

Aus dem Institut für Anatomie I
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Leiterin: Univ. Prof. Dr. med. Dr. rer. pol. Svenja Caspers

Der Zusammenhang von *resting-state* Netzwerken und Persönlichkeit
bei älteren Erwachsenen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin / der Medizinischen Fakultät der Heinrich-
Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Lisa Haddad
2025

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachterin: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. rer. pol. Svenja Caspers

Zweitgutachterin: Univ.-Prof. Dr. med. Eva Meisenzahl-Lechner

Widmung

Ich widme diese Arbeit meiner Mutter, vor allem, weil sie mir gezeigt hat, dass es im Leben nicht darauf ankommt, was man hat, sondern was man daraus macht.

Zusammenfassung

Das menschliche Gehirn zeigt im Alter eine bemerkenswerte Variabilität in seiner Struktur und Funktion, die nicht allein durch das chronologische Alter erklärt werden kann. Diese interindividuellen Unterschiede sind Gegenstand aktueller Forschung, da sie Hinweise auf den Einfluss zusätzlicher Faktoren wie Lebensstil, genetische Veranlagung oder psychologische Merkmale bieten können. Besonders die Rolle der Persönlichkeit in Bezug auf die Hirnarchitektur und die Konnektivität von Ruhenetzwerken rückt zunehmend in den Vordergrund und wird als möglicher Faktor für Veränderungen diskutiert. Persönlichkeit ist ein stabiles Konstrukt, das über lange Zeiträume hinweg konstant bleibt und mit vielen Aspekten des Lebens Zusammenhänge zeigt, wie Gesundheit, Wohlbefinden und der Anfälligkeit für Krankheiten. Ob ein Zusammenhang zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und der funktionellen Konnektivität des Gehirns, insbesondere in den Ruhenetzwerken existiert, ist bisher nicht hinreichend untersucht und Ziel dieser Arbeit.

724 Personen im Alter von 55 bis 85 Jahren wurden untersucht, um den Zusammenhang zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und der funktionellen Konnektivität im Ruhezustand zu beleuchten. Zur Erfassung der Persönlichkeit wurde das Freiburger Persönlichkeitsinventar mit 138 Items verwendet, während die funktionelle Konnektivität mittels eines 3T-MRT-Scanners und graphentheoretischen Methoden analysiert wurde. Besondere Aufmerksamkeit galt dabei der *within*- und *inter*-Netzwerk Konnektivität sowie einem Verhältniswert (*ratio-score*) dieser beiden, der die Integration und Segregation der Ruhenetzwerke beschreibt. Dabei bedeutet ein höherer *ratio-score* eine maximale Segregation und minimale Integration, sprich ein höheres Maß an Konnektivität innerhalb eines Ruhenetzwerkes im Verhältnis zu allen anderen Ruhenetzwerken. Ein niedriger Wert zeigt hingegen eine maximale Integration und minimale Segregation an, sprich ein höheres Maß an Verbindungen eines Netzwerkes zu allen anderen Ruhenetzwerken im Verhältnis zu sich selbst. Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht und Bildungsgrad wurden als Störvariablen kontrolliert. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen unter anderem, dass Menschen mit höherer Lebenszufriedenheit eine stärkere Segregation des sensomotorischen Netzwerks und des Default Mode Netzwerks aufweisen, während eher neurotizistische Merkmale mit einem höheren Maß an Integration im Default Mode Netzwerk, dem Limbischen Netzwerk und den Aufmerksamkeitsnetzwerken wie dem Frontoparietalen und Ventral Attention Netzwerk einhergehen. Diese Unterschiede in der Hirnarchitektur lassen sich möglicherweise durch unterschiedliche kognitive und soziale Verarbeitung erklären, die von verschiedenen Persönlichkeitstypen gefordert wird. Dieser Forschungsansatz soll zum Verständnis der Hirnarchitektur im Hinblick auf die Persönlichkeit im natürlichen Alterungsprozess beitragen.

Abstract

The human brain exhibits remarkable variability in its structure and function with aging, which cannot be explained only by chronological age. These interindividual differences are the focus of current research, as they may provide insights into the influence of additional factors such as lifestyle, genetic predisposition, or psychological traits. Particularly, the role of personality in relation to brain architecture and the connectivity of resting-state networks is gaining increasing attention. Personality is a stable construct that remains relatively constant over long periods of time and is associated with many aspects of life, such as health, well-being, and susceptibility to diseases. Whether there is a connection between personality traits and the functional connectivity of the brain, especially in the resting-state networks, has not yet been sufficiently investigated and is the aim of this study.

724 individuals aged 55 to 85 years were examined to explore the relationship between personality traits and resting-state functional connectivity. Personality was assessed using the Freiburg Personality Inventory with 138 items, while functional connectivity was analyzed using a 3T MRI scanner and graph theoretical method. Special attention was given to *within*- and *inter*-network connectivity as well as a *ratio-score* between the two describing integration and segregation of resting-state networks. A higher ratio score means maximum segregation and minimum integration, i.e. a higher degree of connectivity within a resting network in relation to all other resting networks. A lower value, on the other hand, indicates maximum integration and minimum segregation, i.e. a higher degree of connectivity of a network to all other resting networks in relation to itself.

Potential confounding factors such as age, gender, and education level were controlled for.

The results of this study show, among other things, that people with higher life satisfaction show a stronger segregation of the sensorimotor network and the default mode network, while more neuroticistic traits show a higher degree of integration in the default mode network, the limbic network and the attention networks such as the frontoparietal and ventral attention network. These differences in brain architecture may be explained by the differing cognitive and social processing demands required by different personality types. This research approach aims to contribute to the understanding of brain architecture in relation to personality within the natural aging process.

Abkürzungsverzeichnis

BET	<i>Brain Extraction Tool</i>
BOLD	<i>blood oxygen level dependent</i>
CAT12	<i>Computational Anatomy Toolbox</i>
DAN	Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk
DMN	Default Mode Netzwerk
EPI	<i>Echo planar imaging</i>
FLIRT	<i>Linear Image Registration Tool</i>
FoV	<i>field of view</i>
fMRT	Funktionelle Magnetresonanztomographie
FPI	Freiburger Persönlichkeitsinventar
FPN	Frontoparietales Netzwerk
FSL	<i>Functional Magnetic Resonance Imaging of the Brain Software Library</i>
Hz	Hertz
ICA	independent component analysis
ICA-AROMA	<i>independent component analysis – Automatic removal of motion artefacts</i>
ISCED	International Standard Classification of Education
LN	Limbisches Netzwerk
MNI	<i>Montreal Neurological Institute</i>
MRI	<i>Magnetic resonance imaging</i>
MRT	Magnetresonanztomographie
ROI	<i>region of interest</i>
RSFC	<i>resting-state functional connectivity</i>
rs-fMRT	<i>resting-state funktionelle Magnetresonanztomographie</i>
SMN	Sensomotorisches Netzwerk
TE	<i>echo time</i>
TR	<i>repetition time</i>
VAN	Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk
VN	Visuelles Netzwerk

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	<i>Persönlichkeit</i>	2
1.1.1	Messung von Persönlichkeit	2
1.1.2	Persönlichkeit hängt mit den kognitiven Funktionen zusammen	3
1.2	<i>Resting-state Netzwerke</i>	4
1.2.1	<i>Resting-state Netzwerke im Zusammenhang mit Alter, Kognition und Persönlichkeit</i>	4
1.3	<i>Zielsetzung und Aufbau der Arbeit</i>	7
2	Material und Methoden	7
2.1	<i>Stichprobe</i>	7
2.2	<i>Untersuchung</i>	8
2.2.1	Magnetresonanzbild-Erfassung (MRT).....	8
2.2.2	Freiburger Persönlichkeitsinventar	8
2.3	<i>Datenvorverarbeitung</i>	11
2.3.1	Bildvorverarbeitung	11
2.3.2	Analyse der funktionellen Konnektivität	12
2.4	<i>Statistische Methode</i>	14
3	Ergebnisse	15
3.1	<i>Zusammenhang von Persönlichkeitsmerkmalen und der within-Netzwerk Konnektivität</i>	15
3.2	<i>Zusammenhang von Persönlichkeitsmerkmalen und der inter-Netzwerk Konnektivität</i>	19
3.3	<i>Zusammenhang von Persönlichkeitsmerkmalen und dem Segregationsindex</i>	20
3.4	<i>Gruppenvergleiche</i>	26
4	Diskussion und Schlussfolgerung	27
4.1	<i>Within-Netzwerk Konnektivität</i>	27
4.2	<i>Inter-Netzwerk Konnektivität</i>	28
4.3	<i>Ratio-Score</i>	29
4.4	<i>Schlussfolgerung</i>	31
5	Literaturverzeichnis	32

1 Einleitung

Der demografische Wandel beschreibt den zunehmenden Anteil älterer Menschen in vielen Gesellschaften weltweit, insbesondere in Industrieländern wie Japan, Deutschland und Italien, wo die Geburtenrate sinkt, und die Lebenserwartung steigt (United Nations, 2019). Diese Entwicklung führt dazu, dass diese Gesellschaften im Durchschnitt immer älter werden.

Es ist bereits bekannt, dass der natürliche Alterungsprozess zu Veränderungen von Hirnstruktur führt. Beispielsweise unterscheiden sich die Gehirne junger Erwachsener deutlich von denen älterer Menschen in Bezug auf die Verbindungen verschiedener Hirnregionen, sprich Konnektivität (Spreng et al., 2010). Alter allein kann jedoch die beobachteten Unterschiede in der Konnektivität nicht vollständig erklären. Es gibt eine erhebliche interindividuelle Variabilität in der Art und Ausprägung dieser Hirnveränderungen älterer Menschen, was auf zusätzliche Einflussfaktoren hinweist (Dickie et al., 2013, Jockwitz et al., 2017, Mowinckel et al., 2012). Bisherige Studien haben Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Lebensstilfaktoren, wie z.B. Gesundheitsverhalten (Cox et al., 2010, Lopez et al., 2003), sowie physischer und kognitiver Aktivität (Hampson et al., 2006, Nyberg and Pudas, 2019, Small, 2001, Wilson et al., 2020), und der Hirnstruktur im Alter aufgezeigt. Dennoch sind die Ursachen für diese interindividuellen Unterschiede und alle relevanten Faktoren nicht hinreichend untersucht worden.

Das Verständnis von Hirnveränderungen im älteren Gehirn gewinnt zunehmend von Bedeutung. Diese Veränderungen stellen eine erhebliche gesellschaftliche Belastung dar, da sie mit einer Verschlechterung der Lebensqualität durch kognitive Defizite beispielsweise verbunden sind. Vor diesem Hintergrund des demografischen Wandels und der damit wachsenden Zahl älterer Menschen gewinnt die Erforschung des natürlichen Alterungsprozesses und die Identifizierung von Einflüssen auf die Hirnalterung immer mehr an Relevanz. Diese Studie betrachtet Persönlichkeitsmerkmale als potenziellen Einflussfaktor auf altersbedingte Hirnveränderungen. Insbesondere wird untersucht, wie diese Merkmale mit der funktionellen Konnektivität von sogenannten Ruhenetzwerken (*resting-state* Netzwerken) im Gehirn älterer Menschen zusammenhängen. Der Ruhezustand bezieht sich auf die regionale neuronale Aktivität des Gehirns im wachen Zustand, ohne an einer Aufgabe beteiligt zu sein (Raichle et al., 2001). Sie spielen eine Schlüsselrolle bei der grundlegenden Organisation und Funktionsfähigkeit des Gehirns und werden mit kognitiven Prozessen sowie der Regulation von Gedanken und Emotionen in Verbindung gebracht (Raichle et al., 2001, Smith et al., 2009).

1.1 Persönlichkeit

Persönlichkeit beschreibt die individuellen Muster des Denkens, Fühlens und Verhaltens, die eine Person über lange Zeiträume hinweg kennzeichnen (Costa and McCrae, 2002). Diese Muster bestimmen, wie Menschen auf ihre Umwelt reagieren und sich in verschiedenen sozialen und persönlichen Situationen verhalten. Persönlichkeit wird als beständig angesehen, mit einem Kern von Merkmalen, die sich im Laufe des Lebens nur geringfügig verändern. Diese Stabilität macht Persönlichkeit zu einem relevanten Bereich der Forschung, da sie es ermöglicht, individuelle Unterschiede im Verhalten und Erleben über die Zeit hinweg konsistent zu untersuchen. McAdams und Pals (2006) argumentieren, dass die Stabilität der Persönlichkeit auf einer komplexen Interaktion von biologischen, sozialen und kulturellen Einflüssen beruht, die ein überdauerndes Verhalten und Erleben formen.

Die Erforschung von Persönlichkeitsmerkmalen ist daher besonders relevant, da sie Einblicke in individuelle Unterschiede bietet, die nicht nur das Verhalten, sondern auch kognitive Prozesse und das emotionale Erleben über das gesamte Leben hinweg prägen (DeYoung et al., 2010).

1.1.1 Messung von Persönlichkeit

Die wissenschaftliche Messung von Persönlichkeit ist ein zentraler Bereich der psychologischen Forschung und bildet die Grundlage für zahlreiche Anwendungsgebiete, darunter klinische Psychologie, Organisationspsychologie und Neurowissenschaften. Sie ermöglicht es, stabile und konsistente Merkmale des menschlichen Denkens, Fühlens und Verhaltens zu erfassen, interindividuelle Unterschiede zu dokumentieren und systematisch zu vergleichen. Eine präzise Messung ist Grundlage, um Persönlichkeit als Konzept wissenschaftlich zu untersuchen und Hypothesen zu ihrer Entwicklung, ihren biologischen Grundlagen sowie ihren Auswirkungen auf Verhalten und Gesundheit zu überprüfen.

Die Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen erfolgt über verschiedene methodische Ansätze und theoretische Modelle, die auf unterschiedlichen Konzeptualisierungen der Persönlichkeit beruhen. Hierbei kommen sowohl Selbst- als auch Fremdberichte, experimentelle Designs und biologisch fundierte Verfahren wie neuropsychologische Tests oder Bildgebungsverfahren zum Einsatz.

Zu den am häufigsten verwendeten Methoden zählen Persönlichkeitsfragebögen, die auf Selbstauskunft basieren und aufgrund ihrer Praktikabilität und Validität in der Forschung wie auch in der Praxis etabliert sind. Ein prominentes Beispiel ist das „Freiburger Persönlichkeitsinventar“ (FPI), das in der vorliegenden Arbeit verwendet wurde. Das FPI wurde erstmals von Fahrenberg et al. entwickelt und umfasst Dimensionen wie Lebenszufriedenheit, soziale Orientierung, Aggressivität und Gehemmtheit (Fahrenberg, 1970). Es ist besonders geeignet, spezifische Persönlichkeitsmerkmale in einem psychologischen und sozialen Kontext zu bewerten, und wird seit Jahrzehnten in deutschsprachigen Studien eingesetzt.

Ein weiteres paradigmatisches Modell der Persönlichkeitsforschung ist das *Big Five*-Modell (Costa and McCrae, 2002). Dieses Modell beschreibt Persönlichkeit anhand der fünf Faktoren Extraversion, Neurotizismus, Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit. Jeder dieser Faktoren stellt eine breite Dimension dar, die eine Vielzahl von individuellen Verhaltensweisen und Einstellungen umfasst. Extraversion steht für Geselligkeit, Energie und Durchsetzungsfähigkeit, während Neurotizismus die emotionale Stabilität widerspiegelt und bei hohen Werten mit Ängstlichkeit und Unsicherheit einhergeht. Offenheit für Erfahrungen beschreibt die Neugier auf Neues, Kreativität und intellektuelle Flexibilität. Verträglichkeit bezieht sich auf Mitgefühl, Kooperationsbereitschaft und Altruismus, während Gewissenhaftigkeit Selbstdisziplin, Zielstrebigkeit und Organisationsfähigkeit umfasst (Costa and McCrae, 2002).

Darüber hinaus gibt es Ansätze, die über Selbstauskunft hinausgehen, beispielsweise sogenannte objektive Persönlichkeitstests, die Verhaltensweisen in standardisierten Testsituationen messen.

Die Wahl des Instruments oder Modells hängt von der Forschungsfrage, dem Kontext sowie der Zielgruppe ab. Persönlichkeitsinventare mit weniger Dimensionen wie die sog. „*Big Five*“ (Costa and McCrae, 1997) werden vielfach verwendet. Sie wurden bereits in anderen Arbeiten weiter unterteilt in 13 Subskalen wie von Saucier et al. (1998), um differenzierter Persönlichkeit zu erfassen. Der FPI wurde in dieser Arbeit eingesetzt, um spezifische Persönlichkeitseigenschaften in der deutschen Bevölkerung zu erfassen, da er für eine deutsche Gesellschaft erstellt und normiert wurde. Für mehr Informationen siehe **Kapitel 2.2.2**.

1.1.2 Persönlichkeit hängt mit den kognitiven Funktionen zusammen

Persönlichkeitsmerkmale können nicht nur gesundheitsförderliches oder -schädliches Verhalten beeinflussen, das sich auf die Lebenserwartung auswirkt (Graham et al., 2017, Wilson et al., 2004), sondern auch kognitive Funktionen mitbestimmen. Es ist wenig überraschend, dass eine hohe Offenheit mit erhaltenen kognitiven Fähigkeiten assoziiert ist (Austin et al., 2002), da Menschen mit diesem Merkmal eher stimulierende, neue Erfahrungen suchen. Soziale, physische und kognitive Aktivität im Alter helfen dabei, kognitive Fähigkeiten zu erhalten (Hertzog et al., 2008, Nyberg and Pudas, 2019). Im Gegensatz dazu zeigen neurotizistische Menschen eher geringere kognitive Funktionen (Boyle et al., 2010, Chapman et al., 2012, Crowe et al., 2006), und ein beschleunigtes Fortschreiten kognitiven Abbaus (Chapman et al., 2012, Luchetti et al., 2016), einschließlich einer Verschlechterung der Gedächtnisleistung (Gow et al., 2005). Darüber hinaus können bestimmte Persönlichkeitsmerkmale das Risiko für neurodegenerative, aber auch psychiatrischen Erkrankungen beeinflussen. Beispielsweise konnten Terracciano et al. (2014) zeigen, dass ausgeprägter Neurotizismus mit einem erhöhten Risiko für Alzheimer einhergeht. Ähnliche Ergebnisse wurden im Zusammenhang mit dem Auftreten einer Demenz veröffentlicht (Aschwanden et al., 2021, Duberstein et al., 2011, Terracciano et al., 2014). Gewissenhaftigkeit hingegen scheint im Hinblick auf

Erkrankungen wie Demenz und Alzheimer einen protektiven Effekt zu haben (Duberstein et al., 2011, Terracciano et al., 2013).

1.2 *Resting-state* Netzwerke

Resting-state Netzwerke werden mittels funktioneller MRT-Bildgebung erhoben, bei dem die ProbandInnen keine spezifische Aufgabe erfüllen. Im Gegensatz zur aufgabenbasierten fMRT, bei der gezielte Hirnregionen aktiviert werden, um bestimmte Aufgaben zu bewältigen, konzentriert sich die *resting-state* fMRT (*rs-fMRT*) auf die spontane Hirnaktivität im Ruhezustand. Bei der Identifizierung von Netzwerken in der *rs-fMRT* wird das BOLD-Signal (*blood oxygen level dependent*) genutzt. Das BOLD-Signal erfasst Unterschiede im Sauerstoffgehalt des Blutes, die mit neuronaler Aktivität verbunden sind. Um Netzwerke zu identifizieren, korreliert man die BOLD-Signale aus verschiedenen Hirnregionen über die Zeit (Buckner, 2004). Dabei werden Regionen, deren BOLD-Signale mit ähnlichen Aktivitätsmustern als funktionell verbundene Netzwerke betrachtet. Diese Netzwerke können anatomisch gesehen voneinander getrennt über den gesamten Kortex verteilt sein. Insgesamt können sie jedoch über einzelne Aufnahmen hinweg und Individuen übergreifend nachgewiesen werden (Biswal et al., 2010, Damoiseaux et al., 2006, Shenhav et al., 2009). Das ubiquitäre Auftreten Individuen übergreifend macht die Untersuchung dieser Netzwerke besonders interessant, da sie einen Einblick in die grundlegende funktionelle Organisation des Gehirns bieten. Dabei konnte man bisher beobachten, dass bei jungen Erwachsenen die Aufgabenspezifität der Netzwerke am höchsten ist, gekennzeichnet durch eine hohe *within*-Netzwerk Konnektivität und einer niedrigen *inter*-Netzwerk Konnektivität (Ferrarini et al., 2009, Meunier et al., 2010), was möglicherweise zu einer effizienteren Ausführung spezifischer Aufgaben beiträgt. Die *within*-Netzwerk Konnektivität umfasst die Stärke der Verbindungen eines Netzwerkes mit sich selbst, die *inter*-Netzwerk Konnektivität hingegen die Stärke aller Verbindungen eines Netzwerkes zu allen anderen analysierten Netzwerken. Betrachtet man diese beiden Parameter gemeinsam, so spricht eine hohe *within*-Netzwerk Konnektivität im Verhältnis zu einer niedrigeren *inter*-Netzwerk Konnektivität für ein segregiertes Netzwerk. Dagegen eine niedrige *within*-Netzwerk Konnektivität im Verhältnis zu einer hohen *inter*-Netzwerk Konnektivität für ein eher integriertes Netzwerk (siehe auch **Kapitel 2.3.2**).

1.2.1 *Resting-state* Netzwerke im Zusammenhang mit Alter, Kognition und Persönlichkeit

Verschiedene Faktoren wie Genetik, Geschlecht und Lebensstil wirken zusammen und tragen zur individuellen Vielfalt in der funktionellen Konnektivität von *resting-state* Netzwerken bei Erwachsenen bei (Biswal et al., 2010, Glahn et al., 2010, Voss et al., 2011). Auch das Alter stellt eine Ursache für die

interindividuelle Variabilität von *resting-state* Netzwerken in Erwachsenen dar (Allen et al., 2011, Biswal et al., 2010).

Die Ruhenetzwerke können anhand ihrer Funktion und der Hirnregionen, die sie umfassen, in verschiedene Netzwerke unterteilt werden. Die wichtigsten fasst die Parzellierung nach Yeo et al. (2011) zusammen, die sich mittels Clusteranalyse das gesamte Hirn anschaut und die funktionellen Netzwerke unterscheidet. Sie unterteilt in 7 bzw. 17 Ruhenetzwerke (siehe **Kapitel 2.3.2**).

Bei Betrachtung des natürlichen Alterns mit Einschluss älterer ProbandInnen konnte gezeigt werden, dass die funktionelle Konnektivität abnimmt (Andrews-Hanna et al., 2007, Ferreira and Busatto, 2013, Geerligs et al., 2015). Insgesamt nimmt im natürlichen Altern die *within*-Netzwerk Konnektivität ab und die *inter*-Netzwerk Konnektivität steigt (Betzel et al., 2014, Geerligs et al., 2012). Eine Abnahme der *within*-Netzwerk Konnektivität konnte vor allem für primär verarbeitende Netzwerke wie das visuelle (Yan et al., 2011) und sensomotorische (Stumme et al., 2020) Netzwerk gezeigt werden. Das sensomotorische Netzwerk, das erste Ruhenetzwerk, das von Biswal et al. (1995) entdeckt wurde, umfasst motorische, somatosensorische und supplementäre Areale zeigt bei motorischen erhöhte Aktivität. Aus diesem Grund wird vermutet, dass dieses Netzwerk für aufkommende sensomotorische Aufgaben die Weichen stellt, indem es eine Art Vorbereitungszustand aufrechterhält. Das visuelle Netzwerk ist für die Verarbeitung visueller Reize zuständig und occipital lokalisiert. Es ist, wie das somatosensorische Netzwerk, Individuen unabhängig anatomisch konsistent.

Bisherige Studien haben konstituiert, dass es zwei gegensätzliche Systeme gibt: eines, das für aufgabenpositive Zustände verantwortlich ist und somit extrinsische Abläufe koordiniert. Hierzu zählen das sensomotorische (SMN), das visuelle (VN) und das limbische (LN) Netzwerk. Das zweite System ist eines, das für aufgabennegative Zustände verantwortlich ist und somit intrinsische Gedankenabläufe steuert. Das größte Ruhenetzwerk, das sogenannte Default Mode Netzwerk (DMN), bildet das aufgabennegative System. Es zeigt die höchste Aktivität in Ruhe, daher wurde die Bezeichnung „default“ von Raichle et al. (2001) etabliert. Zu den Funktionen des DMN werden intrinsische Funktionen wie Tagträumen (Buckner et al., 2008, Smallwood and Schooler, 2015), soziale Kognition (Saxe and Powell, 2006, Spreng et al., 2009), das Erstellen eines autobiographischen Gedächtnisses (Andrews-Hanna et al., 2010, Spreng et al., 2009) und das Bilden von Zukunftsplänen (Spreng et al., 2009, Schacter et al., 2007) gezählt. Yeshurun et al. (2021) heben dabei hervor, dass das DMN nicht allein als intrinsisches System gewertet werden sollte, sondern eher extrinsische Informationen mit vorliegenden intrinsischen integriert und somit komplexe Kontext-abhängige Situationen verarbeiten kann. Sekundär verarbeitende Netzwerke, wie die Aufmerksamkeits- und Kontrollnetzwerke sowie das DMN zeigten in einigen Studien sowohl eine Abnahme der *within*-Netzwerk Konnektivität als auch stabile Konnektivitätsmuster ohne Abnahme der *within*-Werte (Betzel et al., 2014, Geerligs et al., 2012). Für die Aufmerksamkeitssteuerung sind das Frontoparietale (FPN), Ventral Attention (VAN) und Dorsal Attention (DAN) verantwortlich. Dabei ist das FPN, auch Kontrollnetzwerk genannt, vor allem für eine *Top-down*-Kontrolle zuständig. Es reguliert die Feinanpassung des aktuellen Verhaltens als Reaktion auf Veränderungen der Aufgabenanforderung (Dosenbach et al., 2008), vor allem wenn es sich um

eine Schnelladaption der Kontrolle während einer Aufgabe handelt (Seitzman et al., 2019). Das VAN reguliert die *Bottom-up*-Kontrolle, gemeint ist das Erkennen unerwarteter Reize (Allen and Deyoung, 2016). Ebenso richtet es die Aufmerksamkeit neu aus und filtert sensorische Informationen aus der Umgebung. Auch das DAN regelt die *Top-down*-Kontrolle und ist das prominenteste Netzwerk der sogenannten aufgabenpositiven Netzwerke (Fox et al., 2005). Es ist für die freiwillige Aufmerksamkeitssteuerung verantwortlich, während ein Ziel verfolgt wird, beispielsweise das Fahren in einer unbekannten Gegend (Seitzman et al., 2019). Betzel et al. (2014) konnten zeigen, dass vor allem im Hinblick auf das DAN und VAN mit dem SMN die *inter*-Netzwerk Konnektivität höher ist, ebenso andere Querschnittstudien (Meier et al., 2012, Seidler et al., 2015, Song et al., 2014). Andere Arbeiten konnten keine wesentlichen Veränderungen, sondern stabile Konnektivitätsprofile des SMN und VN im Alter in ihren Analysen finden (Chan et al., 2014, Geerligs et al., 2015). Aber auch zwischen dem DMN und VN mit den Kontrollnetzwerken wurde eine steigende Konnektivität im Alter beobachtet (Ferreira et al., 2016, Grady et al., 2016, Spreng et al., 2016).

Zur besseren Vergleichbarkeit von Daten und Quantifizierung der Konnektivitätsmuster entwickelten einige Studien einen Segregationsindex, um *within*- und *inter*-Netzwerk Konnektivität in ein Verhältnis zu setzen. Chan et al. haben 2014 gezeigt, dass beispielsweise das SMN eine Abnahme der Segregation im Alter zeigt. Die Konnektivität zwischen den Netzwerken steigt also, während die Verbindungen innerhalb eines Netzwerkes abnehmen.

Es gibt bereits Studien, die den Zusammenhang zwischen Hirn und Persönlichkeit untersucht haben. Dabei wurden Beziehungen mit der Struktur, sprich regionalem Hirnvolumen (Bjørnebekk et al., 2013, DeYoung et al., 2010), kortikaler Morphologie und der Integrität der weißen Substanz, sprich Konnektivität gezeigt (Bjørnebekk et al., 2013). Vor allem ein Merkmal - Neurotizismus - sticht in Bjørnebekks Arbeit hervor und zeigt bei Ausprägung eine Abnahme der strukturellen Konnektivität. Aber nicht nur die strukturelle, sondern auch die funktionelle Konnektivität wurde bereits in Bezug auf Persönlichkeitsmerkmale untersucht. Simon et al. (2020) fanden beispielsweise heraus, dass Neurotizismus und Verträglichkeit negativ mit bestimmten Ruhenetzwerken korrelieren, was auf eine verringerte Konnektivität in diesen Netzwerken hinweist. Im Gegensatz dazu steht das Merkmal Offenheit, das positiv mit den Ruhenetzwerken korreliert und auf eine erhöhte funktionelle Konnektivität in diesen Netzwerken hinweist.

Inwieweit Persönlichkeitsmerkmale mit interindividuellen Unterschieden in der funktionellen Organisation der Ruhenetzwerke im Alter zusammenhängen, wurde bisher nicht ausreichend untersucht. Diese Arbeit widmet sich der Frage, ob bestimmte Persönlichkeitsmerkmale dazu beitragen könnten, die Variabilität in der Konnektivität der Ruhenetzwerke zu erklären und ob Persönlichkeit als potenzieller Moderator in den altersbedingten Veränderungen der Hirnnetzwerke betrachtet werden kann.

1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Folgende Fragestellung wurden als Ziele der Arbeit formuliert:

- (i) Hängt die Persönlichkeit mit der funktionellen Konnektivität von *resting-state* Netzwerken des Gehirns zusammen?
- (ii) Welche Muster lassen sich zwischen den Individuen identifizieren?

Eine Gesamtstichprobe von 951 ProbandInnen mit einem Altersschwerpunkt zwischen 55 und 85 Jahren aus der bevölkerungsbezogenen 1000BRAINS-Studie des Forschungszentrums Jülich dient als Datengrundlage (Caspers et al., 2014). Diese wurden aus der epidemiologischen bevölkerungsbezogenen Heinz Nixdorf RECALL-Studie rekrutiert (Schmermund et al., 2006), einer großen wissenschaftlichen Untersuchung zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen und deren begünstigenden Einflussfaktoren. Die 1000BRAINS-Studie dient der Erfassung von charakteristischen interindividuellen Veränderungen der Struktur und Funktion des Gehirns im natürlichen Alterungsprozess und deren Abhängigkeit von genetischen sowie Umwelteinflüssen. Die vorliegende Arbeit soll im Hinblick auf Alterungsforschung weitere Einblicke in mögliche Zusammenhänge bieten und Grundlage für zukünftige Arbeiten sein, um den Alterungsprozess und Hirnveränderungen im Alter in Zukunft besser zu verstehen.

2 Material und Methoden

2.1 Stichprobe

Die Daten der ProbandInnen stammen aus der 1000BRAINS-Studie, einer bevölkerungsbasierten Kohortenstudie, die die interindividuelle Variabilität des gesunden Alterns untersucht (Caspers et al., 2014). Die Teilnehmer der 1000BRAINS-Studie wurden aus der epidemiologischen bevölkerungsbasierten Heinz Nixdorf RECALL-Studie rekrutiert, einer großen wissenschaftlichen Studie zu kardiovaskulären Erkrankungen und deren Risikofaktoren (Schmermund et al., 2006). Es wurden 951 Personen (55-85 Jahre, 402 Männer) in die Studie aufgenommen. 227 Personen wurden vor der Durchführung der Analysen ausgeschlossen, die Gründe für den Ausschluss sind im Folgenden aufgeführt. Ausschlussgründe waren mehr als drei fehlende Angaben in der neuropsychologischen Beurteilung ($n = 46$), methodische Probleme bei der Vorverarbeitung ($n = 101$) sowie das mögliche Vorliegen von kognitiven Beeinträchtigungen, die mit dem DemTect (Kalbe et al., 2004) erfasst wurden ($n = 11$). ProbandInnen, für

die sowohl fMRT-Daten als auch die Ergebnisse des Freiburger Persönlichkeitsinventars (FPI) nicht verfügbar waren, mussten ebenfalls ausgeschlossen werden ($n = 30$). Schließlich wurde eine Qualitätskontrolle der vorverarbeiteten AROMA-Daten durchgeführt, Ausreißer ausgeschlossen und auf starke Intensitätsabfälle geprüft ($n = 18$), (siehe **Kapitel 2.3.1**). Insgesamt umfasst die aktuelle Studie eine Stichprobe von 724 Personen mit einem Durchschnittsalter von 66,9 Jahren ($SD = 6,55$, $n = 390$ Männer). Alle Probanden gaben vor der Teilnahme an 1000BRAINS eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Das Studienprotokoll von 1000BRAINS wurde von der Ethikkommission der Universität Essen, Deutschland, genehmigt (Ethik-Votum Nr. 11-4678).

2.2 Untersuchung

2.2.1 Magnetresonanzbild-Erfassung (MRT)

Die Bildgebungsdaten wurden mit einem 3 T Tim Trio MR-Scanner mit 32-Kanal-Kopfspule (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Deutschland) erhoben. Für diese Studie wurden 2 MR-Sequenzen verwendet. Erstens, eine T1-gewichtete MPRAGE (*magnetization-prepared rapid acquisition gradient-echo*) mit folgenden Parametern: 176 Schichten, Schichtdicke = 1 mm, Wiederholungszeit (TR) = 2250 ms, Echozeit (TE) 3,03 ms, Sichtfeld 23, (FoV) = 256×256 mm, Flipwinkel = 9° , Voxelauflösung $1 \times 1 \times 1$ mm. Zusätzlich wurde ein fMRT-Scan in Abhängigkeit vom Blutsauerstoffgehalt (*BOLD*) im Ruhezustand mit 36 transversal ausgerichteten Schichten mit den folgenden Parametern durchgeführt: Eine *Gradienten-Echo-Planar-Imaging (EPI)*-Sequenz mit einer Schichtdicke von 3,1 mm, $TR = 2200$ sec, $TE = 30$ ms, $FoV = 200 \times 200$ mm² und einer Voxelauflösung von $3,1 \times 3,1 \times 3,1$ mm³, gemessen für ~11 min mit 300 produzierten Volumina.

Alle ProbandInnen durchliefen das gleiche Ruheprotokoll. Sie wurden gebeten, während der Datenerhebung mit geschlossenen Augen ihre Gedanken schweifen zu lassen, ohne einzuschlafen.

2.2.2 Freiburger Persönlichkeitsinventar

Das Freiburger Persönlichkeitsinventar, kurz FPI genannt, ist ein vor allem im deutschsprachigen Raum vielgenutzter Test, um diese Merkmale zu erkennen und deren Ausprägung zu klassifizieren. Er ist ein faktorenanalytisch sowie item-metrisches Verfahren und bietet dadurch eine hohe interne Validität (Rohrman, 2011). Ebenso von Vorteil ist die hohe Durchführungs- und Auswertungsobjektivität (Rohrman et al., 2011).

Insgesamt umfasst er 138 Items. Diese bilden 10 Standardskalen mit je 12 Items und 2 Zusatzskalen mit je 14 Items (Eysenck Skalen) (Fahrenberg, 1970).

Das FPI differenziert zwölf Persönlichkeitseigenschaften, auf die ich im Folgenden näher eingehen möchte (Fahrenberg, 1970):

Lebenszufriedenheit

z.B. die Veranlagung, gute Laune zu haben, zuversichtlich zu sein

Menschen mit hohen Testwerten bei diesem Merkmal sind privat und beruflich zufrieden, sind mit in der Vergangenheit getroffenen Entscheidungen zufrieden und äußern dies durch eine hohe Ausgeglichenheit, Selbstvertrauen und guter Laune.

Soziale Orientierung

z.B. hilfsbereit und mitmenschlich zu sein

Hohe Testwerte sprechen für ein hohes soziales Verantwortungsgefühl, dem Eingehen auf Bedürfnisse und Sorgen von Mitmenschen durch Pflege, Hilfsbereitschaft und Trostspenden.

Leistungsorientierung

z.B. aktiv, schnellhandelnd, ehrgeizig, konkurrierend zu sein

Häufiges Bejahen der Items dieser Skala spricht für ein tatkräftiges Anpacken von Aufgaben und Herausforderungen. Aufgaben werden schnell und effizient erledigt, konkurrierendes Verhalten, vor allem beruflich, macht Ihnen Spaß.

Gehemmtheit

z.B. unsicher und kontaktscheu zu sein

Hohe Testwerte indizieren Scheu im Umgang mit anderen Menschen, ebenso das Meiden von Aufmerksamkeit. Schnelle Scham und Ängstlichkeit treten häufig auf, neue Kontakte bereiten Unmut.

Erregbarkeit

z.B. empfindlich und unbeherrscht zu sein

Trifft dieses Merkmal zu, treten Reizzustände schnell auf und können mitunter in aggressives und unüberlegtes Handeln münden.

Aggressivität

z.B. spontan und reaktiv und sich durchsetzend zu sein

Menschen, die hier hohe Werte erzielen, scheuen sich nicht vor Gewaltanwendung, um sich durchzusetzen. Fehler anderer werden gerne hervorgehoben, Unbeherrschtheit und Wut kommen zu Tage, wenn sie sich beleidigt fühlen.

Beanspruchung

z.B. überfordert, angespannt sein

Eine hohe Beanspruchung zeichnet sich durch hohe Aufgabenlast und dem Empfinden von Zeitdruck aus. Diese Menschen zeigen sich erschöpft, nervös und matt.

Körperliche Beschwerden

z.B. psychosomatisch gestört, mit vielen Beschwerden sein

Das Zutreffen dieses Merkmals spiegelt sich bei den Betroffenen in einem negativen Allgemeinempfinden wider, Kopfschmerzen, Schlafstörungen und weiterer spezifischerer Symptome wie Arrhythmien, Magen-Darm-Beschwerden, Tics und Ähnlichem.

Gesundheitssorgen

z.B. gesundheitsbewusstes Leben, sich schonendes Verhalten

Menschen, auf die dieses Merkmal zutrifft, sind hypochondrisch veranlagt, versuchen die Risiken einer Ansteckung und Krankheit stets zu vermeiden und suchen trotz ärztlichem Misstrauen oft medizinischen Rat.

Offenheit

z.B. ungeniertes, unkonventionelles Verhalten mit offenem Zugeben kleiner Schwächen

Personen mit hoher Offenheit geben ohne Probleme Abweichungen von der Norm an, wie gelegentliches Zuspätkommen, Schadenfreude und gelegentliches Lügen.

Extraversion

z.B. gesellig, impulsiv und unternehmungslustig sein

Hohe Werte implizieren Geselligkeit, das Schätzen von Abwechslung und Gesellschaft, Schlagfertigkeit und das Übernehmen von Führung im Kontext mit Mitmenschen.

Emotionalität

z.B. ängstliches, emotional labiles und empfindliches Verhalten

Oft bejahte Items dieses Merkmals lassen Reizbarkeit, Angespanntheit, das Neigen zum Grübeln und das Empfinden vieler psychosomatischer Beschwerden erkennen. Das ständige Wechseln von Launen und das Empfinden vorwiegend negativer Emotionen wie Ängstlichkeit und Bedrücktheit zeichnen hohe Werte aus.

2.3 Datenvorverarbeitung

2.3.1 Bildvorverarbeitung

Alle Vorverarbeitungen der Bilddaten wurden mit *FSL* (Jenkinson et al., 2012) durchgeführt. Die ersten vier Volumina der echoplanaren Bildgebung (*EPI*) wurden für jedes einzelne Subjekt verworfen. Die Bewegungskorrektur wurde mit der globalen Optimierungsmethode *MCFLIRT* durchgeführt und die Registrierung auf die einzelnen anatomischen Scans erfolgte mit *FLIRT* [*Linear Image Registration Tool* von MRIB (Jenkinson et al., 2002)].

Es folgte eine Schichtzeitkorrektur mit *Slice timer*, um eine genauere Rekonstruktion des wahren *BOLD*-Signals zu ermöglichen (Parker et al., 2017). Das Brain Extraction Tool (*BET*) (Smith, 2002) wurde zur Segmentierung von Gehirn und Nicht-Gehirn verwendet. Da die Intensität der MRT-Daten aufgrund vieler Faktoren variieren kann, folgte eine Intensitätsnormalisierung und Glättung mit *SUSAN*, einer Methode zur Erkennung von Kanten und Ecken sowie zur Verringerung von Rauschen bei gleichzeitiger Erhaltung der Struktur (Smith and Brady, 1997).

Die Bilder wurden dann mit Hilfe der so genannten "Unified Segmentation"-Methode (Ashburner and Friston, 2005) auf das MNI (Montreal Neurological Institute) 152 Template (Holmes et al., 1998) normalisiert. Dabei wird eine Segmentierung auf der Grundlage der Intensität der Voxel mit einer Klassifizierung auf der Grundlage einer Schablone kombiniert, die so lange verzerrt wird, bis sie zu dem zu segmentierenden Gehirn passt. Im Vergleich zu anderen Methoden, wie z.B. der häufig verwendeten Normalisierung auf der Grundlage T1-gewichteter Bilder, bietet dieser Ansatz eine genauere Registrierung (Calhoun et al., 2017, Dohmatob et al., 2018). In der vorliegenden Studie wurden sowohl *ICA-AROMA* (Pruim et al., 2015) als auch globale Signalregression (Burgess et al., 2016, Ciric et al., 2017) durchgeführt, da neuere Erkenntnisse diese Kombination empfehlen, um die Auswirkungen von Bewegungsartefakten auf die Messungen der funktionellen Konnektivität zu minimieren. Darüber hinaus wurde die *rs-fMRT* bandgefiltert (0,01-0,1 Hz).

Anschließend wurde eine Qualitätskontrolle durchgeführt. Hierzu wurden mittels Funktionsanalyse "*Check sample homogeneity using standard deviation across sample*" die vorverarbeiteten Daten der *AROMA* mit *CAT12* [Computational Anatomy Toolbox (Gaser et al., 2024)] auf Ausreißer geprüft. Diese wurden nach manueller Überprüfung ausgeschlossen. Außerdem erfolgt eine weitere Kontrolle für schwere Intensitätsabbrüche (Afyouni and Nichols, 2018), indem Spike-P-Werte (*DVARs*) aus den vorverarbeiteten Daten generiert wurden.

Alle ProbandInnen mit einer Dropout-Rate von >10 % der 300 Volumina wurden von den Analysen ausgeschlossen ($n = 18$).

2.3.2 Analyse der funktionellen Konnektivität

In dieser Studie wurde die Parzellierung nach Yeo et al. (2011) zur Untersuchung der *resting-state functional connectivity* (RSFC) verwendet.

Sie wurde auf der Grundlage von 1000 jungen und gesunden ProbandInnen erstellt und ist in sieben Netzwerke unterteilt: visuelles, sensomotorisches, dorsales Aufmerksamkeits-, ventrales, limbisches, frontoparietales und Default Mode Netzwerk (**Abb. 1**).

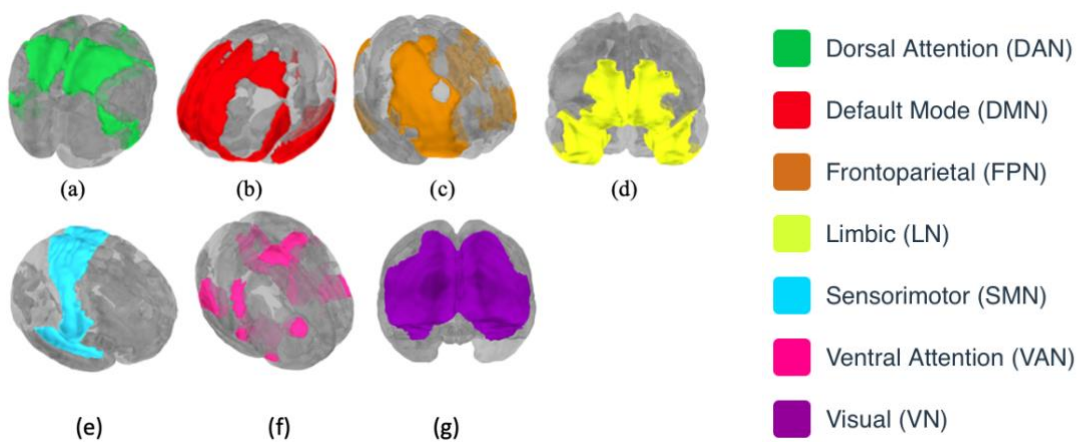


Abb.1: Visualisierung der Einteilung in 7 Ruhenetzwerke nach Yeo et al. (2010). (a) Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk (DAN), (b) Default Mode Netzwerk (DMN), (c) Frontoparietales Netzwerk (FPN), (d) Limbisches Netzwerk (LN), (e) Sensomotorisches Netzwerk (SMN), (f) Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN), (g) Visuelles Netzwerk (VN).

Teil dieser Studie ist ein graphentheoretischer Ansatz für die Analyse von funktioneller Konnektivität. Man unterscheidet zwischen Knotenpunkten (*node* oder auch *Region of Interest*, kurz ROI genannt), die Hirnareale darstellen und Kanten (*edges*), die die Verbindungen dieser Areale markieren; strukturell oder funktionell (Biswal et al., 2010, Fornito, 2016, Rubinov and Sporns, 2010). Um Graphenparameter für weitere Analysen zu berechnen, müssen die Funktionsdaten in einen Ganzhirngraphen umgewandelt werden (Rubinov and Sporns, 2010). Zu diesem Zweck werden die mittleren *BOLD*-Zeitreihen aus jeder der 83 Regionen extrahiert, d.h. aus Knoten mit jeweils 300 gemessenen Zeitpunkten. Anschließend werden die Zeitreihen der 83 Regionen mithilfe der Pearson-Korrelation geschätzt, um die funktionelle Konnektivität zu quantifizieren. Daraus ergibt sich eine symmetrische und gewichtete Korrelationsmatrix.

Die Korrelationsmatrix wird zur Varianzstabilisierung mittels Fisher *r*-zu-*z*-Transformation in *z*-Werte umgewandelt. In dieser Arbeit wurden die positiven Korrelationen untersucht, da die Interpretation negativer Korrelationen noch nicht eindeutig möglich ist (Chai et al., 2012, Fornito et al., 2013, Murphy and Fox, 2017).

Da bei der funktionellen MRT-Bildgebung minimale *BOLD*-Fluktuationen gemessen werden, kann eine Verunreinigung der Konnektivitätsmatrix durch Datenrauschen nicht verhindert werden. Um diesen Effekt zu minimieren und die wahre funktionelle Konnektivität darzustellen ohne fälschlicherweise ein „Datenrauschen“ als Konnektivität zu missinterpretieren, werden die statistischen Signifikanzen jedes Korrelationskoeffizienten berücksichtigt (van den Heuvel et al., 2017). Wichtig ist dabei zu beachten, dass eine Veränderung der Anzahl an Knotenpunkten dazu führt, dass Netzwerke interindividuell nicht verglichen werden können (van den Heuvel et al., 2017), da deren Organisation vor allem bei niedrig signifikanten Netzwerken nicht korrekt abgebildet wird. Dieses Problem wurde in dieser Arbeit umgangen, indem lediglich Parameter berechnet und analysiert werden, die unabhängig von der Anzahl an Knotenpunkten und Kanten betrachtet werden können. Die Fourier-Transformation wurde dann auf die beobachteten Zeitreihen angewandt, um ein frequenzabhängiges Signal zu erzeugen und es zu filtern. Nachdem die Reihen in Phase gebracht worden waren, wurde die Transformation umgekehrt (Zalesky et al., 2012) und alle Schritte wurden tausendmal wiederholt. Schließlich wurden alle nicht-signifikanten Kanten ($p > .05$) nach einem Permutationstest ausgeschlossen.

In dieser Studie wurden keine Schwellwerte für die Kanten eingeführt, da ein Fokus auf graphentheoretische Parameter bestand, die unabhängig von der Anzahl der Kanten existieren. Kanten werden mittels Schwellwerten bestimmt, die Einführung von Schwellwerten erhöht die Wahrscheinlichkeit von falsch negativen Ergebnissen (van den Heuvel et al., 2017). Um die *RSFC*-Netzwerke in den ProbandInnen zu identifizieren, wurde die Software *bctpy* verwendet und zur Quantifizierung der *RSFC* diente die Definition der Netzwerkparameter von Rubinov und Sporns (2010). Zunächst wurde die Hirndichte bestimmt, die das Verhältnis der vorhandenen Kanten zu den möglichen Kanten zwischen allen Knotenpaaren darstellt. Dadurch können unterschiedliche Netzwerkgrößen zwischen Individuen aufgezeigt und berücksichtigt werden. Dann wurden drei graphentheoretische Parameter für jedes der sieben Netzwerke berechnet. Dazu wurden die Stärken der Knoten aus der Summe ihrer Konnektivitätsgewichte geschätzt und eine Ratio aus den beiden Werten gebildet.

Um die funktionelle Konnektivität zu beschreiben, diese zu vergleichen und die Anzahl der paarweisen Vergleiche zu reduzieren, wurden die Stärkewerte in zwei verschiedene Gruppen unterteilt (siehe auch **Abb. 2**).

- (i) *within*-Netzwerk Konnektivität
- (ii) *inter*-Netzwerk Konnektivität

Die *within*-Netzwerk Konnektivität umfasst alle Verbindungen innerhalb eines Netzwerkes.

Die *inter*-Netzwerk Konnektivität dagegen umfasst die Summe an Knotenpunkten eines Ruhenetzwerks mit allen anderen sechs Ruhenetzwerken und dementsprechend, wie es mit anderen Netzwerken kommuniziert.

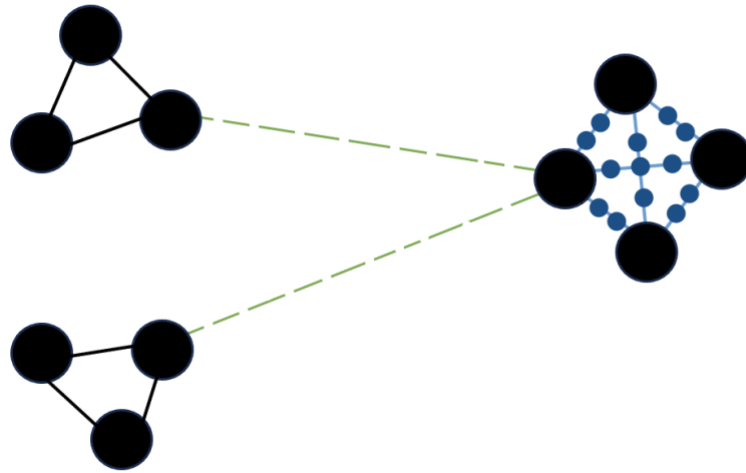


Abb. 2: Exemplarisches Beispiel Berechnung Graphentheoretischer Parameter. Summe aller gestrichelten Linien: *inter*-Netzwerk Konnektivität, Summe aller gepunkteten Linien: *within*-Netzwerk Konnektivität.

Außerdem wurde in dieser Arbeit ein Score aus diesen beiden Parametern errechnet, der die Hirnarchitektur quantifiziert.

(iii) *Ratio-score*

$$\text{Ratio - Score} = \frac{\text{within network RSFC} - \text{inter network RSFC}}{\text{within network RSFC} + \text{inter network RSFC}}$$

Dabei wird in Segregation und Integration unterschieden (Bullmore and Sporns, 2012, Wig, 2017). Der berechnete Ratio-Score quantifiziert das Gleichgewicht zwischen diesen beiden Aspekten. Ein hoher Wert (maximal 1) bedeutet eine maximale Segregation und minimale Integration. Ein niedriger Wert (maximal -1) eine maximale Integration und minimale Segregation. Ein Wert von 0 zeigt ausgeglichene Netzwerke.

2.4 Statistische Methode

Zunächst wurden die Daten des Persönlichkeitstests standardisiert, um die Skalen des Persönlichkeitstests vergleichbar zu machen. Es wurde eine partielle Korrelation nach Spearman mit jeder Skala des FPI einzeln als unabhängige Variable und den einzelnen Netzwerkparametern durchgeführt. Als Kovariablen wurden Alter, Geschlecht und Bildungsniveau, gemessen anhand des ISCED (UNESCO, 1997) verwendet. Anschließend fanden Gruppenvergleiche mittels Mann-Whitney-U-Test statt, um Geschlechterunterschiede herauszuarbeiten. Dabei wurden die 12 Persönlichkeitsmerkmale mittels Hauptkomponentenanalyse auf Hauptkomponenten reduziert, um die Komplexität der Daten zu verringern und zentrale Dimensionen der

Persönlichkeit herauszuarbeiten. Hierzu wurden die Skalen mit der *transform* Funktion von Sklearn in Python (Foundation, 2008) standardisiert, da die Skalen Emotionalität und Extraversion 14 Items statt 12, wie die übrigen Skalen besitzen. In diesem Fall wurden drei Hauptkomponenten mittels Scree-Plots bestimmt, da diese die größte Varianz der ursprünglichen 12 Persönlichkeitsmerkmale erklärten, ohne dabei zu viel Information zu verlieren. Post-hoc-Tests wurden mittels paarweisem t-test durchgeführt. Abschließend wurde eine Subgruppenanalyse anhand partieller Korrelation nach Spearman durchgeführt, korrigiert für die Kovariablen Alter und Bildungsstand. Alle berichteten Ergebnisse wurden bei $p < .05$ als signifikant angesehen und nach Bonferroni-Holm korrigiert, um die Akkumulation von Alpha-Fehlern durch Mehrfachvergleiche zu vermeiden. Alle Schritte und statistischen Tests wurden mit Python 3.0. (Foundation, 2008) in der Anwendung Jupyter Notebook (Jupyter, 2024) durchgeführt.

3 Ergebnisse

Wie bereits in der Zielsetzung der Arbeit erläutert, stehen zwei Fragen im Vordergrund, die diese Arbeit beantworten möchte.

- (i) Hängt die Persönlichkeit mit der funktionellen Konnektivität von *resting-state* Netzwerken des Gehirns zusammen?
 - Ja, es konnten signifikante Zusammenhänge in dieser Arbeit nachgewiesen werden zwischen mehreren Merkmalen und verschiedenen Netzwerkparametern.
- (ii) Welche Muster lassen sich zwischen den Individuen identifizieren?
 - Persönlichkeitsmerkmale wie Lebenszufriedenheit und Merkmale, die sich unter dem Begriff Neurotizismus zusammenfassen lassen, heben sich dabei vor allem in den Korrelationen hervor
 - Es kommt vor allem zu einer Veränderung der Integration bzw. Segregation der Netzwerke je nach Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale.

3.1 Zusammenhang von Persönlichkeitsmerkmalen und der *within*-Netzwerk Konnektivität

Die partielle Korrelation mittels Spearman unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ergab mehrere signifikante Korrelationen. Welche Korrelationen Signifikanz zeigen und die Bonferroni-Holm Korrektur für multiples Testen überlebt haben, ist in **Tabellen 1-13** hervorgehoben.

Die Lebenszufriedenheit hängt signifikant positiv mit der *within*-Netzwerk Konnektivität des SMN ($r = .136$; $p < .001$), DAN ($r = .077$; $p = 0.04$), VAN ($r = .106$; $p = .004$), FPN ($r = .130$; $p < .001$) und DMN ($r = .121$; $p = .001$) zusammen (**Tabelle 1**).

	VN	SMN	DAN	VAN	LN	FPN	DMN
r	.021	.134	.076	.097	-.019	.124	.115
CI95%	[-0.05,0.09]	[0.06,0.2]	[0.0,0.15]	[0.02,0.17]	[-0.09,0.5]	[0.05,0.2]	[0.04,0.19]
p-unc	.580	.000	.041	.009	.615	.001	.002
p-corr	1.000	.006	.622	.157	1.000	.016	.035

Tabelle 1: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Lebenszufriedenheit“ mit der *within*-Netzwerk Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$). Visuelles Netzwerk (VN); Sensomotorisches Netzwerk (SMN); Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk (DAN); Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN); Limbisches Netzwerk (LN); Frontoparietales Netzwerk (FPN); Default Mode Netzwerk (DMN); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

Die Merkmale Aggressivität und Beanspruchung zeigen ebenfalls signifikante, aber negative Korrelationen mit Ruhenetzwerken. Aggressivität korreliert mit dem VAN ($r = -.097$; $p = .009$) und FPN ($r = -.114$; $p = .002$) (**Tabelle 2**). Beanspruchung korreliert mit dem DAN ($r = -.082$; $p = .028$), VAN ($r = -.087$; $p = .019$) und DMN ($r = -.082$; $p = .028$) (**Tabelle 3**).

	VN	SMN	DAN	VAN	LN	FPN	DMN
r	.012	-.037	-.044	-.097	.045	-.112	-.066
CI95%	[-0.06,0.09]	[-0.11,0.04]	[-0.12,0.03]	[-0.17, -0.02]	[-0.03,0.12]	[-0.18,-0.04]	[-0.14,0.01]
p-unc	.741	.319	.235	.009	.231	.003	.077
p-corr	1	1	1	.182	1	.053	1

Tabelle 2: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Aggressivität“ mit der *within*- Netzwerk Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$). Visuelles Netzwerk (VN); Sensomotorisches Netzwerk (SMN); Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk (DAN); Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN); Limbisches Netzwerk (LN); Frontoparietales Netzwerk (FPN); Default Mode Netzwerk (DMN); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

	VN	SMN	DAN	VAN	LN	FPN	DMN
r	.019	-.053	-.085	-.094	.021	-.06	-.089
CI95%	[-0.05,0.09]	[-0.13,0.02]	[-0.16,-0.01]	[-0.16,-0.01]	[-0.05,0.09]	[-0.13,0.01]	[-0.16,-0.02]
p-unc	.613	.158	.023	.012	.576	.11	.017
p-corr	1	1	.43	.249	1	1	.337

Tabelle 3: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Beanspruchung“ mit der *within*-Netzwerk Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$). Visuelles Netzwerk (VN); Sensomotorisches Netzwerk (SMN); Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk (DAN); Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN); Limbisches Netzwerk (LN); Frontoparietales Netzwerk (FPN); Default Mode Netzwerk (DMN); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

Das Merkmal Offenheit zeigte nur eine signifikante Korrelation mit dem FPN ($r = -.075$; $p = .044$) (Tabelle 4). Die Ausprägung der Emotionalität zeigt signifikante Korrelationen mit der *within*-Netzwerk Konnektivität des SMN ($r = -.076$; $p = .042$), DAN ($r = -.081$; $p = .050$) und DMN ($r = -.096$; $p = .020$) (Tabelle 5).

	VN	SMN	DAN	VAN	LN	FPN	DMN
r	-.021	-.006	-.01	-.033	0	-.076	-.028
CI95%	[-0.09,0.05]	[-0.08,0.07]	[-0.08,0.06]	[-0.11,0.04]	[-0.07,0.07]	[-0.15,-0.0]	[-0.1,0.05]
p-unc	.582	.871	.799	.374	.99	.041	.458
p-corr	1	1	1	1	1	.853	1

Tabelle 4: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Offenheit“ mit der *within*-Netzwerk Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$). Visuelles Netzwerk (VN); Sensomotorisches Netzwerk (SMN); Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk (DAN); Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN); Limbisches Netzwerk (LN); Frontoparietales Netzwerk (FPN); Default Mode Netzwerk (DMN); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

	VN	SMN	DAN	VAN	LN	FPN	DMN
r	-.001	-.076	-.081	-.069	-.005	-.079	-.096
CI95%	[-0.07,0.07]	[-0.15,-0.0]	[-0.15,0.01]	[-0.14,0.0]	[-0.08,0.07]	[-0.15,-0.01]	[-0.17,-0.02]
p-unc	.981	.042	.03	.065	.888	.034	.01
p-corr	1	.718	.572	1	1	.605	.215

Tabelle 5: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Emotionalität“ mit der *within*-Netzwerk Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$). Visuelles Netzwerk (VN); Sensomotorisches Netzwerk (SMN); Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk

(DAN); Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN); Limbisches Netzwerk (LN); Frontoparietales Netzwerk (FPN); Default Mode Netzwerk (DMN); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert ($p\text{-unc}$), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert ($p\text{-corr}$), hervorgehoben bei Signifikanz.

Alle anderen Merkmale wie Soziale Orientierung, Leistungsorientierung, Gehemmtheit, Erregbarkeit, Körperliche Beschwerden, Gesundheitssorgen und Extraversion zeigen keine signifikanten Korrelationen mit der *within*-Netzwerk Konnektivität (**Tabelle 6**).

		VN	SMN	DAN	VAN	LN	FPN	DMN
Soziale Orientierung	r	.027	.031	-.02	-.009	-.069	-.013	-.07
	CI95%	[-0.05,0.1]	[-0.04,0.1]	[-0.09,0.05]	[-0.08,0.06]	[-0.14,0.0]	[-0.09,0.06]	[-0.14,0.0]
	p-unc	.472	.412	.587	.799	.064	.722	.061
	p-corr	1	1	1	1	0.918	1	0.918
Leistungsorientierung	r	.011	.05	.038	-.054	.005	.033	-.018
	CI95%	[-0.06,0.08]	[-0.02,0.12]	[-0.03,0.11]	[-0.13,0.02]	[-0.07,0.08]	[-0.04,0.11]	[-0.09,0.06]
	p-unc	.778	.176	.302	.147	.884	.37	.633
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Gehemmtheit	r	-.017	-.016	-.01	-.003	.001	-.002	.024
	CI95%	[-0.09,0.06]	[-0.09,0.06]	[-0.08,0.06]	[-0.08,0.07]	[-0.07,0.07]	[-0.08,0.07]	[-0.05,0.1]
	p-unc	.652	.675	.797	.943	.984	.95	.515
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Erregbarkeit	r	-.01	-.025	-.017	-.054	-.025	-.055	-.034
	CI95%	[-0.08,0.06]	[-0.1,0.05]	[-0.09,0.06]	[-0.13,0.02]	[-0.1,0.05]	[-0.13,0.02]	[-0.11,0.04]
	p-unc	.78	.507	.65	.147	.503	.142	.367
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Körperliche Beschwerden	r	-.003	-.054	-.047	-.064	-.036	-.055	-.053
	CI95%	[-0.08,0.07]	[-0.13,0.02]	[-0.12,0.03]	[-0.14,0.01]	[-0.11,0.04]	[-0.13,0.02]	[-0.13,0.02]
	p-unc	.93	.149	.212	.085	.34	.138	.152
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Gesundheits-Sorgen	r	.032	.009	-.005	.016	.022	.032	.016
	CI95%	[-0.04,0.11]	[-0.06,0.08]	[-0.08,0.07]	[-0.06,0.09]	[-0.05,0.1]	[-0.04,0.1]	[-0.06,0.09]
	p-unc	.385	.813	.899	.66	.549	.395	.659
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Extraversion	r	.022	.027	-.006	-.048	-.025	-.037	-.031
	CI95%	[-0.05,0.09]	[-0.05,0.1]	[-0.08,0.07]	[-0.12,0.03]	[-0.1,0.05]	[-0.11,0.04]	[-0.1,0.04]
	p-unc	.553	.476	.882	.199	.508	.318	.413
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 6: Persönlichkeitsmerkmale der partiellen Korrelation nach Spearman mit der *within*-Netzwerk Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$) ohne Signifikanz.

Visuelles Netzwerk (VN); Sensomotorisches Netzwerk (SMN); Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk (DAN); Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN); Limbisches Netzwerk (LN); Frontoparietales Netzwerk (FPN); Default Mode Netzwerk (DMN); partieller Regressionskoeffizient (r); 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert ($p\text{-unc}$); Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert ($p\text{-corr}$).

3.2 Zusammenhang von Persönlichkeitsmerkmalen und der *inter*-Netzwerk Konnektivität

Bei der Suche nach Zusammenhängen zwischen der *inter*-Netzwerk Konnektivität und den Persönlichkeitsmerkmalen zeigte die Spearman Korrelation unter Berücksichtigung der oben genannten Störfaktoren lediglich signifikante Korrelationen mit dem Merkmal Soziale Orientierung (**Tabelle 7**). Das LN ($r = .097$; $p = .009$), DAN ($r = .082$; $p = .028$) und DMN ($r = .088$; $p = .018$) korrelieren positiv, diese Korrelationen überleben jedoch nicht die Bonferroni-Holm Korrektur.

	VN- <i>inter</i>	SMN- <i>inter</i>	DAN- <i>inter</i>	VAN- <i>inter</i>	LN- <i>inter</i>	FPN- <i>inter</i>	DMN- <i>inter</i>
r	.046	.032	.079	.071	.095	.044	.086
CI95%	[-0.03,0.12]	[-0.04,0.11]	[0.01,0.15]	[-0.0,0.14]	[0.02,0.17]	[-0.03,0.12]	[0.01,0.16]
p-unc	.219	.384	.034	.057	.01	.238	.021
p-corr	1	1	.57	.908	.202	1	.37

Tabelle 7: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Soziale Orientierung“ mit der *inter*-Netzwerk Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$). *Inter*-Netzwerk Konnektivität des Visuellen Netzwerks (VN-*inter*); Sensomotorischen Netzwerks (SMN-*inter*); Dorsalen Aufmerksamkeitsnetzwerks (DAN-*inter*); Ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerks (VAN-*inter*); Limbischen Netzwerks (LN-*inter*); Frontoparietalen Netzwerks (FPN-*inter*); Default Mode Netzwerks (DMN-*inter*); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

Alle anderen Persönlichkeitsnetzwerke zeigen keine signifikanten Korrelationen mit der *inter*-Netzwerk Konnektivität (**Tabelle 8**).

		VN- <i>inter</i>	SMN- <i>inter</i>	DAN- <i>inter</i>	VAN- <i>inter</i>	LN- <i>inter</i>	FPN- <i>inter</i>	DMN- <i>inter</i>
Lebens- zufriedenheit	r	.016	.025	.062	.032	.025	.038	.001
	CI95%	[-0.06,0.09]	[-0.05,0.1]	[-0.01,0.13]	[-0.04,0.1]	[-0.05,0.1]	[-0.04,0.11]	[-0.07,0.07]
	p-unc	.664	.509	.098	.388	.505	.312	.982
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Aggressivität	r	- .023	.008	- .043	.009	- .023	- .007	- .018
	CI95%	[-0.1,0.05]	[-0.06,0.08]	[-0.12,0.03]	[-0.06,0.08]	[-0.1,0.05]	[-0.08,0.07]	[-0.09,0.05]
	p-unc	.538	.823	.251	.81	.545	.848	.59
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Bean- spruchung	r	.022	- .044	- .053	- .034	0	- .049	.035
	CI95%	[-0.05,0.09]	[-0.12,0.03]	[-0.13,0.02]	[-0.11,0.04]	[-0.07,0.07]	[-0.12,0.02]	[-0.04,0.11]
	p-unc	.557	.242	.155	.362	.999	.19	.349
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Emotionalität	r	.015	- .013	- .042	- .01	- .009	- .013	.042
	CI95%	[-0.06,0.09]	[-0.09,0.06]	[-0.11,0.03]	[-0.08,0.06]	[-0.08,0.06]	[-0.09,0.06]	[-0.03,0.11]
	p-unc	.678	.735	.264	.785	.811	.723	.257

	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Leistungs-orientierung	r	.046	.022	.023	0	-.045	-.07	.008
	CI95%	[-0.03,0.12]	[-0.05,0.09]	[-0.05,0.1]	[-0.07,0.07]	[-0.12,0.03]	[-0.14,0.0]	[-0.06,0.08]
	p-unc	.216	.56	.531	.993	.228	.06	.821
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Gehemmtheit	r	-.024	.039	.054	.063	.004	.069	.013
	CI95%	[-0.1,0.05]	[-0.03,0.11]	[-0.02,0.13]	[-0.01,0.14]	[-0.07,0.08]	[-0.0,0.14]	[-0.06,0.09]
	p-unc	.511	.295	.149	.092	.906	.065	.726
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Erregbarkeit	r	.019	-.015	-.007	.014	-.026	-.024	-.017
	CI95%	[-0.05,0.09]	[-0.09,0.06]	[-0.08,0.07]	[-0.06,0.09]	[-0.1,0.05]	[-0.1,0.05]	[-0.09,0.06]
	p-unc	.604	.684	.859	.705	.479	.514	.658
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Körperliche Beschwerden	r	-.037	-.031	-.039	-.029	-.01	-.032	.002
	CI95%	[-0.11,0.04]	[-0.1,0.04]	[-0.11,0.03]	[-0.1,0.04]	[-0.08,0.06]	[-0.1,0.04]	[-0.07,0.08]
	p-unc	.325	.407	.291	.441	.797	.394	.949
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Gesundheits-sorgen	r	-.004	.016	.022	.029	-.047	-.021	.001
	CI95%	[-0.08,0.07]	[-0.06,0.09]	[-0.05,0.1]	[-0.04,0.1]	[-0.12,0.03]	[-0.09,0.05]	[-0.07,0.07]
	p-unc	.918	.675	.547	.44	.212	.568	.984
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Offenheit	r	.006	-.016	-.016	.014	.024	-.007	-.048
	CI95%	[-0.07,0.08]	[-0.09,0.06]	[-0.09,0.06]	[-0.06,0.09]	[-0.05,0.1]	[-0.08,0.07]	[-0.12,0.03]
	p-unc	.872	.673	.671	.702	.517	.861	.197
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Extraversion	r	.023	-.041	-.031	-.033	.004	-.054	-.037
	CI95%	[-0.05,0.1]	[-0.11,0.03]	[-0.1,0.04]	[-0.11,0.04]	[-0.07,0.08]	[-0.13,0.02]	[-0.11,0.04]
	p-unc	.546	.272	.412	.378	.908	.148	.32
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 8: Persönlichkeitsmerkmale der partiellen Korrelation nach Spearman mit der *inter*-Netzwerk

Konnektivität der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und

Bildungsstand ($n = 724$) ohne Signifikanz. *Inter*-Netzwerk Konnektivität des Visuellen Netzwerks (*VN-inter*);

Sensomotorischen Netzwerks (*SMN-inter*); Dorsalen Aufmerksamkeitsnetzwerks (*DAN-inter*); Ventralen

Aufmerksamkeitsnetzwerks (*VAN-inter*); Limbischen Netzwerks (*LN-inter*); Frontoparietalen Netzwerks (*FPN-inter*); Default Mode

Netzwerks (*DMN-inter*); partieller Regressionskoeffizient (r); 95%- Konfidenzintervall ($CI95\%$); unkorrigierter p -Wert ($p\text{-unc}$);

Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert ($p\text{-corr}$).

3.3 Zusammenhang von Persönlichkeitsmerkmalen und dem Segregationsindex

Wie bereits in der Methodik ausgeführt, wurde in diesen Analysen ein Parameter korreliert, der die Hirnsegregation bzw. Integration quantifiziert. Er beschreibt also, wie sehr die Netzwerke mit sich bzw. mit anderen Ruhenetzwerken verbunden sind. Er kann Werte zwischen „-1“ (maximale Integration) und „1“ (maximale Segregation) annehmen.

Hier zeigten sich einige signifikante Zusammenhänge. Auch hier wurde die Spearman Korrelation unter Berücksichtigung der oben genannten Störfaktoren mit anschließender Bonferroni-Holm Korrektur verwendet. Korrelationen, die die Korrektur überlebt haben, sind in **Abb. 3** markiert.

Die Lebenszufriedenheit zeigt signifikante positive Korrelationen mit den Netzwerken SMN ($r = .128$; $p = .001$) und DMN ($r = .083$; $p = .025$), dementsprechend segregierte, für sich arbeitende Netzwerke bei hoher Lebenszufriedenheit (**Tabelle 9**).

	VN-ratio	SMN-ratio	DAN-ratio	VAN-ratio	LN-ratio	FPN-ratio	DMN-ratio
r	-.001	.125	.054	.031	-.028	.051	.079
CI95%	[-0.07,0.07]	[0.05,0.2]	[-0.02,0.13]	[-0.04,0.1]	[-0.1,0.05]	[-0.02,0.12]	[0.01,0.15]
p-unc	.983	.001	.149	.405	.456	.171	.033
p-corr	1	.015	1	1	1	1	.527

Tabelle 9: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Lebenszufriedenheit“ mit der Netzwerk-ratio der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$).

Netzwerk-ratio des Visuellen Netzwerks (VN-ratio); Sensomotorischen Netzwerks (SMN-ratio); Dorsalen Aufmerksamkeitsnetzwerks (DAN-ratio); Ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerks (VAN-ratio); Limbischen Netzwerks (LN-ratio); Frontoparietalen Netzwerks (FPN-ratio); Default Mode Netzwerks (DMN-ratio); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

Die Soziale Orientierung hingegen zeigt signifikante negative Korrelationen mit den Ruhenetzwerken LN ($r = -.114$; $p = .002$) und DMN ($r = -.096$; $p = .010$) (**Tabelle 10**).

	VN-ratio	SMN-ratio	DAN-ratio	VAN-ratio	LN-ratio	FPN-ratio	DMN-ratio
r	-.018	.011	-.045	-.051	-.114	-.056	-.096
CI95%	[-0.09,0.05]	[-0.06,0.08]	[-0.12,0.03]	[-0.12,0.02]	[-0.19,-0.04]	[-0.13,0.02]	[-0.17,-0.02]
p-unc	.622	.766	.226	.17	.002	.134	.01
p-corr	1	1	1	1	.044	1	.202

Tabelle 10: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Soziale Orientierung“ mit der Netzwerk-ratio der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$).

Netzwerk-ratio des Visuellen Netzwerks (VN-ratio); Sensomotorischen Netzwerks (SMN-ratio); Dorsalen Aufmerksamkeitsnetzwerks (DAN-ratio); Ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerks (VAN-ratio); Limbischen Netzwerks (LN-ratio); Frontoparietalen Netzwerks (FPN-ratio); Default Mode Netzwerks (DMN-ratio); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

Ebenso zeigt die Skala Aggressivität negative Korrelationen, also die integrierten Ruhenetzwerke bei Ausprägung des Merkmals, für das VAN ($r = -.095$; $p = .010$) und FPN ($r = -.096$; $p = .010$) (**Tabelle 11**).

Und je emotionaler sich die ProbandInnen auf der Skala einordnen, desto integrierter ist das DMN ($r = -.086$; $p = .021$) (**Tabelle 12**).

	VN-ratio	SMN-ratio	DAN-ratio	VAN-ratio	LN-ratio	FPN-ratio	DMN-ratio
r	.028	-.038	-.091	-.01	.043	-.087	-.039
CI95%	[-0.05,0.1]	[-0.11,0.04]	[-0.16,-0.02]	[-0.08,0.06]	[-0.03,0.12]	[-0.16,-0.01]	[-0.11,0.03]
p-unc	.452	.312	.014	.794	.253	.019	.295
p-corr	1	1	.266	1	1	.344	1

Tabelle 11: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Aggressivität“ mit der Netzwerk-ratio der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$).

Netzwerk-ratio des Visuellen Netzwerks (VN-ratio); Sensomotorischen Netzwerks (SMN-ratio); Dorsalen Aufmerksamkeitsnetzwerks (DAN-ratio); Ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerks (VAN-ratio); Limbischen Netzwerks (LN-ratio); Frontoparietalen Netzwerks (FPN-ratio); Default Mode Netzwerks (DMN-ratio); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

	VN-ratio	SMN-ratio	DAN-ratio	VAN-ratio	LN-ratio	FPN-ratio	DMN-ratio
r	-.013	-.063	-.043	-.046	-.008	-.049	-.089
CI95%	[-0.09,0.06]	[-0.14,0.01]	[-0.12,0.03]	[-0.12,0.03]	[-0.08,0.06]	[-0.12,0.02]	[-0.16,-0.02]
p-unc	.722	.093	.25	.221	.824	.193	.017
p-corr	1	1	1	1	1	1	.332

Tabelle 12: Partielle Korrelation nach Spearman des Merkmals „Emotionalität“ mit der Netzwerk-ratio der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$).

Netzwerk-ratio des Visuellen Netzwerks (VN-ratio); Sensomotorischen Netzwerks (SMN-ratio); Dorsalen Aufmerksamkeitsnetzwerks (DAN-ratio); Ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerks (VAN-ratio); Limbischen Netzwerks (LN-ratio); Frontoparietalen Netzwerks (FPN-ratio); Default Mode Netzwerks (DMN-ratio); partieller Regressionskoeffizient (r), hervorgehoben bei Signifikanz; 95%- Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc), hervorgehoben bei Signifikanz; Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr), hervorgehoben bei Signifikanz.

Alle anderen Persönlichkeitsnetzwerke zeigen keine signifikanten Korrelationen mit dem *ratio-score* der Ruhenetzwerke und sind in **Tabelle 13** gelistet. Zusammenfassend sind alle Korrelationen in einem Balkendiagramm in den **Abbildungen 3 und 4** visualisiert.

		VN-ratio	SMN-ratio	DAN-ratio	VAN-ratio	LN-ratio	FPN-ratio	DMN-ratio
Beanspruchung	r	.003	-.033	-.042	-.042	.024	-.005	-.073
	CI95%	[-0.07,0.08]	[-0.11,0.04]	[-0.11,0.03]	[-0.11,0.03]	[-0.05,0.1]	[-0.08,0.07]	[-0.15,0.0]
	p-unc	.933	.377	.262	.259	.529	.886	.051
	p-corr	1	1	1	1	1	1	.91
Leistungs-	r	-.034	.033	-.045	.008	.029	.062	-.018

orientierung	CI95%	[-0.11,0.04]	[-0.04,0.11]	[-0.12,0.03]	[-0.07,0.08]	[-0.04,0.1]	[-0.01,0.13]	[-0.09,0.05]
	p-unc	.367	.369	.232	.835	.432	.095	.626
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Gehemmtheit	r	.008	-.027	-.034	-.026	-.006	-.049	-.002
	CI95%	[-0.07,0.08]	[-0.1,0.05]	[-0.11,0.04]	[-0.1,0.05]	[-0.08,0.07]	[-0.12,0.02]	[-0.08,0.07]
	p-unc	.834	.467	.357	.493	.863	.189	.948
Erregbarkeit	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
	r	-.023	-.013	-.051	-.008	-.012	-.022	-.015
	CI95%	[-0.1,0.05]	[-0.09,0.06]	[-0.12,0.02]	[-0.08,0.06]	[-0.08,0.06]	[-0.1,0.05]	[-0.09,0.06]
Körperliche Beschwerden	p-unc	.532	.725	.173	.825	.753	.546	.687
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
	r	.017	-.032	-.024	-.027	-.027	-.023	-.036
Gesundheits-sorgen	CI95%	[-0.06,0.09]	[-0.1,0.04]	[-0.1,0.05]	[-0.1,0.05]	[-0.1,0.05]	[-0.1,0.05]	[-0.11,0.04]
	p-unc	.65	.397	.518	.474	.471	.54	.331
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
Offenheit	r	.016	.013	-.013	-.018	.043	.028	.015
	CI95%	[-0.06,0.09]	[-0.06,0.09]	[-0.09,0.06]	[-0.09,0.06]	[-0.03,0.12]	[-0.05,0.1]	[-0.06,0.09]
	p-unc	.669	.727	.734	.638	.245	.452	.688
Extraversion	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
	r	-.001	-.011	-.03	.007	-.013	-.052	.014
	CI95%	[-0.07,0.07]	[-0.08,0.06]	[-0.1,0.04]	[-0.07,0.08]	[-0.09,0.06]	[-0.12,0.02]	[-0.06,0.09]
	p-unc	.987	.763	.427	.86	.723	.164	.716
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1
	r	.004	.042	-.029	.004	-.017	.004	.015
	CI95%	[-0.07,0.08]	[-0.03,0.11]	[-0.1,0.04]	[-0.07,0.08]	[-0.09,0.06]	[-0.07,0.08]	[-0.06,0.09]
	p-unc	.925	.257	.434	.907	.65	.918	.693
	p-corr	1	1	1	1	1	1	1

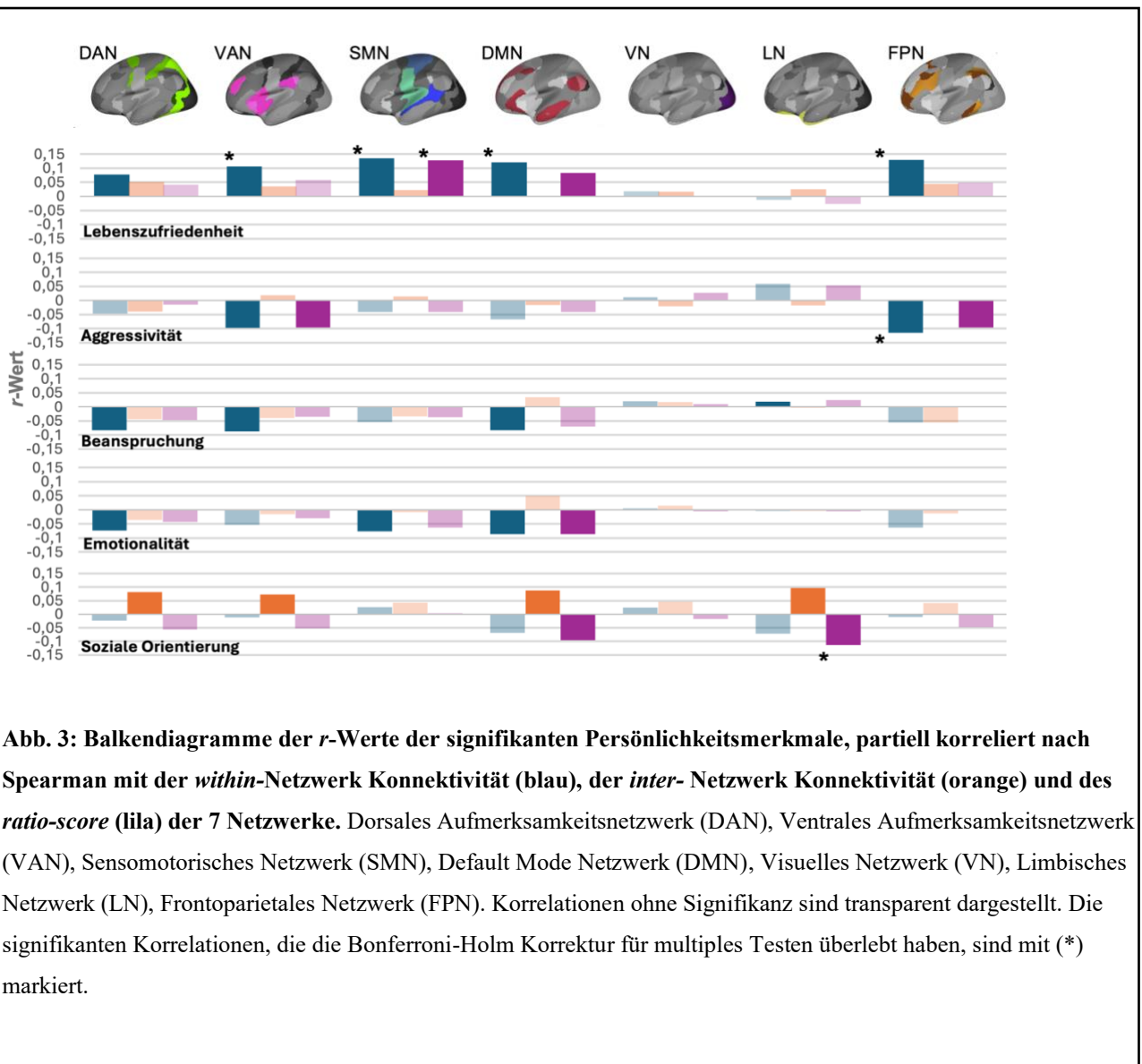
Tabelle 13: Persönlichkeitsmerkmale der partiellen Korrelation nach Spearman mit der Netzwerk-ratio der 7 Ruhenetzwerke unter Berücksichtigung der Störfaktoren Alter, Geschlecht und Bildungsstand ($n = 724$) ohne

Signifikanz. Netzwerk-ratio des Visuellen Netzwerks (VN-ratio); Sensomotorischen Netzwerks (SMN-ratio); Dorsalen

Aufmerksamkeitsnetzwerks (DAN-ratio); Ventralen Aufmerksamkeitsnetzwerks (VAN-ratio); Limbischen Netzwerks (LN-ratio);

Frontoparietalen Netzwerks (FPN-ratio); Default Mode Netzwerks (DMN-ratio); partieller Regressionskoeffizient (r); 95%-

Konfidenzintervall (CI95%); unkorrigierter p -Wert (p -unc); Bonferroni-Holm korrigierter p -Wert (p -corr).



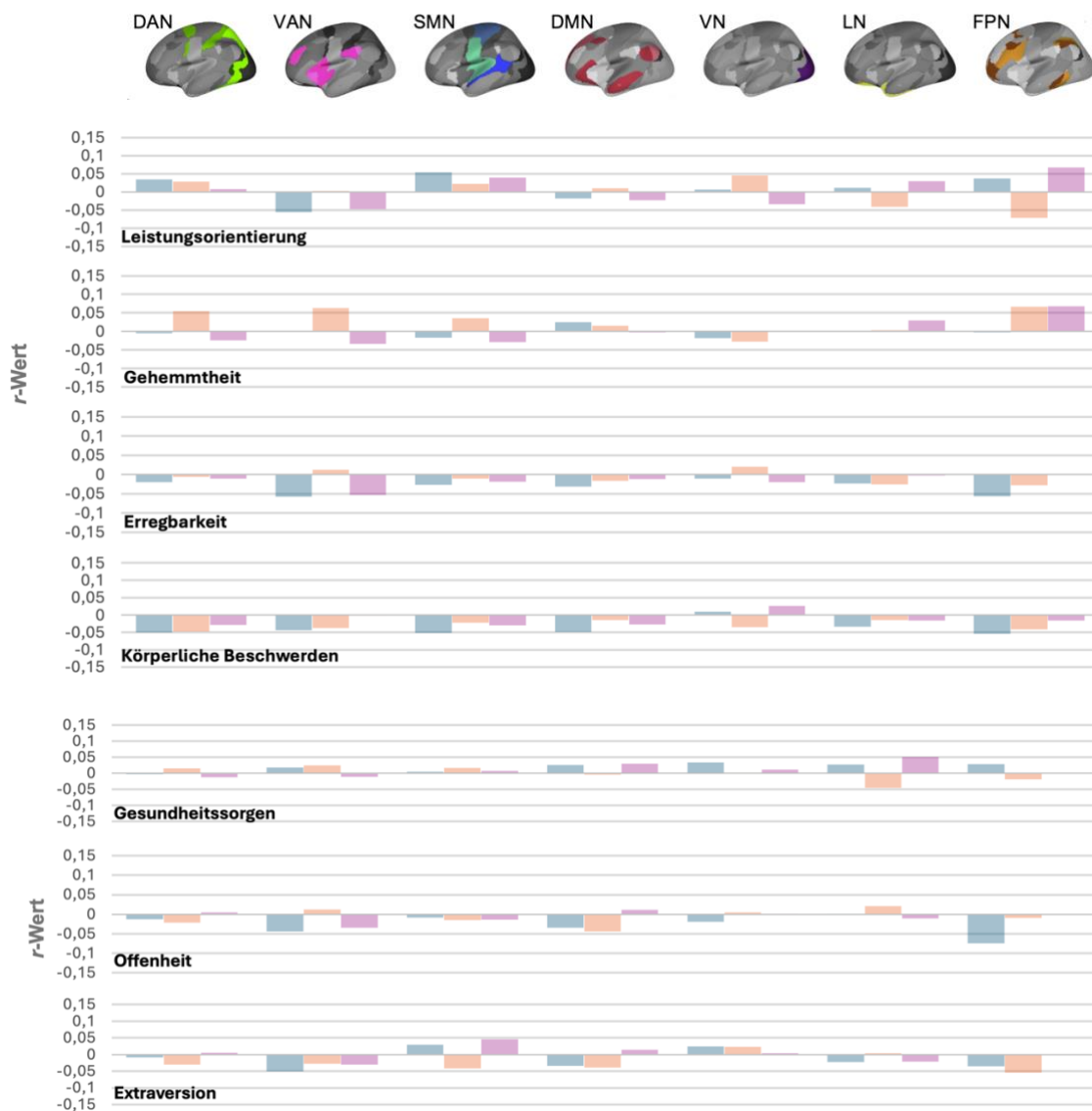


Abb. 4: Balkendiagramme der r -Werte der nicht-signifikanten Persönlichkeitsmerkmale (transparent), partiell korreliert nach Spearman mit der *within*- Netzwerk Konnektivität (blau), der *inter*- Netzwerk Konnektivität (orange) und des *ratio*-scores (lila) der 7 Netzwerke. Dorsales Aufmerksamkeitsnetzwerk (DAN), Ventrales Aufmerksamkeitsnetzwerk (VAN), Sensomotorisches Netzwerk (SMN), Default Mode Netzwerk (DMN), Visuelles Netzwerk (VN), Limbisches Netzwerk (LN), Frontoparietales Netzwerk (FPN)

3.4 Gruppenvergleiche

Um die Daten hinsichtlich weiterer Gruppenunterschiede zu untersuchen, wurden im Anschluss an obige Analysen Gruppenvergleiche mit dem Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dafür wurden mittels Hauptkomponentenanalyse drei Hauptmerkmale festgelegt, die unter den Überbegriffen Emotionalität, Offenheit und Extraversion im nachfolgenden zusammengefasst werden.

Dabei zeigte sich ein signifikanter Geschlechtsunterschied zwischen Männern und Frauen und den Hauptkomponenten der Persönlichkeit ($U = 308017.0, p < .001$) und auch in den RSFC-Netzwerken ($U = 5444214.0, p < .001$). Post-hoc-Tests wurden durchgeführt und zeigten signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede in den Persönlichkeitsmerkmalen im paarweisen t-test für alle drei Hauptmerkmale. Frauen zeigten signifikante höhere Werte im Hinblick auf die Hauptkomponente Emotionalität auf ($t(740) = 5.69, 95\%CI[0.51, 1.05], p < .001$). Männer zeigten signifikant höhere Werte für die Hauptkomponente Extraversion ($t(740) = -4.01, 95\%CI[-0.61, -0.21], p < .001$) und Offenheit ($t(740) = -7.66, 95\%CI[-0.76, -0.45], p < .001$). Alle haben die Bonferroni-Korrektur überlebt.

Für die *within*-Netzwerk RSFC des VAN ($t(705) = 3.40, p < .001$) und DMN ($t(717) = 2.9, p = .004$) ergab sich eine höhere Konnektivität bei Frauen (VAN: $M = 53.96, SD = 1.14$; DMN: $M = 93.77, SD = 1.81$) als bei Männern (VAN: $M = 50.08, SD = 1.14$; DMN: $M = 88.50, SD = 1.81$). Bei der *inter*-Netzwerk RSFC wurde ein signifikanter Geschlechtsunterschied nur im SMN ($t(716) = 3.45, p = .001$) und ein höhere *inter*-Netzwerk Konnektivität bei Männern ($M = 33.63, SD = 0.70$) im Vergleich zu Frauen festgestellt ($M = 31.22, SD = 0.70$). Ebenfalls nachweisbar waren Gruppenunterschiede beim *ratio-score* des VAN ($t(706) = 4.23, p = .001$). Frauen zeigten eine signifikant höhere Segregation dieses Netzwerks ($M = -0.16, SD = 0.012$), Männer eine eher höhere Integration ($M = -0.21, SD = 0.012$). Alle oben genannten Ergebnisse haben die Bonferroni-Korrektur überstanden.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurde eine Subgruppenanalyse durchgeführt, um die geschlechtsspezifischen Unterschiede genauer zu untersuchen. Zu Beginn der Analyse wurde eine partielle Korrelation nach Spearman durchgeführt und Alter und Bildungsniveau wurden als Störfaktoren angesehen. Die Geschlechter wurden jedoch getrennt betrachtet und ihre Hauptkomponenten von Persönlichkeitsmerkmalen als unabhängige Variablen verwendet.

Bei den Frauen zeigte sich nur die Korrelation des *ratio-score* des VAN mit der Hauptkomponente Offenheit signifikante Ergebnisse ($r = -0.12, p = .03$). In der Gruppe der Männer wurden mehrere signifikante Korrelationen zwischen Persönlichkeit und Netzwerkparametern gefunden. Die Hauptkomponente Extraversion zeigt eine signifikante negative Korrelation mit dem FPN ($r = -0.11, p = .028$). Die letzte Hauptkomponente Offenheit korreliert signifikant mit dem *inter*-Netzwerk RSFC des DAN ($r = -0.13, p = .01$) und dem DMN ($r = -0.18, p = .0004$). Auch mit den *ratio-score* des VAN ($r = 0.11, p = .03$) und des DMN ($r = 0.14, p = .005$).

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die Feststellung, dass es im natürlichen Alterungsprozess interindividuelle Unterschiede in der funktionellen Konnektivität gibt, die der Faktor Alter allein nicht erklären kann. Daher beschäftigt sich diese Arbeit mit der Frage, ob die Persönlichkeit ein Faktor sein kann, der diese interindividuelle Varianz erklären kann. Ob Persönlichkeitsmerkmale einen Zusammenhang mit der funktionellen Konnektivität aufzeigen und ob sich Muster herausarbeiten lassen, sollte anhand dieser Studie untersucht werden. Diese Kernfrage lässt sich mit ja beantworten, da verschiedene signifikante Korrelationen von Persönlichkeitsmerkmalen und der funktionellen Konnektivität aufgezeigt werden konnten und sich sogar Muster erkennen lassen. Ebenso lassen sich in Subgruppenanalysen Geschlechterunterschiede herausarbeiten.

4.1 *Within*-Netzwerk Konnektivität

Die *within*-Netzwerk Konnektivität ist ein graphentheoretischer Parameter, der beschreibt, wie viele Verbindungen innerhalb eines Netzwerkes existieren. Welche Rolle diese intrinsische Verbundenheit eines Netzwerkes im Gehirn hat, haben bisher viele Studien versucht herauszuarbeiten. Beispielsweise die Frage bei welchen Individuen aufgrund welcher Faktoren diese Verbindungen stärker oder schwächer ausgeprägt sind. Dabei konnten Altersunterschiede und Geschlechterunterschiede identifiziert werden. Diese zeigen, dass im Alter die *within*-Netzwerk Konnektivität insgesamt eher abnimmt (Geerligs et al., 2015, Park et al., 2004, Zonneveld et al., 2019) und bei Betrachtung der Geschlechter Frauen höhere *within*-Netzwerk Konnektivitäten in manchen Ruhenetzwerken (z.B. FPN und DMN) zeigen als Männer (Allen et al., 2011, Scheinost et al., 2015).

Aber auch Unterschiede in kognitiven Funktionen hängen eng mit den Konnektivitätsmustern zusammen. So zeigen höhere *within*-Netzwerk Konnektivitäten im VN und SMN bessere Ergebnisse in kognitiven Tests wie nonverbalen Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsaufgaben (Stumme et al., 2020). Eine erniedrigte *within*-Netzwerk Konnektivität des DMN hingegen geht mit Beeinträchtigung des Gedächtnisses, der exekutiven Funktionen und der Verarbeitungsgeschwindigkeit einher (Andrews-Hanna et al., 2007, Geerligs et al., 2012, Sambataro et al., 2010).

In dieser Arbeit konnten positive Korrelationen des Persönlichkeitsmerkmals Lebenszufriedenheit mit der *within*-Netzwerk Konnektivität von primär verarbeitenden Netzwerken wie dem SMN und sekundär verarbeitenden Netzwerken wie dem DAN, VAN, FPN und DMN festgestellt werden. Je höher die Lebenszufriedenheit bei den ProbandInnen ist, desto mehr kommunizieren die Netzwerke mit sich selbst. Es ist bekannt, dass eine erhöhte *within*-Netzwerk Konnektivität (also eine hohe Segregation) mit erhöhten kognitiven Funktionen einhergeht (Wig, 2017). Eine hohe Lebenszufriedenheit könnte in Zusammenschau

dieser Ergebnisse aus aktueller Forschung durch erhaltene Netzwerkspezialisierung als Ausdruck hoher *within*-Netzwerk Konnektivität einen protektiven Effekt hinsichtlich kognitiver Funktionen haben. Dies gilt auch für Faktoren, die eine hohe Lebenszufriedenheit begünstigen, wie beispielsweise sportlich und kognitiv erhaltene Aktivität im hohen Alter. Da in dieser Studie aufgrund der Datenlage aber nicht auf Kausalität geschlossen werden kann, bleibt es bei einer Hypothese, die zukünftige Studien näher betrachten müssen. Das Merkmal Aggressivität zeigt negative Korrelationen mit dem VAN und FPN, das Merkmal Beanspruchung mit dem DAN, VAN und DMN und das Merkmal Emotionalität korreliert negativ mit dem SMN, DAN und DMN. Diese Merkmale - Aggressivität, Beanspruchung und Emotionalität – werden in dieser Arbeit mit dem Überbegriff Neurotizismus zusammengefasst, der im Rahmen der „*Big Five*“ eine eigene Persönlichkeitsdimension darstellt, hier aber der Übersicht wegen als Sammelbegriff dient. Die verminderte Konnektivität, die die Ruhenetzwerke zeigen, wurde auch in anderen Arbeiten im Zusammenhang mit hohem Neurotizismus nachgewiesen (Nostro et al., 2018, Servaas et al., 2015). Es wurde ebenso bereits in anderen Studien gezeigt, dass Neurotizismus mit einer Abnahme von kognitiven Fähigkeiten einhergeht, (Caselli et al., 2016, Luchetti et al., 2016), und sogar mit neurodegenerativen Erkrankungen (Terracciano et al., 2014) zusammenhängt. Eine verringerte Konnektivität innerhalb eines Ruhenetzwerkes wie dem FPN könnte die Aufmerksamkeit beeinträchtigen, ebenso eine verringerte Aktivität im DMN und SMN das Umschalten vom Ruhe- hin zum Aufgabenzustand des Gehirns und sensomotorische Aktivitäten erschweren kann. Dafür spricht auch die Arbeit von Marek et al. (2018), die zeigt, dass im FPN bei ADHS und Schizophrenie die Konnektivität innerhalb des Netzwerkes verringert ist, während sie zu dem DMN steigt. Im Hinblick auf das Merkmal Offenheit und Konnektivität kamen bisherige Arbeiten zu unterschiedlichen Ergebnissen. Simon et al. (2020) konnten eine steigende *within*-Netzwerk Konnektivität bei hoher Offenheit feststellen, Li et al. (2022) hingegen konnte keinerlei Korrelationen identifizieren. In dieser Arbeit zeigte sich eine schwache negative Korrelation zwischen dem Merkmal Offenheit und der *within*-Netzwerk Konnektivität des FPN, die jedoch keine Korrektur für multiple Vergleiche überlebt. Betrachtet man die Geschlechter getrennt, konnten keinerlei signifikante Korrelation zwischen Offenheit und *within*-Netzwerk Konnektivität festgestellt werden. Aufgrund der schwachen Signifikanz in dieser Studie und widersprüchlichen Ergebnissen vorheriger Studien sind für eine ausreichende Beleuchtung des Zusammenhangs des Merkmals Offenheit und der Konnektivität weitere Studien mit anderen methodischen Ansätzen und bestenfalls noch größeren Stichproben nötig.

4.2 *Inter*-Netzwerk Konnektivität

Es wurde bereits gezeigt, dass im Alter die Verbindungen zwischen den Netzwerken, also die *inter*-Netzwerk Konnektivität steigt (Chan et al., 2014, Ferreira et al., 2016, Geerligs et al., 2015, Grady et al., 2016). Verschiedene Erklärungsansätze wurden für eine solche Hirnumstrukturierung im Alter konstatiert, wobei an

dieser Stelle die Kompensationshypothese (Reuter-Lorenz and Cappell, 2008) erwähnt werden soll. Diese sagt aus, dass Kompensationsvorgänge im Alter stattfinden, um eine sinkende *within*-Netzwerk Konnektivität durch eine steigende *inter*-Netzwerk Konnektivität auszugleichen, mit dem Rekrutieren von anderen Netzwerken. Dadurch könnte bis zu einem gewissen Punkt eine verringerte Konnektivität von Netzwerken ausgeglichen werden. Betrachtet man nun die Korrelationen zwischen den Persönlichkeitsmerkmalen und der *inter*- Netzwerk Konnektivität der Ruhenetzwerke, so zeigt sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Sozialen Orientierung und dem DAN, VAN, LN und DMN. Je sozial orientierter die ProbandInnen sind, desto höher ist die Kommunikation dieser genannten Netzwerke mit allen anderen Ruhenetzwerken. Wenn man sich das Merkmal Soziale Orientierung wie es im FPI definiert ist, näher anschaut, so lässt sich sagen, dass es für eine hohe Soziale Orientierung viele Fähigkeiten braucht, wie z.B. Aufmerksamkeit, Selbstreflektion, Fremdwahrnehmung und emotionale und soziale Kognition.

Auch wenn sich mit der Datenlage nicht auf Kausalität schließen lässt, könnte es sich im Konnektivitätsmuster der Ruhenetzwerke so widerspiegeln, dass viele Netzwerke rekrutiert werden, wenn eine hohe soziale Orientierung vorliegt, um den Anforderungen an Aufmerksamkeit, Selbstreflektion usw. gerecht zu werden. Interessant ist hier, dass wenn man die Geschlechter getrennt betrachtet, Frauen keine Korrelationen der Sozialen Orientierung mit der *inter*-Netzwerk Konnektivität zeigen und Männer im DAN, LN und DMN sogar höhere Korrelationen zeigen, wovon das DMN die Bonferroni- Holm Korrektur auch überlebt.

Weitere Studien, die die Soziale Orientierung geschlechtergetrennt betrachten, sind hier nötig, um Klarheit in den Zusammenhang dieser multifaktoriellen Merkmale mit der Konnektivität zu bringen.

4.3 Ratio-Score

Der *ratio*-Score quantifiziert, wie segregiert (hohe *within*-Netzwerk Konnektivität, niedrige *inter*-Netzwerk Konnektivität) bzw. wie integriert (niedrige *within*-Netzwerk Konnektivität, hohe *inter*-Netzwerk Konnektivität) ein Netzwerk ist.

Aus der aktuellen Studienlage geht hervor, dass im Alter die Segregation zugunsten einer erhöhten Integration abnimmt (Ferrarini et al., 2009). Ebenso hängt eine erhöhte Integration mit schlechterer kognitiver Performance zusammen (Chan et al., 2014, Iordan et al., 2017).

Eine niedrigere Integration zugunsten einer erhöhten Segregation hingegen scheint einen positiven Effekt auf die kognitive Leistung zu haben (Chan et al., 2014, Grady et al., 2016, Iordan et al., 2017). Inwiefern die Ergebnisse dieser Arbeit und die Unterschiede in der Hirnarchitektur in Bezug auf Kognition zu werten sind, bleibt in zukünftigen Arbeiten zu eruieren. Da in wenigen Arbeiten ein ratio der *within*-Netzwerk und *inter*-Netzwerk Konnektivität betrachtet wurde, ist eine Vergleichbarkeit schwierig. Wir wissen, dass bei isolierter

Betrachtung eine erniedrigte Konnektivität innerhalb des FPN und DMN (*within*-Netzwerk Konnektivität) mit einem kognitiven Verfall assoziiert zu sein scheint (Simon et al., 2020). Lebenszufriedene ProbandInnen zeigen einen positiven Zusammenhang mit dem *ratio-Score* des DMN und SMN, es besteht demnach eine erhöhte Segregation dieser Netzwerke.

Interessant wäre in zukünftigen Arbeiten herauszuarbeiten, ob dieses Persönlichkeitsmerkmal einen protektiven Effekt hat, wenn es mit segregierten Hirnnetzwerken zusammenhängt, was wie oben erwähnt mit besseren kognitiven Leistungen assoziiert ist bzw. der Hirnarchitektur jüngerer Menschen ähnelt. Es wurde bereits für das Persönlichkeitsmerkmal *consciousness* in anderen Studien ein protektiver Effekt sowohl auf die kognitive Leistung (Caselli et al., 2016, Luchetti et al., 2016) als auch auf die Lebenserwartung festgestellt (Turiano et al., 2015).

Im Hinblick auf Merkmale, die eher dem neurotizistischen Persönlichkeitstyp zuzuordnen sind, wie Beanspruchung, Aggressivität und Emotionalität, wurde in dieser Arbeit eine zugunsten einer erhöhten *inter*-Netzwerk Konnektivität verringerte *within*-Netzwerk Konnektivität erwartet. Dies entspricht einer erhöhten Integration von Ruhenetzwerken. Andere Arbeiten haben bereits eine Korrelation von Neurotizismus und erniedrigter *within*-Netzwerk Konnektivität von Ruhenetzwerken identifizieren können (Simon et al., 2020, Nostro et al., 2018, Servaas et al., 2015). Signifikante negative Korrelationen ergaben sich für die Merkmale Aggressivität und Emotionalität, für das Merkmal Beanspruchung zeigte lediglich die Subgruppenanalyse bei den Männern einen signifikanten negativen Zusammenhang mit dem *ratio-Score* des VAN und DMN. Interessanterweise zeigte das Merkmal Aggressivität bei Betrachtung beider Geschlechter einen negativen Zusammenhang mit dem FPN und VAN, bei weiterführenden Analysen mit Betrachtung der geschlechtergetrennten Subgruppen zeigten Männer keinerlei signifikante Korrelationen dieses Merkmals mit dem *ratio-Score*. Frauen hingegen wiesen stärkere negative Korrelationen auf und auch der *ratio-Score* des SMN korreliert bei Frauen signifikant negativ mit der Aggressivität. Das Merkmal Emotionalität zeigte ebenso eine signifikante negative Korrelation im Hinblick auf das DMN, somit zeigt bei höherer Emotionalität das DMN eine erhöhte Integration.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Integration vor allem sekundär verarbeitender Netzwerke höher ist, je neurotizistischer ProbandInnen sich im FPI einschätzen. Bei getrennter Betrachtung der Geschlechter sind diese Zusammenhänge sogar noch stärker. In früheren Arbeiten konnte höherer Neurotizismus als ein Faktor für unterschiedliche kognitive Leistungen und Aufmerksamkeitsdefizite identifiziert werden (Bredemeier et al., 2011, Robinson et al., 2007, Robinson and Tamir, 2005). Womöglich sind diese Defizite bei eher neurotizistischen Menschen bedingt durch eine „Globalisierung“ der Aktivität von Ruhenetzwerken, sprich einer engeren Kommunikation mit anderen Netzwerken als innerhalb des eigenen Netzwerkes wie in dieser Arbeit gezeigt werden konnte.

Es konnte ebenso eine signifikante negative Korrelation des Merkmals Soziale Orientierung mit dem *ratio-Score* des DMN und LN festgestellt werden, was initial nicht zu erwarten war. Wenn Menschen sozial orientiert sind, müssen sie sowohl in Ruhe als auch bei Aufgaben auf die Funktionen eines breiten Spektrums von Netzwerken zurückgreifen; es muss eine Selbstreflexion stattfinden, Emotionen müssen

verarbeitet werden und neue Reize müssen entdeckt, eingeordnet und darauf reagiert werden. Dies könnte die ausgeprägte Integration des DMN und des LN bei sozial orientierten Menschen erklären. Ob diese vermehrte Konnektivität hier auch nachteilig sein könnte, bleibt in Zukunft zu untersuchen.

4.4 Schlussfolgerung

Der Alterungsprozess ist interindividuell verschieden im Hinblick auf Hirnarchitektur, Kognition und andere Fähigkeiten (Bartrés-Faz and Arenaza-Urquijo, 2011, Grady, 2012, Stern, 2009). Welche Faktoren diese interindividuellen Unterschiede mit beeinflussen und wie man sie in Zukunft für ein gesundes Altern verändern kann, ist Gegenstand aktueller Forschung.

Diese Arbeit konnte nachweisen, dass die Persönlichkeit ein Faktor ist, der mit der interindividuellen Varianz des älteren Gehirns zusammenhängt. Die Hirnarchitektur ist je nach Persönlichkeitsmerkmal anders gestaltet. Im Wesentlichen zeigt sich eine vermehrte Konnektivität innerhalb der Netzwerke (*within*-Netzwerk Konnektivität) und eine erhöhte Segregation bei Lebenszufriedenen Menschen. Eine verminderte Konnektivität innerhalb der Netzwerke und damit eine erhöhte Integration dieser zeigt sich hingegen bei Menschen mit starker Ausprägung der Merkmale Beanspruchung, Aggressivität und Emotionalität, also eher bei Menschen mit erhöhten neurotizistischem Merkmal. Sozial orientierte ProbandInnen zeigen eine verminderte Konnektivität zwischen Netzwerken (*inter*-Netzwerk Konnektivität) und eine erhöhte Integration. Die bereits vorhandene hohe Integrität bei hohem Neurotizismus und Sozialer Orientierung könnte eine weitere Rekrutierung im Rahmen der kognitiven Kompensation verhindern. Eine negativere Standardkonnektivität beim *ratio-Score* (d.h. eine niedrige Integration) wie bei Lebenszufriedenen Menschen könnte eine wichtige Bedingung für die Verlagerung der Hirnfunktion sein, da mehr Netzwerke im Ruhezustand bei einer Aufgabe rekrutiert werden können.

Bestimmte Ausprägungen von Persönlichkeitsmerkmalen wie Neurotizismus könnten „Demenztreiber“ sein oder zu neurodegenerativen Erkrankungen beitragen (Terracciano et al., 2014). Andere Persönlichkeitsmerkmale zeigen keine signifikanten Assoziationen mit RSFCs, so dass sie möglicherweise keine wichtige Rolle in Bezug auf die Konnektivitätsarchitektur bei älteren Menschen spielen. Allerdings könnten größere Stichproben auch hier kleine Effekte zeigen. Die Ergebnisse dieser Studie helfen dabei zu verstehen, welche Zusammenhänge Persönlichkeit mit der Konnektivität von Ruhenetzwerken im älteren Gehirn aufzeigt.

5 Literaturverzeichnis

- AFYOUNI, S. & NICHOLS, T. E. 2018. Insight and inference for DVARS. *Neuroimage*, 172, 291-312.
- ALLEN, E. A., ERHARDT, E. B., DAMARAJU, E., GRUNER, W., SEGALL, J. M., SILVA, R. F., HAVLICEK, M., RACHAKONDA, S., FRIES, J., KALYANAM, R., MICHAEL, A. M., CAPRIHAN, A., TURNER, J. A., EICHELE, T., ADELSHEIM, S., BRYAN, A. D., BUSTILLO, J., CLARK, V. P., FELDSTEIN EWING, S. W., FILBEY, F., FORD, C. C., HUTCHISON, K., JUNG, R. E., KIEHL, K. A., KODITUWAKKU, P., KOMESU, Y. M., MAYER, A. R., PEARLSON, G. D., PHILLIPS, J. P., SADEK, J. R., STEVENS, M., TEUSCHER, U., THOMA, R. J. & CALHOUN, V. D. 2011. A baseline for the multivariate comparison of resting-state networks. *Front Syst Neurosci*, 5, 2.
- ALLEN, T. & DEYOUNG, C. 2016. Personality Neuroscience and the Five-Factor Model.
- ANDREWS-HANNA, J. R., REIDLER, J. S., HUANG, C. & BUCKNER, R. L. 2010. Evidence for the default network's role in spontaneous cognition. *J Neurophysiol*, 104, 322-35.
- ANDREWS-HANNA, J. R., SNYDER, A. Z., VINCENT, J. L., LUSTIG, C., HEAD, D., RAICHLE, M. E. & BUCKNER, R. L. 2007. Disruption of large-scale brain systems in advanced aging. *Neuron*, 56, 924-35.
- ASCHWANDEN, D., STRICKHOUSER, J. E., LUCHETTI, M., STEPHAN, Y., SUTIN, A. R. & TERRACCIANO, A. 2021. Is personality associated with dementia risk? A meta-analytic investigation. *Ageing Res Rev*, 67, 101269.
- ASHBURNER, J. & FRISTON, K. J. 2005. Unified segmentation. *Neuroimage*, 26, 839-51.
- AUSTIN, E. J., DEARY, I. J., WHITEMAN, M. C., FOWKES, F. G. R., PEDERSEN, N. L., RABBITT, P., BENT, N. & MCINNES, L. 2002. Relationships between ability and personality: does intelligence contribute positively to personal and social adjustment? *Personality and Individual Differences*, 32, 1391-1411.
- BARTRÉS-FAZ, D. & ARENAZA-URQUIJO, E. M. 2011. Structural and functional imaging correlates of cognitive and brain reserve hypotheses in healthy and pathological aging. *Brain Topogr*, 24, 340-57.
- BETZEL, R. F., BYRGE, L., HE, Y., GOÑI, J., ZUO, X. N. & SPORNS, O. 2014. Changes in structural and functional connectivity among resting-state networks across the human lifespan. *Neuroimage*, 102 Pt 2, 345-57.
- BISWAL, B., YETKIN, F. Z., HAUGHTON, V. M. & HYDE, J. S. 1995. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magn Reson Med*, 34, 537-41.
- BISWAL, B. B., MENNES, M., ZUO, X. N., GOHEL, S., KELLY, C., SMITH, S. M., BECKMANN, C. F., ADELSTEIN, J. S., BUCKNER, R. L., COLCOMBE, S., DOGONOWSKI, A. M., ERNST, M., FAIR, D., HAMPSON, M., HOPTMAN, M. J., HYDE, J. S., KIVINIEMI, V. J., KÖTTER, R., LI, S. J., LIN, C. P., LOWE, M. J., MACKAY, C., MADDEN, D. J., MADSEN, K. H., MARGULIES, D. S., MAYBERG, H. S., MCMAHON, K., MONK, C. S., MOSTOFSKY, S. H., NAGEL, B. J., PEKAR, J. J., PELTIER, S. J., PETERSEN, S. E., RIEDL, V., ROMBOUTS, S. A., RYPMA, B., SCHLAGGAR, B. L., SCHMIDT, S., SEIDLER, R. D., SIEGLE, G. J., SORG, C., TENG, G. J., VEIJOLA, J., VILLRINGER, A., WALTER, M., WANG, L., WENG, X. C., WHITFIELD-GABRIELI, S., WILLIAMSON, P., WINDISCHBERGER, C., ZANG, Y. F., ZHANG, H. Y., CASTELLANOS, F. X. & MILHAM, M. P. 2010. Toward discovery science of human brain function. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107, 4734-9.
- BJØRNEBEKK, A., FJELL, A. M., WALHOVD, K. B., GRYDELAND, H., TORGENSEN, S. & WESTLYE, L. T. 2013. Neuronal correlates of the five factor model (FFM) of human personality: Multimodal imaging in a large healthy sample. *Neuroimage*, 65, 194-208.
- BOYLE, L. L., LYNESS, J. M., DUBERSTEIN, P. R., KARUZA, J., KING, D. A., MESSING, S. & TU, X. 2010. Trait neuroticism, depression, and cognitive function in older primary care patients. *Am J Geriatr Psychiatry*, 18, 305-12.
- BREDEMEIER, K., BERENBAUM, H., MOST, S. & SIMONS, D. 2011. Links between neuroticism, emotional distress, and disengaging attention: Evidence from a single-target RSVP task. *Cognition & emotion*, 25, 1510-9.

- BUCKNER, R. L. 2004. Memory and executive function in aging and AD: multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, 44, 195-208.
- BUCKNER, R. L., ANDREWS-HANNA, J. R. & SCHACTER, D. L. 2008. The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Ann N Y Acad Sci*, 1124, 1-38.
- BULLMORE, E. & SPORNS, O. 2012. The economy of brain network organization. *Nat Rev Neurosci*, 13, 336-49.
- BURGESS, G. C., KANDALA, S., NOLAN, D., LAUMANN, T. O., POWER, J. D., ADEYEMO, B., HARMS, M. P., PETERSEN, S. E. & BARCH, D. M. 2016. Evaluation of Denoising Strategies to Address Motion-Related Artifacts in Resting-State Functional Magnetic Resonance Imaging Data from the Human Connectome Project. *Brain Connect*, 6, 669-680.
- CALHOUN, V. D., WAGER, T. D., KRISHNAN, A., ROSCH, K. S., SEYMOUR, K. E., NEBEL, M. B., MOSTOFISKY, S. H., NYALAKANAI, P. & KIEHL, K. 2017. The impact of T1 versus EPI spatial normalization templates for fMRI data analyses. *Hum Brain Mapp*, 38, 5331-5342.
- CASELLI, R. J., DUECK, A. C., LOCKE, D. E., HENSLIN, B. R., JOHNSON, T. A., WOODRUFF, B. K., HOFFMAN-SNYDER, C. & GEDA, Y. E. 2016. Impact of Personality on Cognitive Aging: A Prospective Cohort Study. *J Int Neuropsychol Soc*, 22, 765-76.
- CASPER, S., MOEBUS, S., LUX, S., PUNDT, N., SCHÜTZ, H., MÜHLEISEN, T. W., GRAS, V., EICKHOFF, S. B., ROMANZETTI, S., STÖCKER, T., STIRNBERG, R., KIRLANGIC, M. E., MINNEROP, M., PIEPERHOFF, P., MÖDDER, U., DAS, S., EVANS, A. C., JÖCKEL, K.-H., ERBEL, R., CICHON, S., NÖTHEN, M. M., STURMA, D., BAUER, A., JON SHAH, N., ZILLES, K. & AMUNTS, K. 2014. Studying variability in human brain aging in a population-based German cohort—rationale and design of 1000BRAINS. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6.
- CHAI, X. J., CASTAÑÓN, A. N., ONGÜR, D. & WHITFIELD-GABRIELI, S. 2012. Anticorrelations in resting state networks without global signal regression. *Neuroimage*, 59, 1420-8.
- CHAN, M. Y., PARK, D. C., SAVALIA, N. K., PETERSEN, S. E. & WIG, G. S. 2014. Decreased segregation of brain systems across the healthy adult lifespan. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111, E4997-5006.
- CHAPMAN, B., DUBERSTEIN, P., TINDLE, H. A., SINK, K. M., ROBBINS, J., TANCREDI, D. J. & FRANKS, P. 2012. Personality predicts cognitive function over 7 years in older persons. *Am J Geriatr Psychiatry*, 20, 612-21.
- CIRIC, R., WOLF, D. H., POWER, J. D., ROALF, D. R., BAUM, G. L., RUPAREL, K., SHINOHARA, R. T., ELLIOTT, M. A., EICKHOFF, S. B., DAVATZIKOS, C., GUR, R. C., GUR, R. E., BASSETT, D. S. & SATTERTHWAITE, T. D. 2017. Benchmarking of participant-level confound regression strategies for the control of motion artifact in studies of functional connectivity. *Neuroimage*, 154, 174-187.
- COSTA, P. & MCCRAE, R. 1997. Longitudinal Stability of Adult Personality.
- COSTA, P. & MCCRAE, R. 2002. Personality in Adulthood: A Five-Factor Theory Perspective. *Management Information Systems Quarterly - MISQ*.
- COX, C. L., GOTIMER, K., ROY, A. K., CASTELLANOS, F. X., MILHAM, M. P. & KELLY, C. 2010. Your resting brain CAREs about your risky behavior. *PLoS One*, 5, e12296.
- CROWE, M., ANDEL, R., PEDERSEN, N. L., FRATIGLIONI, L. & GATZ, M. 2006. Personality and risk of cognitive impairment 25 years later. *Psychol Aging*, 21, 573-80.
- DAMOISEAUX, J. S., ROMBOUTS, S. A., BARKHOF, F., SCHELTENS, P., STAM, C. J., SMITH, S. M. & BECKMANN, C. F. 2006. Consistent resting-state networks across healthy subjects. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103, 13848-53.
- DEYOUNG, C. G., HIRSH, J. B., SHANE, M. S., PAPADEMETRIS, X., RAJEEVAN, N. & GRAY, J. R. 2010. Testing predictions from personality neuroscience. Brain structure and the big five. *Psychol Sci*, 21, 820-8.
- DICKIE, D. A., JOB, D. E., GONZALEZ, D. R., SHENKIN, S. D., AHEARN, T. S., MURRAY, A. D. & WARDLAW, J. M. 2013. Variance in brain volume with advancing age: implications for defining the limits of normality. *PLoS One*, 8, e84093.
- DOHMATOB, E., VAROQUAUX, G. & THIRION, B. 2018. Inter-subject Registration of Functional Images: Do We Need Anatomical Images? *Front Neurosci*, 12, 64.
- DOSENBAACH, N. U., FAIR, D. A., COHEN, A. L., SCHLAGGAR, B. L. & PETERSEN, S. E. 2008. A dual-networks architecture of top-down control. *Trends Cogn Sci*, 12, 99-105.

- DUBERSTEIN, P. R., CHAPMAN, B. P., TINDLE, H. A., SINK, K. M., BAMONTI, P., ROBBINS, J., JERANT, A. F. & FRANKS, P. 2011. Personality and risk for Alzheimer's disease in adults 72 years of age and older: a 6-year follow-up. *Psychol Aging*, 26, 351-62.
- FAHRENBERG, J. S., H. 1970. *Das Freiburger Persönlichkeitsinventar FPI. Handanweisung*, Göttingen, Hogrefe.
- FERRARINI, L., VEER, I. M., BAERENDS, E., VAN TOL, M. J., RENKEN, R. J., VAN DER WEE, N. J., VELTMAN, D. J., ALEMAN, A., ZITMAN, F. G., PENNINX, B. W., VAN BUCHEM, M. A., REIBER, J. H., ROMBOOTS, S. A. & MILLES, J. 2009. Hierarchical functional modularity in the resting-state human brain. *Hum Brain Mapp*, 30, 2220-31.
- FERREIRA, L. K. & BUSATTO, G. F. 2013. Resting-state functional connectivity in normal brain aging. *Neurosci Biobehav Rev*, 37, 384-400.
- FERREIRA, L. K., REGINA, A. C., KOVACEVIC, N., MARTIN MDA, G., SANTOS, P. P., CARNEIRO CDE, G., KERR, D. S., AMARO, E., JR., MCINTOSH, A. R. & BUSATTO, G. F. 2016. Aging Effects on Whole-Brain Functional Connectivity in Adults Free of Cognitive and Psychiatric Disorders. *Cereb Cortex*, 26, 3851-65.
- FORNITO, A. 2016. Graph Theoretic Analysis of Human Brain Networks.
- FORNITO, A., ZALESKY, A. & BREAKSPEAR, M. 2013. Graph analysis of the human connectome: promise, progress, and pitfalls. *Neuroimage*, 80, 426-44.
- FOUNDATION, P. S. 2008. Python (Version 3.0). Python Software Foundation.
- FOX, M. D., SNYDER, A. Z., VINCENT, J. L., CORBETTA, M., VAN ESSEN, D. C. & RAICHLE, M. E. 2005. The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 102, 9673-8.
- GASER, C., DAHNKE, R., THOMPSON, P. M., KURTH, F., LUDERS, E. & THE ALZHEIMER'S DISEASE NEUROIMAGING, I. 2024. CAT: a computational anatomy toolbox for the analysis of structural MRI data. *Gigascience*, 13.
- GEERLIGS, L., RENKEN, R. J., SALIASI, E., MAURITS, N. M. & LORIST, M. M. 2015. A Brain-Wide Study of Age-Related Changes in Functional Connectivity. *Cereb Cortex*, 25, 1987-99.
- GEERLIGS, L., SALIASI, E., MAURITS, N. M. & LORIST, M. M. 2012. Compensation through increased functional connectivity: neural correlates of inhibition in old and young. *J Cogn Neurosci*, 24, 2057-69.
- GLAHN, D. C., WINKLER, A. M., KOCHUNOV, P., ALMASY, L., DUGGIRALA, R., CARLESS, M. A., CURRAN, J. C., OLVERA, R. L., LAIRD, A. R., SMITH, S. M., BECKMANN, C. F., FOX, P. T. & BLANGERO, J. 2010. Genetic control over the resting brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 1223-1228.
- GOW, A., WHITEMAN, M., PATTIE, A. & DEARY, I. 2005. The personality-intelligence interface: Insights from an ageing cohort. *Personality and Individual Differences*, 29, 751-761.
- GRADY, C. 2012. The cognitive neuroscience of ageing. *Nat Rev Neurosci*, 13, 491-505.
- GRADY, C., SARRAF, S., SAVERINO, C. & CAMPBELL, K. 2016. Age differences in the functional interactions among the default, frontoparietal control, and dorsal attention networks. *Neurobiol Aging*, 41, 159-172.
- GRAHAM, E. K., RUTSOHN, J. P., TURIANO, N. A., BENDAYAN, R., BATTERHAM, P. J., GERSTORF, D., KATZ, M. J., REYNOLDS, C. A., SHARP, E. S., YONEDA, T. B., BASTARACHE, E. D., ELLEMAN, L. G., ZELINSKI, E. M., JOHANSSON, B., KUH, D., BARNES, L. L., BENNETT, D. A., DEEG, D. J. H., LIPTON, R. B., PEDERSEN, N. L., PICCININ, A. M., SPIRO, A., 3RD, MUNIZ-TERRERA, G., WILLIS, S. L., SCHAE, K. W., ROAN, C., HERD, P., HOFER, S. M. & MROCZEK, D. K. 2017. Personality Predicts Mortality Risk: An Integrative Data Analysis of 15 International Longitudinal Studies. *J Res Pers*, 70, 174-186.
- HAMPSON, M., DRIESEN, N. R., SKUDLARSKI, P., GORE, J. C. & CONSTABLE, R. T. 2006. Brain connectivity related to working memory performance. *J Neurosci*, 26, 13338-43.
- HERTZOG, C., KRAMER, A. F., WILSON, R. S. & LINDENBERGER, U. 2008. Enrichment Effects on Adult Cognitive Development: Can the Functional Capacity of Older Adults Be Preserved and Enhanced? *Psychol Sci Public Interest*, 9, 1-65.

- HOLMES, C. J., HOGE, R., COLLINS, L., WOODS, R., TOGA, A. W. & EVANS, A. C. 1998. Enhancement of MR images using registration for signal averaging. *J Comput Assist Tomogr*, 22, 324-33.
- IORDAN, A. D., COOKE, K. A., MOORED, K. D., KATZ, B., BUSCHKUEHL, M., JAEGGI, S. M., JONIDES, J., PELTIER, S. J., POLK, T. A. & REUTER-LORENZ, P. A. 2017. Aging and Network Properties: Stability Over Time and Links with Learning during Working Memory Training. *Front Aging Neurosci*, 9, 419.
- JENKINSON, M., BANNISTER, P., BRADY, M. & SMITH, S. 2002. Improved optimization for the robust and accurate linear registration and motion correction of brain images. *Neuroimage*, 17, 825-41.
- JENKINSON, M., BECKMANN, C. F., BEHRENS, T. E., WOOLRICH, M. W. & SMITH, S. M. 2012. FSL. *Neuroimage*, 62, 782-90.
- JOCKWITZ, C., CASPERS, S., LUX, S., EICKHOFF, S. B., JÜTTEN, K., LENZEN, S., MOEBUS, S., PUNDT, N., REID, A., HOFFSTAEDTER, F., JÖCKEL, K. H., ERBEL, R., CICHON, S., NÖTHEN, M. M., SHAH, N. J., ZILLES, K. & AMUNTS, K. 2017. Influence of age and cognitive performance on resting-state brain networks of older adults in a population-based cohort. *Cortex*, 89, 28-44.
- JUPYTER, P. 2024. Jupyter Notebook (Version 7.0). Project Jupyter.
- KALBE, E., KESSLER, J., CALABRESE, P., SMITH, R., PASSMORE, A. P., BRAND, M. & BULLOCK, R. 2004. DemTect: a new, sensitive cognitive screening test to support the diagnosis of mild cognitive impairment and early dementia. *Int J Geriatr Psychiatry*, 19, 136-43.
- LI, Y., CAI, H., LI, X., QIAN, Y., ZHANG, C., ZHU, J. & YU, Y. 2022. Functional connectivity of the central autonomic and default mode networks represent neural correlates and predictors of individual personality. *J Neurosci Res*, 100, 2187-2200.
- LOPEZ, O. L., JAGUST, W. J., DULBERG, C., BECKER, J. T., DEKOSKY, S. T., FITZPATRICK, A., BREITNER, J., LYKETSOS, C., JONES, B., KAWAS, C., CARLSON, M. & KULLER, L. H. 2003. Risk factors for mild cognitive impairment in the Cardiovascular Health Study Cognition Study: part 2. *Arch Neurol*, 60, 1394-9.
- LUCHETTI, M., TERRACCIANO, A., STEPHAN, Y. & SUTIN, A. R. 2016. Personality and Cognitive Decline in Older Adults: Data From a Longitudinal Sample and Meta-Analysis. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 71, 591-601.
- MAREK, S. & DOSENBACH, N. U. F. 2018. The frontoparietal network: function, electrophysiology, and importance of individual precision mapping. *Dialogues Clin Neurosci*, 20, 133-140.
- MCADAMS, D. P. & PALS, J. L. 2006. A new Big Five: fundamental principles for an integrative science of personality. *Am Psychol*, 61, 204-17.
- MEIER, T. B., DESPHANDE, A. S., VERGUN, S., NAIR, V. A., SONG, J., BISWAL, B. B., MEYERAND, M. E., BIRN, R. M. & PRABHAKARAN, V. 2012. Support vector machine classification and characterization of age-related reorganization of functional brain networks. *Neuroimage*, 60, 601-13.
- MEUNIER, D., LAMBIOTTE, R. & BULLMORE, E. T. 2010. Modular and hierarchically modular organization of brain networks. *Front Neurosci*, 4, 200.
- MOWINCKEL, A. M., ESPESETH, T. & WESTLYE, L. T. 2012. Network-specific effects of age and in-scanner subject motion: a resting-state fMRI study of 238 healthy adults. *Neuroimage*, 63, 1364-73.
- MURPHY, K. & FOX, M. D. 2017. Towards a consensus regarding global signal regression for resting state functional connectivity MRI. *Neuroimage*, 154, 169-173.
- NOSTRO, A. D., MÜLLER, V. I., VARIKUTI, D. P., PLÄSCHKE, R. N., HOFFSTAEDTER, F., LANGNER, R., PATIL, K. R. & EICKHOFF, S. B. 2018. Predicting personality from network-based resting-state functional connectivity. *Brain Struct Funct*, 223, 2699-2719.
- NYBERG, L. & PUDAS, S. 2019. Successful Memory Aging. *Annu Rev Psychol*, 70, 219-243.
- PARK, D. C., POLK, T. A., PARK, R., MINEAR, M., SAVAGE, A. & SMITH, M. R. 2004. Aging reduces neural specialization in ventral visual cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 101, 13091-5.
- PARKER, D., LIU, X. & RAZLIGHI, Q. R. 2017. Optimal slice timing correction and its interaction with fMRI parameters and artifacts. *Med Image Anal*, 35, 434-445.
- PRUIM, R. H. R., MENNES, M., VAN ROOIJ, D., LLERA, A., BUITELAAR, J. K. & BECKMANN, C. F. 2015. ICA-AROMA: A robust ICA-based strategy for removing motion artifacts from fMRI data. *Neuroimage*, 112, 267-277.

- RAICHLE, M. E., MACLEOD, A. M., SNYDER, A. Z., POWERS, W. J., GUSNARD, D. A. & SHULMAN, G. L. 2001. A default mode of brain function. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 98, 676-82.
- REUTER-LORENZ, P. & CAPPELL, K. 2008. Neurocognitive Aging and the Compensation Hypothesis. *Current Directions in Psychological Science - CURR DIRECTIONS PSYCHOL SCI*, 17, 177-182.
- ROBINSON, M. D., ODE, S., WILKOWSKI, B. M. & AMODIO, D. M. 2007. Neurotic contentment: a self-regulation view of neuroticism-linked distress. *Emotion*, 7, 579-91.
- ROBINSON, M. D. & TAMIR, M. 2005. Neuroticism as mental noise: a relation between neuroticism and reaction time standard deviations. *J Pers Soc Psychol*, 89, 107-14.
- ROHRMANN, S. S., F. M. 2011. TBS-TK Rezension: „FPI-R. Freiburger Persönlichkeitsinventar.“. *Psychologische Rundschau*, 62, 268–270.
- RUBINOV, M. & SPORNS, O. 2010. Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations. *Neuroimage*, 52, 1059-69.
- SAMBATARO, F., MURTY, V. P., CALLICOTT, J. H., TAN, H. Y., DAS, S., WEINBERGER, D. R. & MATTAY, V. S. 2010. Age-related alterations in default mode network: impact on working memory performance. *Neurobiol Aging*, 31, 839-52.
- SAUCIER, G. & GOLDBERG, L. R. 1998. What is beyond the big five? *J Pers*, 66, 495-524.
- SAXE, R. & POWELL, L. J. 2006. It's the thought that counts: specific brain regions for one component of theory of mind. *Psychol Sci*, 17, 692-9.
- SCHACTER, D. L., ADDIS, D. R. & BUCKNER, R. L. 2007. Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nat Rev Neurosci*, 8, 657-61.
- SCHEINOST, D., FINN, E. S., TOKOGLU, F., SHEN, X., PAPADEMETRIS, X., HAMPSON, M. & CONSTABLE, R. T. 2015. Sex differences in normal age trajectories of functional brain networks. *Hum Brain Mapp*, 36, 1524-35.
- SCHMERMUND, A., MÖHLENKAMP, S., BERENBEIN, S., PUMP, H., MOEBUS, S., ROGGENBUCK, U., STANG, A., SEIBEL, R., GRÖNEMEYER, D., JÖCKEL, K. H. & ERBEL, R. 2006. Population-based assessment of subclinical coronary atherosclerosis using electron-beam computed tomography. *Atherosclerosis*, 185, 177-82.
- SEIDLER, R., ERDENIZ, B., KOPPELMANS, V., HIRSIGER, S., MÉRILLAT, S. & JÄNCKE, L. 2015. Associations between age, motor function, and resting state sensorimotor network connectivity in healthy older adults. *Neuroimage*, 108, 47-59.
- SEITZMAN, B. A., SNYDER, A. Z., LEUTHARDT, E. C. & SHIMONY, J. S. 2019. The State of Resting State Networks. *Top Magn Reson Imaging*, 28, 189-196.
- SERVAAS, M. N., GEERLIGS, L., RENKEN, R. J., MARSMAN, J. B., ORMEL, J., RIESE, H. & ALEMAN, A. 2015. Connectomics and neuroticism: an altered functional network organization. *Neuropsychopharmacology*, 40, 296-304.
- SHEHZAD, Z., KELLY, A. M., REISS, P. T., GEE, D. G., GOTIMER, K., UDDIN, L. Q., LEE, S. H., MARGULIES, D. S., ROY, A. K., BISWAL, B. B., PETKOVA, E., CASTELLANOS, F. X. & MILHAM, M. P. 2009. The resting brain: unconstrained yet reliable. *Cereb Cortex*, 19, 2209-29.
- SIMON, S. S., VARANGIS, E. & STERN, Y. 2020. Associations between personality and whole-brain functional connectivity at rest: Evidence across the adult lifespan. *Brain Behav*, 10, e01515.
- SMALL, S. A. 2001. Age-related memory decline: current concepts and future directions. *Arch Neurol*, 58, 360-4.
- SMALLWOOD, J. & SCHOOLER, J. W. 2015. The science of mind wandering: empirically navigating the stream of consciousness. *Annu Rev Psychol*, 66, 487-518.
- SMITH, S. M. 2002. Fast robust automated brain extraction. *Hum Brain Mapp*, 17, 143-55.
- SMITH, S. M. & BRADY, J. M. 1997. SUSAN—A New Approach to Low Level Image Processing. *International Journal of Computer Vision*, 23, 45-78.
- SMITH, S. M., FOX, P. T., MILLER, K. L., GLAHN, D. C., FOX, P. M., MACKAY, C. E., FILIPPINI, N., WATKINS, K. E., TORO, R., LAIRD, A. R. & BECKMANN, C. F. 2009. Correspondence of the brain's functional architecture during activation and rest. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106, 13040-5.
- SONG, J., BIRN, R. M., BOLY, M., MEIER, T. B., NAIR, V. A., MEYERAND, M. E. & PRABHAKARAN, V. 2014. Age-related reorganizational changes in modularity and functional connectivity of human brain networks. *Brain Connect*, 4, 662-76.

- SPRENG, R. N., MAR, R. A. & KIM, A. S. 2009. The common neural basis of autobiographical memory, prospection, navigation, theory of mind, and the default mode: a quantitative meta-analysis. *J Cogn Neurosci*, 21, 489-510.
- SPRENG, R. N., STEVENS, W. D., VIVIANO, J. D. & SCHACTER, D. L. 2016. Attenuated anticorrelation between the default and dorsal attention networks with aging: evidence from task and rest. *Neurobiol Aging*, 45, 149-160.
- SPRENG, R. N., WOJTOWICZ, M. & GRADY, C. L. 2010. Reliable differences in brain activity between young and old adults: a quantitative meta-analysis across multiple cognitive domains. *Neurosci Biobehav Rev*, 34, 1178-94.
- STERN, Y. 2009. Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47, 2015-28.
- STUMME, J., JOCKWITZ, C., HOFFSTAEDTER, F., AMUNTS, K. & CASPERS, S. 2020. Functional network reorganization in older adults: Graph-theoretical analyses of age, cognition and sex. *Neuroimage*, 214, 116756.
- TERRACCIANO, A., IACONO, D., O'BRIEN, R. J., TRONCOSO, J. C., AN, Y., SUTIN, A. R., FERRUCCI, L., ZONDERMAN, A. B. & RESNICK, S. M. 2013. Personality and resilience to Alzheimer's disease neuropathology: a prospective autopsy study. *Neurobiol Aging*, 34, 1045-50.
- TERRACCIANO, A., SUTIN, A. R., AN, Y., O'BRIEN, R. J., FERRUCCI, L., ZONDERMAN, A. B. & RESNICK, S. M. 2014. Personality and risk of Alzheimer's disease: new data and meta-analysis. *Alzheimers Dement*, 10, 179-86.
- TURIANO, N. A., CHAPMAN, B. P., GRUENEWALD, T. L. & MROCZEK, D. K. 2015. Personality and the leading behavioral contributors of mortality. *Health Psychol*, 34, 51-60.
- UNESCO 1997. *International Standard Classification of Education-ISCED 1997: November 1997*, UNESCO.
- UNITED NATIONS, D. O. E. A. S. A., POPULATION DIVISION 2019. *World population ageing*, United Nations.
- VAN DEN HEUVEL, M. P., DE LANGE, S. C., ZALESKY, A., SEGUIN, C., YEO, B. T. T. & SCHMIDT, R. 2017. Proportional thresholding in resting-state fMRI functional connectivity networks and consequences for patient-control connectome studies: Issues and recommendations. *Neuroimage*, 152, 437-449.
- VOSS, M. W., NAGAMATSU, L. S., LIU-AMBROSE, T. & KRAMER, A. F. 2011. Exercise, brain, and cognition across the life span. *J Appl Physiol* (1985), 111, 1505-13.
- WIG, G. S. 2017. Segregated Systems of Human Brain Networks. *Trends Cogn Sci*, 21, 981-996.
- WILSON, R. S., MENDES DE LEON, C. F., BIENIAS, J. L., EVANS, D. A. & BENNETT, D. A. 2004. Personality and mortality in old age. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 59, P110-6.
- WILSON, R. S., WANG, T., YU, L., BENNETT, D. A. & BOYLE, P. A. 2020. Normative Cognitive Decline in Old Age. *Ann Neurol*, 87, 816-829.
- YAN, L., ZHUO, Y., WANG, B. & WANG, D. J. 2011. Loss of Coherence of Low Frequency Fluctuations of BOLD FMRI in Visual Cortex of Healthy Aged Subjects. *Open Neuroimag J*, 5, 105-11.
- YEO, B. T., KRIENEN, F. M., SEPULCRE, J., SABUNCU, M. R., LASHKARI, D., HOLLINSHEAD, M., ROFFMAN, J. L., SMOLLER, J. W., ZölLEI, L., POLIMENI, J. R., FISCHL, B., LIU, H. & BUCKNER, R. L. 2011. The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity. *J Neurophysiol*, 106, 1125-65.
- YESHURUN, Y., NGUYEN, M. & HASSON, U. 2021. The default mode network: where the idiosyncratic self meets the shared social world. *Nat Rev Neurosci*, 22, 181-192.
- ZALESKY, A., FORNITO, A. & BULLMORE, E. 2012. On the use of correlation as a measure of network connectivity. *Neuroimage*, 60, 2096-106.
- ZONNEVELD, H. I., PRUIM, R. H., BOS, D., VROOMAN, H. A., MUETZEL, R. L., HOFMAN, A., ROMBOUTS, S. A., VAN DER LUGT, A., NIESSEN, W. J., IKRAM, M. A. & VERNOOIJ, M. W. 2019. Patterns of functional connectivity in an aging population: The Rotterdam Study. *Neuroimage*, 189, 432-444.

Danksagung

Diese Arbeit konnte nur dank der Hilfe und Beteiligung vieler Menschen entstehen und einige Jahre Arbeit konnten nun Fragen beantworten und werfen wiederum neue auf.

Zum einen möchte ich meiner wissenschaftlichen Betreuung durch Frau Professor Svenja Caspers und Frau Dr. rer. medic. Christiane Jockwitz danken, für das Bestärken in der Themenwahl und die Unterstützung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit.

Ebenso möchte ich Frau Prof. Meisenzahl-Lechner danken für Ihre wissenschaftliche Unterstützung als Zweitgutachterin.

Zum anderen möchte ich den Menschen danken, die sich zu der Studie bereitklärt haben. Ohne sie wäre Forschung nicht möglich.

Zuletzt danke ich meinen FreundInnen und meiner Familie, ohne deren Unterstützung ich diese Arbeit nicht so hätte gestalten können und die mir stets Halt geben.