>.
- Chapman, L. J., Chapman, J. P., Raulin, M. L. (1976). Scales for physical and social anhedonia. *Journal of Abnormal Psychology* 85 (4), 374–382. <https://doi.org/10.1037//0021-843x.85.4.374>.
- Chen, X., Liu, X., Parker, B. J., Zhen, Z., Weiner, K. S. (2023). Functionally and structurally distinct fusiform face area(s) in over 1000 participants. *NeuroImage* 265, 119765. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119765>.
- Christensen, A. P., Gross, G. M., Golino, H. F., Silvia, P. J., Kwapil, T. R. (2019). Exploratory Graph Analysis of the Multidimensional Schizotypy Scale. *Schizophrenia*

research 206, 43–51.

<https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.12.018>.

- Claridge, G. (Hg.) (1997). *Schizotypy*. Oxford University Press.
- Comparelli, A., Carolis, A. de, Emili, E., Rigucci, S., Falcone, I., Corigliano, V., Curto, M., Trovini, G., Dehning, J., Kotzalidis, G. D., Girardi, P. (2014). Basic symptoms and psychotic symptoms: their relationships in the at risk mental states, first episode and multi-episode schizophrenia. *Comprehensive Psychiatry* 55 (4), 785–791. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2014.01.006>.
- D’Agostino, E., Maes, F., Vandermeulen, D., Suetens, P. (2000). Non-rigid Atlas-to-Image Registration by Minimization of Class-Conditional Image Entropy. In: David Hutchison (Hg.). *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2004*. 7th International Conference, Saint-Malo, France, September 26-29, 2004. Proceedings, Part I, Berlin, Heidelberg, 2004. Berlin/Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 745–753.
- Dahnke, R., Yotter, R. A., Gaser, C. (2013). Cortical thickness and central surface estimation. *NeuroImage* 65, 336–348. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.09.050>.
- Dawes, C., Danielmeier, C., Haselgrove, M., Moran, P. M. (2021). High Schizotypy Predicts Emotion Recognition Independently of Negative Affect. *Frontiers in psychiatry* 12, 738344. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.738344>.
- Debbané, M., Barrantes-Vidal, N. (2015). Schizotypy from a developmental perspective. *Schizophrenia Bulletin* 41 Suppl 2 (suppl 2), S386-95. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbu175>.
- Di Carlo, P., Pergola, G., Antonucci, L. A., Bonvino, A., Mancini, M., Quarto, T., Rampino, A., Popolizio, T.,

- Bertolino, A., Blasi, G. (2020). Multivariate patterns of gray matter volume in thalamic nuclei are associated with positive schizotypy in healthy individuals. *Psychological Medicine* 50 (9), 1501–1509.
<https://doi.org/10.1017/S0033291719001430>.
- Ding, L., Yuan, H. (2013). Simultaneous EEG and MEG source reconstruction in sparse electromagnetic source imaging. *Human brain mapping* 34 (4), 775–795.
<https://doi.org/10.1002/hbm.21473>.
- Dong, D., Wang, Y., Jia, X., Li, Y., Chang, X., Vandekerckhove, M., Luo, C., Yao, D. (2018). Abnormal brain activation during threatening face processing in schizophrenia: A meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Schizophrenia research* 197, 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2017.11.013>.
- Dorph-Petersen, K.-A., Caric, D., Saghafi, R., Zhang, W., Sampson, A. R., Lewis, D. A. (2009). Volume and neuron number of the lateral geniculate nucleus in schizophrenia and mood disorders. *Acta Neuropathologica* 117 (4), 369–384.
<https://doi.org/10.1007/s00401-008-0410-2>.
- Duchaine, B., Yovel, G. (2015). A Revised Neural Framework for Face Processing. *Annual review of vision science* 1, 393–416. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035518>.
- Eckblad, M., Chapman, L. J. (1983). Magical ideation as an indicator of schizotypy. *Journal of consulting and clinical psychology* 51 (2), 215–225.
<https://doi.org/10.1037//0022-006x.51.2.215>.
- Eimer, M. (2011). The face-sensitivity of the n170 component. *Frontiers in Human Neuroscience* 5, 119.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00119>.

- Engell, A. D., Haxby, J. V. (2007). Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. *Neuropsychologia* 45 (14), 3234–3241.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.06.022>.
- Ettinger, U., Meyhöfer, I., Steffens, M., Wagner, M., Koutsouleris, N. (2014). Genetics, cognition, and neurobiology of schizotypal personality: a review of the overlap with schizophrenia. *Frontiers in psychiatry* 5, 18.
<https://doi.org/10.3389/fpsyt.2014.00018>.
- Ettinger, U., Mohr, C., Gooding, D. C., Cohen, A. S., Rapp, A., Haenschel, C., Park, S. (2015). Cognition and brain function in schizotypy: a selective review. *Schizophrenia Bulletin* 41 Suppl 2 (suppl_2), S417-26.
<https://doi.org/10.1093/schbul/sbu190>.
- Ettinger, U., Williams, S. C. R., Meisenzahl, E. M., Möller, H.-J., Kumari, V., Koutsouleris, N. (2012). Association between brain structure and psychometric schizotypy in healthy individuals. *The world journal of biological psychiatry : the official journal of the World Federation of Societies of Biological Psychiatry* 13 (7), 544–549.
<https://doi.org/10.3109/15622975.2011.559269>.
- Evermann, U., Gaser, C., Meller, T., Pfarr, J.-K., Grezellschak, S., Nenadić, I. (2021). Nonclinical psychotic-like experiences and schizotypy dimensions: Associations with hippocampal subfield and amygdala volumes. *Human brain mapping* 42 (15), 5075–5088.
<https://doi.org/10.1002/hbm.25601>.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods* 41 (4), 1149–1160.
<https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>.
- First, M. B., Gibbon, M. The structured clinical interview for DSM-IV axis I disorders (SCID-I) and the structured

clinical interview for DSM-IV axis II disorders (SCID-II). In: M. J. Hilsenroth & D. L. Segal (Hg.)-
Comprehensive handbook of psychological assessment,
Vol. 2. Personality assessment. John Wiley & Sons, Inc.,
134–143.

Fonseca-Pedrero, E., Debbané, M., Ortuño-Sierra, J., Chan, R. C. K., Cicero, D. C., Zhang, L. C., Brenner, C., Barkus, E., Linscott, R. J., Kwapil, T. R., Barrantes-Vidal, N., Cohen, A., Raine, A., Compton, M. T., Tone, E. B., Suhr, J., Muñiz, J., Fumero, A., Giakoumaki, S., Tsaousis, I., Preti, A., Chmielewski, M., Laloyaux, J., Mechri, A., Lahmar, M. A., Wuthrich, V., Larøi, F., Badcock, J. C., Jablensky, A. (2018a). The structure of schizotypal personality traits: a cross-national study. *Psychological Medicine* 48 (3), 451–462.
<https://doi.org/10.1017/S0033291717001829>.

Fonseca-Pedrero, E., Debbané, M., Rodríguez-Testal, J. F., Cohen, A. S., Docherty, A. R., Ortuño-Sierra, J. (2021). Schizotypy: The Way Ahead. *Psicothema* 33 (1), 16–27.
<https://doi.org/10.7334/psicothema2019.285>.

Fonseca-Pedrero, E., Ortuño-Sierra, J., Lucas-Molina, B., Debbané, M., Chan, R. C. K., Cicero, D. C., Zhang, L. C., Brenner, C., Barkus, E., Linscott, R. J., Kwapil, T. R., Barrantes-Vidal, N., Cohen, A., Raine, A., Compton, M. T., Tone, E. B., Suhr, J., Bobes, J., Fumero, A., Giakoumaki, S., Tsaousis, I., Preti, A., Chmielewski, M., Laloyaux, J., Mechri, A., Lahmar, M. A., Wuthrich, V., Larøi, F., Badcock, J. C., Jablensky, A., Barron, D., Swami, V., Tran, U. S., Voracek, M. (2018b). Brief assessment of schizotypal traits: A multinational study. *Schizophrenia research* 197, 182–191.
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2017.10.043>.

Fox, C. J., Iaria, G., Barton, J. J. S. (2009). Defining the face processing network: optimization of the functional

- localizer in fMRI. *Human brain mapping* 30 (5), 1637–1651. <https://doi.org/10.1002/hbm.20630>.
- Fusar-Poli, P., Placentino, A., Carletti, F., Landi, P., Allen, P., Surguladze, S., Benedetti, F., Abbamonte, M., Gasparotti, R., Barale, F., Perez, J., McGuire, P., Politi, P. (2009). Functional atlas of emotional faces processing: a voxel-based meta-analysis of 105 functional magnetic resonance imaging studies. *Journal of Psychiatry & Neuroscience : JPN* 34 (6), 418–432.
- Gao, C., Conte, S., Richards, J. E., Xie, W., Hanayik, T. (2019). The neural sources of N170: Understanding timing of activation in face-selective areas. *Psychophysiology* 56 (6), e13336. <https://doi.org/10.1111/psyp.13336>.
- Geisler, D., Walton, E., Naylor, M., Roessner, V., Lim, K. O., Charles Schulz, S., Gollub, R. L., Calhoun, V. D., Sponheim, S. R., Ehrlich, S. (2015). Brain structure and function correlates of cognitive subtypes in schizophrenia. *Psychiatry research* 234 (1), 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2015.08.008>.
- Germine, L. T., Hooker, C. I. (2011). Face emotion recognition is related to individual differences in psychosis-proneness. *Psychological Medicine* 41 (5), 937–947. <https://doi.org/10.1017/S0033291710001571>.
- Giakoumaki, S. G. (2016). Emotion processing deficits in the different dimensions of psychometric schizotypy. *Scandinavian Journal of Psychology* 57 (3), 256–270. <https://doi.org/10.1111/sjop.12287>.
- Goghari, V. M., MacDonald, A. W., Sponheim, S. R. (2011). Temporal lobe structures and facial emotion recognition in schizophrenia patients and nonpsychotic relatives. *Schizophrenia Bulletin* 37 (6), 1281–1294. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbq046>.

- Goh, J. O. S., Leshikar, E. D., Sutton, B. P., Tan, J. C., Sim, S. K. Y., Hebrank, A. C., Park, D. C. (2010). Culture differences in neural processing of faces and houses in the ventral visual cortex. *Social cognitive and affective neuroscience* 5 (2-3), 227–235.
<https://doi.org/10.1093/scan/nsq060>.
- Grant, P., Green, M. J., Mason, O. J. (2018). Models of Schizotypy: The Importance of Conceptual Clarity. *Schizophrenia Bulletin* 44 (suppl_2), S556-S563.
<https://doi.org/10.1093/schbul/sby012>.
- Habel, U., Chechko, N., Pauly, K., Koch, K., Backes, V., Seiferth, N., Shah, N. J., Stöcker, T., Schneider, F., Kellermann, T. (2010). Neural correlates of emotion recognition in schizophrenia. *Schizophrenia research* 122 (1-3), 113–123.
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2010.06.009>.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., Gobbini, M. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences* 4 (6), 223–233.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01482-0).
- Hayes, A. F. (Hg.) (2022). *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis. A Regression-Based Approach*. New York/London, The Guilford Press.
- Hecht, H., Agyemang, A., Angenendt, J., Antes, G., Batra, A., Becker, T., Bengel, J., Härter, M. (2019). *Psychische Erkrankungen. Klinik und Therapie : in Zusammenarbeit mit der Cochrane Deutschland Stiftung*. 6. Aufl. München, Elsevier.
- Hildesheim, F. E., Debus, I., Kessler, R., Thome, I., Zimmermann, K. M., Steinträger, O., Sommer, J., Kamp-Becker, I., Stark, R., Jansen, A. (2019). The Ontogenetic Development of Hemispheric Lateralization During Face Processing: A Functional Magnetic Resonance Imaging

- Pilot Study in 7- to 9-Year-old Children. *bioRxiv*.
<https://doi.org/10.1101/818310>.
- Hinojosa, J. A., Mercado, F., Carretié, L. (2015). N170 sensitivity to facial expression: A meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 55, 498–509.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.06.002>.
- Holt, N. J., Simmonds-Moore, C. A., Moore, S. L. (Hg.) (2008). Benign schizotypy: investigating differences between clusters of schizotypy on paranormal belief, creativity, intelligence and mental health, The Parapsychological Association 51st Annual Convention, Winchester, UK.
- Honea, R., Crow, T. J., Passingham, D., Mackay, C. E. (2005). Regional deficits in brain volume in schizophrenia: a meta-analysis of voxel-based morphometry studies. *The American journal of psychiatry* 162 (12), 2233–2245.
<https://doi.org/10.1176/appi.ajp.162.12.2233>.
- Humphreys, G. W., Donnelly, N., Riddoch, M. (1993). Expression is computed separately from facial identity, and it is computed separately for moving and static faces: Neuropsychological evidence. *Neuropsychologia* 31 (2), 173–181. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90045-2](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90045-2).
- Javitt, D. C. (2009). When doors of perception close: bottom-up models of disrupted cognition in schizophrenia. *Annual Review of Clinical Psychology* 5, 249–275.
<https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.032408.153502>.
- Johnston, P. J., Stojanov, W., Devir, H., Schall, U. (2005). Functional MRI of facial emotion recognition deficits in schizophrenia and their electrophysiological correlates. *The European journal of neuroscience* 22 (5), 1221–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2005.04294.x>.
- Jonas, J., Jacques, C., Liu-Shuang, J., Brissart, H., Colnat-Coulbois, S., Maillard, L., Rossion, B. (2016). A face-

selective ventral occipito-temporal map of the human brain with intracerebral potentials. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (28), E4088-97.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1522033113>.

Jung, S., Kim, J.-H., Kang, N.-O., Sung, G., Ko, Y.-G., Bang, M., Park, C. I., Lee, S.-H. (2021). Fusiform gyrus volume reduction associated with impaired facial expressed emotion recognition and emotional intensity recognition in patients with schizophrenia spectrum psychosis. *Psychiatry research. Neuroimaging* 307, 111226. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2020.111226>.

Kapfhammer, H.-P. (2017). Das Schizoidie-Konzept in der Psychiatrie : Von der Schizoidie über die Schizotypie zu den Cluster-A-Persönlichkeitsstörungen. *Neuropsychiatrie : Klinik, Diagnostik, Therapie und Rehabilitation : Organ der Gesellschaft Österreichischer Nervenärzte und Psychiater* 31 (4), 155–171. <https://doi.org/10.1007/s40211-017-0237-y>.

Karamaouna, P., Zouraraki, C., Giakoumaki, S. G. (2020). Cognitive Functioning and Schizotypy: A Four-Years Study. *Frontiers in psychiatry* 11, 613015. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.613015>.

Kemp, K. C., Bathery, A. J., Barrantes-Vidal, N., Kwapil, T. R. (2021). Positive, Negative, and Disorganized Schizotypy Predict Differential Patterns of Interview-Rated Schizophrenia-Spectrum Symptoms and Impairment. *Assessment* 28 (1), 141–152. <https://doi.org/10.1177/1073191119900008>.

Kemp, K. C., Gross, G. M., Kwapil, T. R. (2020). Psychometric Properties of the Multidimensional Schizotypy Scale and Multidimensional Schizotypy Scale-Brief: Item and Scale Test-Retest Reliability and Concordance of Original and Brief Forms. *Journal of*

personality assessment 102 (4), 508–515.
<https://doi.org/10.1080/00223891.2019.1591425>.

- Komatsu, H., Onoguchi, G., Jerotic, S., Kanahara, N., Kakuto, Y., Ono, T., Funakoshi, S., Yabana, T., Nakazawa, T., Tomita, H. (2022). Retinal layers and associated clinical factors in schizophrenia spectrum disorders: a systematic review and meta-analysis. *Molecular Psychiatry* 27 (9), 3592–3616. <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01591-x>.
- Kouptsova, J. E., Leung, R. C., Taylor, M. J. (2017). Stimulus exposure duration alters implicit processing of neutral and emotional faces. *Neuroscience* 341, 154–159. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.11.030>.
- Koychev, I., El-Deredy, W., Haenschel, C., Deakin, J. F. W. (2010). Visual information processing deficits as biomarkers of vulnerability to schizophrenia: an event-related potential study in schizotypy. *Neuropsychologia* 48 (7), 2205–2214. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.04.014>.
- Kravitz, D. J., Saleem, K. S., Baker, C. I., Mishkin, M. (2011). A new neural framework for visuospatial processing. *Nature Reviews Neuroscience* 12 (4), 217–230. <https://doi.org/10.1038/nrn3008>.
- Kreitchmann, R. S., Abad, F. J., Ponsoda, V., Nieto, M. D., Morillo, D. (2019). Controlling for Response Biases in Self-Report Scales: Forced-Choice vs. Psychometric Modeling of Likert Items. *Frontiers in psychology* 10, 2309. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02309>.
- Kronbichler, L., Stelzig-Schöler, R., Pearce, B.-G., Tschernegg, M., Said-Yürekli, S., Reich, L. A., Weber, S., Aichhorn, W., Kronbichler, M. (2018). Schizophrenia and Category-Selectivity in the Brain: Normal for Faces but Abnormal for Houses. *Frontiers in psychiatry* 9, 47. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00047>.

- Kuang, Q., Zhou, S., Li, H., Mi, L., Zheng, Y., She, S. (2022). Association between fractional amplitude of low-frequency fluctuation (fALFF) and facial emotion recognition ability in first-episode schizophrenia patients: a fMRI study. *Scientific Reports* 12 (1), 19561. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24258-7>.
- Kühn, S., Schubert, F., Gallinat, J. (2012). Higher prefrontal cortical thickness in high schizotypal personality trait. *Journal of Psychiatric Research* 46 (7), 960–965. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.04.007>.
- Kwapil, T. R., Barrantes-Vidal, N. (2015). Schizotypy: looking back and moving forward. *Schizophrenia bulletin* 41 Suppl 2, S366-73. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbu186>.
- Kwapil, T. R., Barrantes-Vidal, N., Silvia, P. J. (2008). The dimensional structure of the Wisconsin Schizotypy Scales: factor identification and construct validity. *Schizophrenia Bulletin* 34 (3), 444–457. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbm098>.
- Kwapil, T. R., Gross, G. M., Raulin, M. L., Silvia, P. J., Barrantes-Vidal, N. (2020). *Multidimensional Schizotypy Scale Manual v2.8*. Online verfügbar unter https://kwapillab.weebly.com/uploads/1/1/8/3/118364639/multidimensional_schizotypy_scale_manual_v28.pdf (abgerufen am 17.03.2024).
- Kwapil, T. R., Gross, G. M., Silvia, P. J., Barrantes-Vidal, N. (2013). Prediction of psychopathology and functional impairment by positive and negative schizotypy in the Chapmans' ten-year longitudinal study. *Journal of Abnormal Psychology* 122 (3), 807–815. <https://doi.org/10.1037/a0033759>.
- Kwapil, T. R., Gross, G. M., Silvia, P. J., Raulin, M. L., Barrantes-Vidal, N. (2018). Development and psychometric properties of the Multidimensional Schizotypy Scale: A new measure for assessing positive,

- negative, and disorganized schizotypy. *Schizophrenia research*, 209–217.
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2017.07.001>.
- Kwapil, T. R., Gross, G. M., Silvia, P. J., Raulin, M. L., Barrantes-Vidal, N. (2021). *Multidimensional Schizotypy Scale Manual v2.9*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/bhrtc>.
- Lee, C. U., Shenton, M. E., Salisbury, D. F., Kasai, K., Onitsuka, T., Dickey, C. C., Yurgelun-Todd, D., Kikinis, R., Jolesz, F. A., McCarley, R. W. (2002). Fusiform gyrus volume reduction in first-episode schizophrenia: a magnetic resonance imaging study. *Archives of general psychiatry* 59 (9), 775–781.
<https://doi.org/10.1001/archpsyc.59.9.775>.
- Lehrl, S. (2005). *Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest MWT-B*. Balingen, Spitta GmbH.
- Leiner, D. J. (2019). SoSci Survey. Online verfügbar unter www.soscisurvey.de.
- Lenzenweger, M. F. (2010). *Schizotypy and schizophrenia. The view from experimental psychopathology*. New York, Guilford Press.
- Lenzenweger, M. F. (2018). *Schizotypy, Schizotypic Psychopathology, and Schizophrenia: Hearing Echoes, Leveraging Prior Advances, and Probing New Angles*. *Schizophrenia Bulletin* 44 (suppl. 2), 564-569.
<https://doi.org/10.1093/schbul/sby083>.
- Li, H., Chan, R. C. K., McAlonan, G. M., Gong, Q. (2010). Facial emotion processing in schizophrenia: a meta-analysis of functional neuroimaging data. *Schizophrenia Bulletin* 36 (5), 1029–1039.
<https://doi.org/10.1093/schbul/sbn190>.
- Lieb, K. (Hg.) (2023). *Intensivkurs Psychiatrie und Psychotherapie*. 10. Aufl. München, Deutschland, Elsevier.

- Lieslehto, J., Kiviniemi, V. J., Nordström, T., Barnett, J. H., Murray, G. K., Jones, P. B., Paus, T., Veijola, J. (2019). Polygenic Risk Score for Schizophrenia and Face-Processing Network in Young Adulthood. *Schizophrenia Bulletin* 45 (4), 835–845.
<https://doi.org/10.1093/schbul/sby139>.
- Löhrs, L., Hasan, A. (2019). Risikofaktoren für die Entstehung und den Verlauf der Schizophrenie. *Fortschritte der Neurologie · Psychiatrie* 87 (2), 133–143.
<https://doi.org/10.1055/a-0836-7839>.
- Lovatt, A., Mason, O., Brett, C., Peters, E. (2010). Psychotic-like experiences, appraisals, and trauma. *The Journal of Nervous and Mental Disease* 198 (11), 813–819.
<https://doi.org/10.1097/NMD.0b013e3181f97c3d>.
- Luders, E., Thompson, P. M., Narr, K. L., Toga, A. W., Jäncke, L., Gaser, C. (2006). A curvature-based approach to estimate local gyrification on the cortical surface. *NeuroImage* 29 (4), 1224–1230.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.08.049>.
- Lukow, P. B., Kiemes, A., Kempton, M. J., Turkheimer, F. E., McGuire, P., Modinos, G. (2021). Neural correlates of emotional processing in psychosis risk and onset - A systematic review and meta-analysis of fMRI studies. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 128, 780–788.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.03.010>.
- Lundqvist, D., Flykt, A., Öhman, A. (1998). The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF, CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet, ISBN 91-630-7164-9.
 Online verfügbar unter <https://www.emotionlab.se/kdef/>.
- Maher, S., Ekstrom, T., Holt, D., Ongur, D., Chen, Y. (2016). The Core Brain Region for Face Processing in Schizophrenia Lacks Face Selectivity. *Schizophrenia*

Bulletin 42 (3), 666–674.

<https://doi.org/10.1093/schbul/sbv140>.

Maher, S., Ekstrom, T., Ongur, D., Levy, D. L., Norton, D. J., Nickerson, L. D., Chen, Y. (2019). Functional disconnection between the visual cortex and right fusiform face area in schizophrenia. *Schizophrenia research* 209, 72–79.

<https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.05.016>.

Maldjian, J. A., Laurienti, P. J., Burdette, J. H. (2004).

Precentral gyrus discrepancy in electronic versions of the Talairach atlas. *NeuroImage* 21 (1), 450–455.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.09.032>.

Maldjian, J. A., Laurienti, P. J., Kraft, R., Burdette, J. H.

(2003). An automated method for neuroanatomic and cytoarchitectonic atlas-based interrogation of fMRI data sets. undefined. Online verfügbar unter

<https://www.semanticscholar.org/paper/An-automated-method-for-neuroanatomic-and-of-fMRI-Maldjian-Laurienti/c6646484cf19abd9eed321ce5abc9574ff8ae11>.

Mandal, M. K., Pandey, R., Prasad, A. B. (1998). Facial

expressions of emotions and schizophrenia: a review.

Schizophrenia Bulletin 24 (3), 399–412.

<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.schbul.a033335>.

Martínez, A., Tobe, R., Dias, E. C., Ardekani, B. A., Veenstra-

Vanderweele, J., Patel, G., Breland, M., Lieval, A.,

Silipo, G., Javitt, D. C. (2019). Differential Patterns of

Visual Sensory Alteration Underlying Face Emotion

Recognition Impairment and Motion Perception Deficits in Schizophrenia and Autism Spectrum Disorder.

Biological Psychiatry 86 (7), 557–567.

<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2019.05.016>.

Mason, O., Claridge, G. (2006). The Oxford-Liverpool

Inventory of Feelings and Experiences (O-LIFE): further description and extended norms. *Schizophrenia research*

82 (2-3), 203–211.

<https://doi.org/10.1016/j.schres.2005.12.845>.

Mason, O., Claridge, G., Jackson, M. (1995). New scales for the assessment of schizotypy. *Personality and Individual Differences* 18 (1), 7–13. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(94\)00132-C](https://doi.org/10.1016/0191-8869(94)00132-C).

McCutcheon, R. A., Reis Marques, T., Howes, O. D. (2020). Schizophrenia-An Overview. *JAMA psychiatry* 77 (2), 201–210.

<https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.3360>.

Meehl, P. E. (1962). Schizotaxia, schizotypy, schizophrenia. *American Psychologist* 17 (12), 827–838.

<https://doi.org/10.1037/h0041029>.

Megreya, A. M. (2016). Face perception in schizophrenia: a specific deficit. *Cognitive neuropsychiatry* 21 (1), 60–72. <https://doi.org/10.1080/13546805.2015.1133407>.

Messaritaki, E., Foley, S., Barawi, K., Ettinger, U., Jones, D. K. (2023). Increased structural connectivity in high schizotypy. *Network neuroscience (Cambridge, Mass.)* 7 (1), 213–233. https://doi.org/10.1162/netn_a_00279.

Mier, D., Eisenacher, S., Rausch, F., Englisch, S., Gerchen, M. F., Zamoscik, V., Meyer-Lindenberg, A., Zink, M., Kirsch, P. (2017). Aberrant activity and connectivity of the posterior superior temporal sulcus during social cognition in schizophrenia. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience* 267 (7), 597–610. <https://doi.org/10.1007/s00406-016-0737-y>.

Modenato, C., Draganski, B. (2015). The concept of schizotypy - A computational anatomy perspective. *Schizophrenia Research: Cognition* 2 (2), 89–92.

<https://doi.org/10.1016/j.scog.2015.05.001>.

- Mohr, C., Claridge, G. (2015). Schizotypy-do not worry, it is not all worrisome. *Schizophrenia Bulletin* 41 (Suppl. 2), S436-43. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbu185>.
- Mørch-Johnsen, L., Jørgensen, K. N., Barth, C., Nerland, S., Bringslid, I. K., Wortinger, L. A., Andreou, D., Melle, I., Andreassen, O. A., Agartz, I. (2023). Thalamic nuclei volumes in schizophrenia and bipolar spectrum disorders - Associations with diagnosis and clinical characteristics. *Schizophrenia research* 256, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2023.04.008>.
- Morgan, C., Fisher, H. L., Hutchinson, G., Kirkbride, J. B., Craig, T. K., Morgan, K. D., Dazzan, P., Boydell, J., Doody, G. A., Jones, P. B., Murray, R. M., Leff, J., Fearon, P. (2009). Ethnicity, social disadvantage and psychotic-like experiences in a healthy population based sample. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 119 (3), 226–235. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.2008.01301.x>.
- Müller, V. I., Höhner, Y., Eickhoff, S. B. (2018). Influence of task instructions and stimuli on the neural network of face processing: An ALE meta-analysis. *Cortex* 103, 240–255. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.03.011>.
- Müsseler, J., Rieger, M. (Hg.) (2017). *Allgemeine Psychologie*. 3. Aufl. Berlin/Heidelberg, Springer.
- Nelson, M. T., Seal, M. L., Pantelis, C., Phillips, L. J. (2013). Evidence of a dimensional relationship between schizotypy and schizophrenia: a systematic review. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 37 (3), 317–327. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.01.004>.
- Nenadić, I., Lorenz, C., Langbein, K., Dietzek, M., Smesny, S., Schönfeld, N., Fañanas, L., Sauer, H., Gaser, C. (2015). Brain structural correlates of schizotypy and psychosis proneness in a non-clinical healthy volunteer sample. *Schizophrenia research* 168 (1-2), 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.06.017>.

- Ogawa, S., Lee, T.-M., Kay, A. R., Tank, D. W. (1990). Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 87 (24), 9868–9872.
<https://doi.org/10.1073/pnas.87.24.9868>.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9 (1), 97–113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4).
- Onitsuka, T., Niznikiewicz, M. A., Spencer, K. M., Frumin, M., Kuroki, N., Lucia, L. C., Shenton, M. E., McCarley, R. W. (2006). Functional and structural deficits in brain regions subserving face perception in schizophrenia. *The American journal of psychiatry* 163 (3), 455–462.
<https://doi.org/10.1176/appi.ajp.163.3.455>.
- Onitsuka, T., Shenton, M. E., Kasai, K., Nestor, P. G., Toner, S. K., Kikinis, R., Jolesz, F. A., McCarley, R. W. (2003). Fusiform gyrus volume reduction and facial recognition in chronic schizophrenia. *Archives of general psychiatry* 60 (4), 349–355.
<https://doi.org/10.1001/archpsyc.60.4.349>.
- O'Toole, A. J., Roark, D. A., Abdi, H. (2002). Recognizing moving faces: a psychological and neural synthesis. *Trends in Cognitive Sciences* 6 (6), 261–266.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)01908-3](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01908-3).
- Otte, M.-L., Schmitgen, M. M., Wolf, N. D., Kubera, K. M., Calhoun, V. D., Fritze, S., Geiger, L. S., Tost, H., Seidl, U. W., Meyer-Lindenberg, A., Hirjak, D., Wolf, R. C. (2023). Structure/function interrelationships and illness insight in patients with schizophrenia: a multimodal MRI data fusion study. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 1–11.
<https://doi.org/10.1007/s00406-023-01566-1>.

- O'Tuathaigh, C. M. P., Dawes, C., Bickerdike, A., Duggan, E., O'Neill, C., Waddington, J. L., Moran, P. M. (2020). Does cannabis use predict psychometric schizotypy via aberrant salience? *Schizophrenia research* 220, 194–200. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2020.03.021>.
- Park, H. Y., Yun, J.-Y., Shin, N. Y., Kim, S.-Y., Jung, W. H., Shin, Y. S., Cho, K. I. K., Yoon, Y. B., Lim, K.-O., Kim, S. N., Kwon, J. S. (2016). Decreased neural response for facial emotion processing in subjects with high genetic load for schizophrenia. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry* 71, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2016.06.014>.
- Perez-Rando, M., Elvira, U. K. A., García-Martí, G., Gadea, M., Aguilar, E. J., Escarti, M. J., Ahulló-Fuster, M. A., Grasa, E., Corripio, I., Sanjuan, J., Nacher, J. (2022). Alterations in the volume of thalamic nuclei in patients with schizophrenia and persistent auditory hallucinations. *NeuroImage: Clinical* 35, 103070. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2022.103070>.
- Pergola, G., Selvaggi, P., Trizio, S., Bertolino, A., Blasi, G. (2015). The role of the thalamus in schizophrenia from a neuroimaging perspective. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 54, 57–75. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.01.013>.
- Pfarr, J.-K., Meller, T., Evermann, U., Sahakyan, L., Kwapil, T. R., Nenadić, I. (2023). Trait schizotypy and the psychosis prodrome: Current standard assessment of extended psychosis spectrum phenotypes. *Schizophrenia research* 254, 208–217. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2023.03.004>.
- Pfarr, J.-K., Nenadić, I. (2020). A multimodal imaging study of brain structural correlates of schizotypy dimensions using the MSS. *Psychiatry research. Neuroimaging* 302,

111104.
<https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2020.111104>.
- Pitcher, D., Walsh, V., Duchaine, B. (2011). The role of the occipital face area in the cortical face perception network. *Experimental Brain Research* 209 (4), 481–493.
<https://doi.org/10.1007/s00221-011-2579-1>.
- Pitcher, D., Walsh, V., Yovel, G., Duchaine, B. (2007). TMS evidence for the involvement of the right occipital face area in early face processing. *Current Biology* 17 (18), 1568–1573. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.07.063>.
- Polner, B., Faiola, E., Urquijo, M. F., Meyhöfer, I., Steffens, M., Rónai, L., Koutsouleris, N., Ettinger, U. (2021). The network structure of schizotypy in the general population. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience* 271 (4), 635–645.
<https://doi.org/10.1007/s00406-019-01078-x>.
- Quintana, J., Wong, T., Ortiz-Portillo, E., Marder, S. R., Mazziotta, J. C. (2003). Right lateral fusiform gyrus dysfunction during facial information processing in schizophrenia. *Biological Psychiatry* 53 (12), 1099–1112.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(02\)01784-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(02)01784-5).
- Rado, S. (1953). Dynamics and classification of disordered behavior. *The American journal of psychiatry* 110 (6), 406–416. <https://doi.org/10.1176/ajp.110.6.406>.
- Raine, A. (1991). The SPQ: a scale for the assessment of schizotypal personality based on DSM-III-R criteria. *Schizophrenia Bulletin* 17 (4), 555–564.
<https://doi.org/10.1093/schbul/17.4.555>.
- Rossion, B., Hanseuw, B., Dricot, L. (2012). Defining face perception areas in the human brain: a large-scale factorial fMRI face localizer analysis. *Brain and cognition* 79 (2), 138–157.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.01.001>.

- Rossion, B., Lochy, A. (2021). Is human face recognition lateralized to the right hemisphere due to neural competition with left-lateralized visual word recognition? A critical review. *Brain Structure and Function*, 1–31. <https://doi.org/10.1007/s00429-021-02370-0>.
- Sadeh, B., Podlipsky, I., Zhdanov, A., Yovel, G. (2010). Event-related potential and functional MRI measures of face-selectivity are highly correlated: a simultaneous ERP-fMRI investigation. *Human brain mapping* 31 (10), 1490–1501. <https://doi.org/10.1002/hbm.20952>.
- Sahakyan, L., Meller, T., Evermann, U., Schmitt, S., Pfarr, J.-K., Sommer, J., Kwapil, T. R., Nenadić, I. (2021). Anterior vs Posterior Hippocampal Subfields in an Extended Psychosis Phenotype of Multidimensional Schizotypy in a Nonclinical Sample. *Schizophrenia Bulletin* 47 (1), 207–218. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbaa099>.
- Schneider, F., Fink, G. R. (Hg.) (2007). *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie. Mit 24 Tabellen.* Berlin, Springer Medizin Verl.
- Scott, J., Chant, D., Andrews, G., McGrath, J. (2006). Psychotic-like experiences in the general community: the correlates of CIDI psychosis screen items in an Australian sample. *Psychological Medicine* 36 (2), 231–238. <https://doi.org/10.1017/S0033291705006392>.
- Sharpley, M. S., Peters, E. R. (1999). Ethnicity, class and schizotypy. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology* 34 (10), 507–512. <https://doi.org/10.1007/s001270050168>.
- Silverstein, S. M., Fradkin, S. I., Demmin, D. L. (2020). Schizophrenia and the retina: Towards a 2020 perspective. *Schizophrenia research* 219, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2019.09.016>.

- Silverstein, S. M., Rosen, R. (2015). Schizophrenia and the eye. *Schizophrenia Research: Cognition* 2 (2), 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.scog.2015.03.004>.
- Skinner, R., Conlon, L., Gibbons, D., McDonald, C. (2011). Cannabis use and non-clinical dimensions of psychosis in university students presenting to primary care. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 123 (1), 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0447.2010.01546.x>.
- Spilka, M. J., Arnold, A. E., Goghari, V. M. (2015). Functional activation abnormalities during facial emotion perception in schizophrenia patients and nonpsychotic relatives. *Schizophrenia research* 168 (1-2), 330–337. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2015.07.012>.
- Takahashi, T., Zhou, S.-Y., Nakamura, K., Tanino, R., Furuichi, A., Kido, M., Kawasaki, Y., Noguchi, K., Seto, H., Kurachi, M., Suzuki, M. (2011). A follow-up MRI study of the fusiform gyrus and middle and inferior temporal gyri in schizophrenia spectrum. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry* 35 (8), 1957–1964. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2011.07.009>.
- Thomas, E. H., Rossell, S. L., Tan, E. J., Neill, E., van Rheenen, T. E., Carruthers, S. P., Sumner, P. J., Louise, S., Bozaoglu, K., Gurvich, C. (2019). Do schizotypy dimensions reflect the symptoms of schizophrenia? *The Australian and New Zealand journal of psychiatry* 53 (3), 236–247. <https://doi.org/10.1177/0004867418769746>.
- Tonini, E., Quidé, Y., Kaur, M., Whitford, T. J., Green, M. J. (2021). Structural and functional neural correlates of schizotypy: A systematic review. *Psychological bulletin* 147 (8), 828–866. <https://doi.org/10.1037/bul0000260>.
- Trull, T. J., Durrett, C. A. (2005). Categorical and dimensional models of personality disorder. *Annual Review of Clinical Psychology* 1 (1), 355–380.

- Ungerleider, L. G. (1994). 'What' and 'where' in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology* 4 (2), 157–165.
[https://doi.org/10.1016/0959-4388\(94\)90066-3](https://doi.org/10.1016/0959-4388(94)90066-3).
- van de Mortel, T. F. (2008). Faking It: Social Desirability Response Bias in Self-report Research. *Australian Journal of Advanced Nursing* 25 (4), 40–48.
- van Erp, T. G. M., Walton, E., Hibar, D. P., Schmaal, L., Jiang, W., Glahn, D. C., Pearlson, G. D., Yao, N., Fukunaga, M., Hashimoto, R., Okada, N., Yamamori, H., Bustillo, J. R., Clark, V. P., Agartz, I., Mueller, B. A., Cahn, W., Zwarte, S. M. C. de, Hulshoff Pol, H. E., Kahn, R. S., Ophoff, R. A., van Haren, N. E. M., Andreassen, O. A., Dale, A. M., Doan, N. T., Gurholt, T. P., Hartberg, C. B., Haukvik, U. K., Jørgensen, K. N., Lagerberg, T. V., Melle, I., Westlye, L. T., Gruber, O., Kraemer, B., Richter, A., Zilles, D., Calhoun, V. D., Crespo-Facorro, B., Roiz-Santiañez, R., Tordesillas-Gutiérrez, D., Loughland, C., Carr, V. J., Catts, S., Croypley, V. L., Fullerton, J. M., Green, M. J., Henskens, F. A., Jablensky, A., Lenroot, R. K., Mowry, B. J., Michie, P. T., Pantelis, C., Quidé, Y., Schall, U., Scott, R. J., Cairns, M. J., Seal, M., Tooney, P. A., Rasser, P. E., Cooper, G., Shannon Weickert, C., Weickert, T. W., Morris, D. W., Hong, E., Kochunov, P., Beard, L. M., Gur, R. E., Gur, R. C., Satterthwaite, T. D., Wolf, D. H., Belger, A., Brown, G. G., Ford, J. M., Macciardi, F., Mathalon, D. H., O'Leary, D. S., Potkin, S. G., Preda, A., Voyvodic, J., Lim, K. O., McEwen, S., Yang, F., Tan, Y., Tan, S., Wang, Z., Fan, F., Chen, J., Xiang, H., Tang, S., Guo, H., Wan, P., Wei, D., Bockholt, H. J., Ehrlich, S., Wolthuisen, R. P. F., King, M. D., Shoemaker, J. M., Sponheim, S. R., Haan, L. de, Koenders, L., Machielsen,

M. W., van Amelsvoort, T., Veltman, D. J., Assogna, F., Banaj, N., Rossi, P. de, Iorio, M., Piras, F., Spalletta, G., McKenna, P. J., Pomarol-Clotet, E., Salvador, R., Corvin, A., Donohoe, G., Kelly, S., Whelan, C. D., Dickie, E. W., Rotenberg, D., Voineskos, A. N., Ciufolini, S., Radua, J., Dazzan, P., Murray, R., Reis Marques, T., Simmons, A., Borgwardt, S., Egloff, L., Harrisberger, F., Riecher-Rössler, A., Smieskova, R., Alpert, K. I., Wang, L., Jönsson, E. G., Koops, S., Sommer, I. E. C., Bertolino, A., Bonvino, A., Di Giorgio, A., Neilson, E., Mayer, A. R., Stephen, J. M., Kwon, J. S., Yun, J.-Y., Cannon, D. M., McDonald, C., Lebedeva, I., Tomyshev, A. S., Akhadov, T., Kaleda, V., Fatouros-Bergman, H., Flyckt, L., Busatto, G. F., Rosa, P. G. P., Serpa, M. H., Zanetti, M. V., Hoschl, C., Skoch, A., Spaniel, F., Tomecek, D., Hagenaaers, S. P., McIntosh, A. M., Whalley, H. C., Lawrie, S. M., Knöchel, C., Oertel-Knöchel, V., Stäblein, M., Howells, F. M., Stein, D. J., Temmingh, H. S., Uhlmann, A., Lopez-Jaramillo, C., Dima, D., McMahon, A., Faskowitz, J. I., Gutman, B. A., Jahanshad, N., Thompson, P. M., Turner, J. A. (2018). Cortical Brain Abnormalities in 4474 Individuals With Schizophrenia and 5098 Control Subjects via the Enhancing Neuro Imaging Genetics Through Meta Analysis (ENIGMA) Consortium. *Biological Psychiatry* 84 (9), 644–654.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2018.04.023>.

Velthorst, E., Derks, E. M., Schothorst, P., Becker, H., Durston, S., Ziermans, T., Nieman, D. H., Haan, L. de (2013). Quantitative and qualitative symptomatic differences in individuals at Ultra-High Risk for psychosis and healthy controls. *Psychiatry research* 210 (2), 432–437.
<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.07.018>.

- Vesely, S., Klöckner, C. A. (2020). Social Desirability in Environmental Psychology Research: Three Meta-Analyses. *Frontiers in psychology* 11, 1395. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01395>.
- Walther, S., Federspiel, A., Horn, H., Bianchi, P., Wiest, R., Wirth, M., Strik, W., Müller, T. J. (2009). Encoding deficit during face processing within the right fusiform face area in schizophrenia. *Psychiatry research* 172 (3), 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2008.07.009>.
- Wang, Y., Li, Z., Liu, W., Wei, X., Jiang, X., Lui, S. S. Y., Ho-Wai So, S., Cheung, E. F. C., Debbané, M., Chan, R. C. K. (2018). Negative Schizotypy and Altered Functional Connectivity During Facial Emotion Processing. *Schizophrenia Bulletin* 44 (suppl_2), S491-S500. <https://doi.org/10.1093/schbul/sby036>.
- Wang, Y., Yan, C., Yin, D., Fan, M., Cheung, E. F. C., Pantelis, C., Chan, R. C. K. (2015). Neurobiological changes of schizotypy: evidence from both volume-based morphometric analysis and resting-state functional connectivity. *Schizophrenia Bulletin* 41 Suppl 2 (Suppl 2), S444-54. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbu178>.
- Wang, Y.-M., Cai, X.-L., Zhang, R.-T., Zhang, Y.-J., Zhou, H.-Y., Wang, Y., Wang, Y., Huang, J., Wang, Y.-Y., Cheung, E. F. C., Chan, R. C. K. (2022). Altered brain structural and functional connectivity in schizotypy. *Psychological Medicine* 52 (5), 834–843. <https://doi.org/10.1017/S0033291720002445>.
- Wiebels, K., Waldie, K. E., Roberts, R. P., Park, H. R. P. (2016). Identifying grey matter changes in schizotypy using partial least squares correlation. *Cortex* 81, 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.011>.
- Williams, B. T., Henry, J. D., Green, M. J. (2007). Facial affect recognition and schizotypy. *Early Intervention in*

- Psychiatry 1 (2), 177–182.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-7893.2007.00023.x>.
- Wittchen, H.-U., Zaudig, M., Fydrich, T. (1997). SKID. Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV. Achse I und II. Handanweisung. Hogrefe.
- Wolf, R. C., Rashidi, M., Fritze, S., Kubera, K. M., Northoff, G., Sambataro, F., Calhoun, V. D., Geiger, L. S., Tost, H., Hirjak, D. (2020). A Neural Signature of Parkinsonism in Patients With Schizophrenia Spectrum Disorders: A Multimodal MRI Study Using Parallel ICA. *Schizophrenia Bulletin* 46 (4), 999–1008.
<https://doi.org/10.1093/schbul/sbaa007>.
- Wright, A. C., Cather, C., Farabaugh, A., Terechina, O., Pedrelli, P., Nyer, M., Fava, M., Holt, D. J. (2021). Relationship between cannabis use and psychotic experiences in college students. *Schizophrenia research* 231, 198–204.
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2021.04.004>.
- Yan, Z., Schmidt, S. N. L., Frank, J., Witt, S. H., Hass, J., Kirsch, P., Mier, D. (2020). Hyperfunctioning of the right posterior superior temporal sulcus in response to neutral facial expressions presents an endophenotype of schizophrenia. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology* 45 (8), 1346–1352.
<https://doi.org/10.1038/s41386-020-0637-8>.
- Yoon, J. H., D'Esposito, M., Carter, C. S. (2006). Preserved function of the fusiform face area in schizophrenia as revealed by fMRI. *Psychiatry research* 148 (2-3), 205–216. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2006.06.002>.
- Yotter, R. A., Dahnke, R., Thompson, P. M., Gaser, C. (2011a). Topological correction of brain surface meshes using spherical harmonics. *Human brain mapping* 32 (7), 1109–1124. <https://doi.org/10.1002/hbm.21095>.

- Yotter, R. A., Nenadić, I., Ziegler, G., Thompson, P. M., Gaser, C. (2011b). Local cortical surface complexity maps from spherical harmonic reconstructions. *NeuroImage* 56 (3), 961–973.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.02.007>.
- Zammit, S., Odd, D., Horwood, J., Thompson, A., Thomas, K., Menezes, P., Gunnell, D., Hollis, C., Wolke, D., Lewis, G., Harrison, G. (2009). Investigating whether adverse prenatal and perinatal events are associated with non-clinical psychotic symptoms at age 12 years in the ALSPAC birth cohort. *Psychological Medicine* 39 (9), 1457–1467.
<https://doi.org/10.1017/S0033291708005126>.
- Zhang, T., Yang, Y., Xu, L., Tang, X., Hu, Y., Xiong, X., Wei, Y., Cui, H., Tang, Y., Liu, H., Chen, T., Liu, Z., Hui, L., Li, C., Guo, X., Wang, J. (2022). Inefficient integration during multiple facial processing in pre-morbid and early phases of psychosis. *The world journal of biological psychiatry : the official journal of the World Federation of Societies of Biological Psychiatry* 23 (5), 361–373.
<https://doi.org/10.1080/15622975.2021.2011402>.
- Zhang, X., Yao, J., Lv, Y., Zhao, X., Li, Y., Sui, Y., Zhiping, D. (2018). An Association Study on the Cognitive Function and the Cerebral Grey Matter Volume of Patients with First-Episode Schizophrenia. *Shanghai Archives of Psychiatry* 30 (3), 154–167.
<https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.217138>.
- Zouraraki, C., Karamaouna, P., Giakoumaki, S. G. (2023). Facial emotion recognition and schizotypal traits: A systematic review of behavioural studies. *Early Intervention in Psychiatry* 17 (2), 121–140.
<https://doi.org/10.1111/eip.13328>.

Anhang

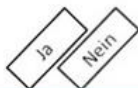
Multidimensional Schizotypy Scale (deutsche Version) mit verwendetem Instruktionstext

Bitte lesen Sie die folgenden Anweisungen, bevor Sie den Fragebogen ausfüllen:

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf eine breite Spanne von menschlichen Einstellungen, Erfahrungen und Überzeugungen. Bitte nehmen Sie zu jeder Aussage so Stellung, wie es jeweils am ehesten auf Sie zutrifft. Es gibt hierbei keine richtigen oder falschen Angaben.

Beantworten Sie jede Frage bitte mit JA oder NEIN und markieren Sie das entsprechende Antwortfeld. Denken Sie bitte nicht lange über Ihre Antworten nach, sondern wählen Sie die Antwort, die Ihnen als erste in den Sinn kommt.

Wir danken Ihnen im Voraus für Ihre Mühe, Zeit und Unterstützung!



1.	Im Laufe meines Lebens habe ich festgestellt, dass ich nur selten starke positive oder negative Gefühle erlebe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ich habe manchmal das Gefühl, dass Fremde meine Gedanken lesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Meine Gedanken und mein Verhalten sind fast immer unstrukturiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Es ist mir fast immer lieber, mit anderen gemeinsam zu essen als allein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Ich glaube, dass ich die Gedanken anderer Leute lesen könnte, wenn ich es wirklich versuchen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Wenn ich von anderen etwas gefragt werde, weiß ich oft nicht, worauf sie hinauswollen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Es ist mir grundsätzlich wichtig, enge Beziehungen mit anderen zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Ich meine oft, Menschen sprechen zu hören, und stelle dann fest, dass eigentlich niemand da ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Es fällt mir meistens sehr schwer, meine Gedanken zu sortieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Es tut mir gut, einfach mit anderen Leuten zusammen zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Ich habe manchmal das ungute Gefühl, von Menschen, die ich auf der Straße sehe, ausspioniert zu werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Meine Gedanken kommen mir meistens klar und geordnet vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Es ist mir schon immer lieber gewesen, mit der Welt nichts zu tun zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Ich habe schon das Gefühl gehabt, dass Botschaften für mich in der Anordnung von Gegenständen enthalten sind; z.B. den Möbeln in einem Raum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Es fällt mir oft schwer, dem zu folgen, was mir ein anderer sagt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	Ich spüre selten starke Emotionen, sogar in Situationen, in denen andere Leute es üblicherweise tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Ich habe schon das ungute Gefühl gehabt, dass Geschehnisse auf der Erde von Bewohnern anderer Planeten beeinflusst werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	Es fällt mir schwer, beim Sprechen bei der Sache zu bleiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	Wenn ich die Wahl habe, bin ich lieber in Gesellschaft als alleine.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	Ich glaube, dass Träume magische Eigenschaften haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.	Ich bin oft so durcheinander, dass es mir schwer fällt zu funktionieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	Wenn ich an einen neuen Ort ziehe, will ich unbedingt neue Freunde finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



23	Ich hatte schon das Gefühl, dass etwas außerhalb meines Körpers zu meinem Körper gehörte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	Wenn ich etwas erledigen will, komme ich oft durcheinander und fange an, etwas anderes zu tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	Ich habe in meinem Leben nur sehr wenige Dinge aufregend oder interessant gefunden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	Ich frage mich manchmal, ob das Verhalten aller Leute durch eine kleine Gruppe von Personen kontrolliert werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	Meine Gedanken sind so diffus und unübersichtlich, dass ich wünschte, sie mit einem Handgriff sortieren zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	Bevorstehende Ereignisse erfüllen mich häufig mit Vorfreude.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	Ich glaube, dass Geister oder Seelen mein Leben beeinflussen können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	Ich merke häufig, dass was ich sage für andere keinen Sinn ergibt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	Enge Freunde zu haben ist nicht so wichtig wie die Leute sagen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	Es gab Momente, in denen ich das Gefühl hatte, andere Menschen seien durch einen Doppelgänger ersetzt worden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	Meine Gedanken und mein Verhalten fühlen sich willkürlich und ziellos an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	Obwohl ich manches gerne alleine mache, bereitet es mir üblicherweise mehr Spaß, etwas mit anderen zu unternehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	Ich habe gelegentlich das Gefühl, dass meine Gedanken nicht meine eigenen sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36	Es fällt mir schwer, Angelegenheiten zu erledigen, weil mir so häufig Dinge entfallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	Im Allgemeinen habe ich nicht viele Gedanken oder Emotionen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	Ich habe gelegentlich das Gefühl, von jemandem berührt zu werden, obwohl niemand da ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	Egal wie sehr ich mich bemühe, ich kann meine Gedanken nicht sortieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	Ich habe wenig bis kein Interesse an Sex oder romantischen Beziehungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41	Ich entdecke oft versteckte Bedeutungen oder Drohungen in dem, was andere sagen oder tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42	Ich bin oft nicht in der Lage, etwas zu tun, weil ich mich mit der Welt so wenig verbunden fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43	Ich habe mein ganzes Leben über wenig Interesse an romantischen Verabredungen oder Beziehungen gehabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44	Ich habe schon Wahrsagung, außersinnliche Wahrnehmung oder einen siebten Sinn erlebt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45	Ich merke, dass ich oft durch das verwirrt bin, was um mich herum vorgeht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46	Ich lerne gerne Leute kennen und schließe gerne neue Freundschaften.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



47	Wenn ich gewöhnliche Objekte ansehe, erscheinen sie mir manchmal seltsam oder unwirklich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	Es fällt mir oft schwer, ausreichend strukturiert zu bleiben, um einfache Aufgaben des Tages zu erledigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49	Ich habe die meiste Zeit das Bedürfnis, mit anderen Leuten verbunden zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50	Ich mache mir oft Sorgen, dass andere es auf mich abgesehen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51	Anderer Menschen finden mich in Gesprächen verwirrend oder haben Schwierigkeiten mir zu folgen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52	Es war mir nie wichtig, mich auf andere Menschen einzulassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
53	Ich habe gelegentlich das Gefühl gehabt, mein Körper würde nicht existieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54	Ich habe aufgrund meiner fehlenden Organisation häufig Schwierigkeiten, Dinge zu erledigen, die ich erledigen sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
55	Es gibt nicht viele Dinge, die ich jemals wirklich gerne getan habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56	Manche Menschen müssen nur an mich denken, damit ich mir ihrer bewusst werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
57	Es ist fast immer schwer, meinen Gedanken zu folgen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
58	Es bereitet mir große Freude, neue Orte zu besuchen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
59	Es gab Momente, in denen ich mich nicht wie ein menschliches Wesen gefühlt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
60	Selbst wenn ich genug Zeit habe, gelingt es mir kaum, meine Gedanken zu sortieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
61	Ich bin im Allgemeinen nicht daran interessiert, anderen emotional nahezustehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
62	Ich glaube, es gibt geheime Zeichen in der Welt, wenn man nur weiß, worauf man achten muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
63	Es fällt mir häufig schwer, das zu organisieren, was ich gerade tun sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
64	Es gibt wenig, für das ich mich interessiere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
65	Ich habe gelegentlich den Eindruck, eine andere Person zu sehen, obwohl eigentlich niemand da ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
66	Meine Gedanken kommen mir meistens unscharf und verschwommen vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
67	Unabhängig davon, was um mich herum geschieht, sind meine Gefühle fast immer eher flach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
68	Ich mache mir häufig Sorgen, dass mein Verhalten von irgendwem oder irgendetwas kontrolliert wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
69	Ich habe Schwierigkeiten, Gesprächen mit anderen zu folgen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
70	Es hat mir noch nie viel bedeutet, enge Beziehungen zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



71	Ich habe manchmal das Gefühl, dass in einer Fernsehsendung oder einem Film eine besondere Nachricht nur für mich enthalten ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
72	Meine Gedanken fühlen sich häufig so durcheinander an, dass ich Schwierigkeiten habe, irgendwas zu tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
73	Ich habe mich im Laufe meines Lebens nur für sehr wenig interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
74	Ich frage mich oft, ob alle Menschen auf der Welt Teil eines geheimen Experiments sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
75	Es fällt mir üblicherweise leicht, Gesprächen zu folgen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
76	Es ist mir wichtig, Zeit mit meiner Familie und engen Freunden zu verbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
77	Ich frage mich gelegentlich, ob mein Körper tatsächlich mein eigener ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Edinburgh Handedness Inventory (deutsche Version)

mit verwendetem Instruktionstext

Edinburgh Händigkeitinventar

Bitte sagen Sie uns, welche Hand Sie bei den unten genannten Tätigkeiten bevorzugen, indem Sie ein + in das entsprechende Kästchen setzen.

Wenn Sie bei einer Tätigkeit ausschließlich die eine Hand nehmen und niemals die andere, kennzeichnen Sie dies bitte durch zwei + + .

Wenn Sie sich nicht entscheiden können, welche Hand Sie bevorzugen, setzen Sie bitte ein + in beide Kästchen. Bitte versuchen Sie, alle Fragen zu beantworten.

Welche Hand nehmen Sie...	linke Hand	rechte Hand
1 ... zum Schreiben?		
2 ... zum Malen?		
3 ... zum Werfen?		
4 ... zum Schneiden mit der Schere?		
5 ... zum Zähneputzen?		
6 ... wenn Sie ein Messer halten (ohne Gabel)?		
7 ... wenn Sie einen Löffel halten?		
8 ... nach oben, wenn Sie einen Besen halten?		
9 ... um das Streichholz zu halten, wenn Sie es anzünden?		
10 ... um den Deckel von einer Schachtel zu nehmen?		

Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest

(deutsche Version) mit verwendetem Instruktionstext

MWT-B

Anweisung: Sie sehen hier mehrere Reihen mit Wörtern. In jeder Reihe steht nur ein Wort, das Ihnen vielleicht bekannt ist. Wenn Sie es gefunden haben, streichen Sie es bitte durch.

1. Nale - Sahe - Nase - Nesa - Sehna
2. Funktion - Kuntion - Finzahn - Tuntion - Tunkion
3. Struk - Streik - Sturk - Streck - Kreik
4. Kulinse - Kulerane - Kulisse - Klubihle - Kubistane
5. Kenekel - Gesonk - Kelume - Gelenk - Gelerge
6. sizio - salzahl - sozihl - sziam - sozial
7. Sympasie - Symmofeltrie - Symmantrie - Symphonie - Symplanie
8. Umma - Pamme - Nelle - Ampe - Amme
9. Krusse - Surke - Krustelle - Kruste - Struke
10. Kirse - Sirke - Krise - Krospe - Serise
11. Tinxur - Kukutur - Fraktan - Tinktur - Rimsuhr
12. Unfision - Fudision - Infusion - Syntusion - Nuridion
13. Feudasmus - Fonderismus - Föderalismus - Födismus - Förderasmus
14. Redor - Radium - Terion - Dramin - Orakium
15. kentern - knerte - kanzen - kretern - trekern
16. Kantate - Rakante - Kenture - Krutehne - Kallara
17. schalieren - waschieren - wakieren - schackieren - kaschieren
18. Tuhl - Lar - Lest - Dall - Lid
19. Dissonanz - Diskrisanz - Distranz – Dinotanz - Siodenz
20. Ferindo - Inferno - Orfina - Firanetto - Imfindio
21. Rilkiase - Kilister - Riliker - Klistier - Linkure
22. kurinesisch - kulinarisch - kumensisch - kulissarisch - kannastrisch
23. Rosto - Torso - Soro - Torgos - Tosor
24. Kleiber - Beikel - Keibel - Reikler - Biekerl
25. Ralke - Korre - Ruckse - Recke - Ulte
26. Lamone - Talane - Matrone - Tarone - Malonte

MWT-B

27. Tuma - Umat - Maut - Taum - Muta
28. Sorekin - Sarowin - Rosakin - Narosin - Kerosin
29. beralen - gerältet - anälteren - untären - verbrämen
30. Kapaun - Paukan - Naupack - Aupeck - Ankepran
31. Sickaber - Bassiker - Kassiber - Sassiker - Askiber
32. Pucker - Keuper - Eucker - Reuspeck - Urkane
33. Spirine - Saprin - Parsin - Purin - Asprint
34. Kulon - Solgun - Koskan - Soran - Klonus
35. Adept - Padet - Edapt - Epatt - Taped
36. Gindelat - Tingerat - Indigenat - Nitgesaar - Ringelaar
37. Berkizia - Brekzie - Birakize - Brikazie - Bakiria

Verzeichnis der akademischen Lehrer:innen

Meine akademischen Lehrenden waren in Marburg:

- Prof. Dr. med. Rene Aigner
- Dr. med. Christian Arndt
- PD Dr. Christian Bauer
- Prof. Dr. Stefan Bauer
- Prof. Dr. med. Detlef K. Bartsch
- Prof. Dr. med. Annette Becker
- Prof. Dr. med. Katja Becker
- Prof. Dr. Stephan Becker
- Prof. Dr. Sven Bogdan
- Dr. Gabriel A. Bonaterra
- apl. Prof. Dr. med. Stefan Bösner
- Prof. Dr. Alexander Brehm
- Prof. Dr. med. Nicole Cabanel
- Dr. Werner de Cruppé
- Prof. Dr. med. Frank Czubayko
- Prof. Dr. Niels Decher
- Prof. Dr. med. Carsten Denkert
- PD Dr. med. Irina Falkenberg
- Prof. Dr. Max Geraedts
- PD Dr. med. Tamer Ghazy
- Prof. Dr. C. Görg

- Prof. Dr. Thomas M. Gress
- Prof. Dr.med. Frank Günther
- Prof. Dr. med. Michael Hertl
- Univ.-Prof. Dr. med. Katharina Holzer
- Dr. med. Ulrike Homm
- Prof. Dr. med. Joachim Hoyer
- Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Andreas Jansen
- Dr. med. Malin Jansen
- Prof. Dr. med. Andreas Jenke
- Prof. Dr. med. Matthias Kalder
- Dr. med. Veit Kanngießner
- Dr. med. Corinna Keber
- Prof. Dr. Ralf Kinscherf
- Univ.-Prof. Dr. med. Tilo Kircher
- Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Kirschbaum
- Dr. med. Ina Kluge
- Univ.-Prof. Dr. med. Susanne Knake
- Dr. med. Christine Köhler
- Dr. med. Siegmund Köhler
- Prof. Dr. med. Martin Kömhoff
- Prof. Dr. med. Maritta Kühnert
- Prof. Dr. Roland Lill
- Prof. Dr. med. Michael Lohoff

- Dr. med. Ulrich Lüsebrink
- Prof. Dr. med. Andreas H. Mahnken
- Prof. Dr. Andrea Maisner
- Dr. Wiebke Milani
- Univ.-Prof. Dr. med. Igor Nenadić
- Prof. Dr. med. Andreas Neubauer
- Prof. Dr. Johannes Oberwinkler
- Prof. Dr. Dominik Oliver
- Prof. Dr. Axel Pagenstecher
- PD Dr. med. Christoph Paul
- PD Dr. David Pedrosa
- Prof. Dr. Timothy D. Plant
- Dr. med. Steffen Tonio Pöttgen
- PD Dr. Regina Preisig-Müller
- Dr. Vijay Renigunta
- Dr. med. Kirsten Renke
- Prof. Dr. Harald Renz
- Dr. Birgit Rost
- Univ.-Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz
- Prof. Dr. Marco Rust
- Dr. Martin Schäfer
- Prof. Dr. med. Bernhard Schieffer
- Dr. med. Ulrich Schu

- Prof. Dr. Burkhard Schütz
- Dr. rer. physiol. Anja Schwarz
- Univ.-Prof. Dr. med. Guido Seitz
- Univ-Prof. Dr. med. Walter Sekundo
- Dr. med. Selim Sevinc
- Dr. med. Ole Simon
- Priv.-Doz. Dr.med. Frank Sommer
- Prof. Dr. Dipl.-Psych. Benjamin Straube
- Univ.-Prof. Dr. med. Boris A. Stuck
- Prof. Dr. Kati Thieme
- Univ.-Prof. Dr. med. Lars Timmermann
- Prof. (apl.) Dr. Oleg Timofeev
- Priv. Doz. Dr. med. Corinna Trenker
- PD Dr. med. Reza Vahdad
- Univ.- Prof. Dr. med. Claus Franz Vogelmeier
- Dr. med. Benjamin Vojnar
- Prof. Dr. med. Dipl.-Phys. Hilke Vorwerk
- Dr. med. Christian Wächter
- Dr. med. Tilman Wächtershäuser
- Prof. Dr. med. Uwe Wagner
- Prof. Dr. Eberhard Weihe
- PD Dr. Reiner Westermann
- Prof. Dr. Thomas Worzfeld

- Dr. Christian Wrocklage
- Prof. Dr. med. Hinnerk Wulf
- Dr. med. Ewgeni Ziring

Danksagung

Ich möchte die Gelegenheit nutzen und mich bei einigen Personen bedanken, die mich auf meinem bisherigen Weg begleitet und mir Unterstützung auf allen Ebenen zukommen ließen.

An erster Stelle möchte ich meinem Doktorvater, Prof. Dr. Igor Nenadić, für die intensive Betreuung, fachliche Unterstützung und das stetige Feedback, danken. Vielen Dank für die spannende und lehrreiche Zeit in Ihrer AG, für all die Erfahrungen, die ich sammeln durfte, für Ihre Zeit, die Sie in mich investiert und das Vertrauen, das Sie mir entgegengebracht haben.

Ich möchte mich bei allen weiteren Personen, insbesondere den Mitgliedern der Prüfungskommission bedanken, die Zeit und Mühe aufgewendet haben um sich mit meiner Doktorarbeit zu befassen.

Ich möchte mich auch bei der ganzen „StUHR-AG“ für die tolle Stimmung, die kollegiale Unterstützung, die vielen gemeinsamen Stunden beim Rekrutieren, Messen und Auswerten bedanken. Ein ganz besonderer Dank geht an die wundervolle Dr. Tina Meller, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Vielen Dank für deine wunderbare Begleitung, deine fachliche Kompetenz, die unendliche Geduld,

die Möglichkeit sämtliche Fragen zu stellen und die vielen aufmunternden und optimistischen Worte!

Von Herzen möchte ich meiner Familie für ihr stetiges Interesse und die Unterstützung danken, ohne die mein ganzes Studium und auch diese Doktorarbeit so nicht möglich gewesen wären. Durch euer Vertrauen habt ihr mir das Gefühl gegeben alle meine Ziele erreichen zu können und mir geholfen stets einen positiven und optimistischen Blick zu bewahren. Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Schwester Sarah bedanken, die mir all die Jahre sowohl mit ihrem fachlichen Rat, als auch emotional beigestanden hat.

Ein weiteres großes Dankeschön geht an Paul. Vielen Dank, dass du mich die ganzen Jahre mit einem offenen Ohr begleitest, dir immer wieder meine Gedanken angehört, mir Mut zugesprochen, mich aufgemuntert und an mich geglaubt hast!