

Aus der

Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie Tübingen
Abteilung Allgemeine Psychiatrie und
Psychotherapie mit Poliklinik

**Sex vs. Gender:
Der Einfluss von Geschlecht auf die Gehirnarchitektur**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Götz, Julienne Kathrin**

2025

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin Dr. B. Derntl

2. Berichterstatter: Professor Dr. M. Wilke

Tag der Disputation: 14.02.2025

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	_____
Tabellenverzeichnis	_____
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis Anhang A	_____
Tabellenverzeichnis Anhang B	_____
Abkürzungsverzeichnis	_____
1	Einleitung _____ 1
1.1	Sex vs. Gender in der Literatur _____ 2
1.2	Unterschiede der Gehirnstruktur bei Frauen und Männern _____ 6
1.2.1	Gesamthirnvolumen _____ 10
1.2.2	Graue Substanz _____ 11
1.2.3	Verhältnis von grauer und weißer Substanz _____ 17
1.2.4	Corpus Callosum _____ 18
1.2.5	Hippocampus _____ 20
1.2.6	Amygdala _____ 22
1.3	Geschlechtshormone _____ 23
1.3.1	Menstruationszyklus in Bezug auf Verhalten und Emotionen _____ 28
1.4	Hirnentwicklung und Geschlechtshormone _____ 29
1.5	Mosaiktheorie _____ 32
2	Studienziel und Hypothesen _____ 34
2.1	Studienziel und ROI-Selektion _____ 34
2.2	Hypothesen _____ 36
3	Material und Methoden _____ 38
3.1	Stichprobe _____ 38
3.2	Psychologische Fragebögen _____ 39
3.3	Magnetresonanztomographie _____ 41
3.4	Hormone _____ 43
3.5	Ablauf _____ 44
3.6	Statistische Datenverarbeitung _____ 44
4	Ergebnisse _____ 47

4.1	Demographie Proband:innen-Daten _____	48
4.2	Psychologische Fragebögen _____	48
4.2.1	BSRI- und GERAS-Genderskalen _____	48
4.2.2	Selbst- und Wunschbild des BSRI _____	50
4.3	Hormone _____	52
4.4	Magnetresonanztomographie _____	54
4.4.1	Volumenunterschiede je nach Sex _____	54
4.4.2	Volumenunterschiede je nach Gruppe eingeteilt durch Genderskalen _____	55
4.5	Prädiktion des Gesamthirnvolumens _____	59
4.5.1	Sex _____	59
4.5.2	GERAS-Genderskala _____	59
4.5.3	BSRI-Genderskala _____	62
4.5.4	Geschlechtshormone _____	66
4.6	Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz _____	67
4.6.1	Sex _____	67
4.6.2	GERAS-Genderskala _____	67
4.6.3	BSRI-Genderskala _____	69
4.6.4	Geschlechtshormone _____	72
4.7	Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen	73
4.7.1	Sex _____	73
4.7.2	GERAS-Genderskala _____	73
4.7.3	BSRI-Genderskala _____	73
4.7.4	Geschlechtshormone _____	73
4.8	ROI-Analyse _____	74
4.8.1	Unterschiede je nach Sex und Lateralität _____	74
4.8.2	Prädiktion der Volumina der ROIs durch Sex, Gender und Geschlechtshormone _____	77
5	Diskussion _____	85
5.1	Gruppenvergleiche: Sex, Gender, Geschlechtshormone und Hirnvolumina _____	85
5.1.1	Frauen und Männer unterscheiden sich bezüglich Maskulinität__	85
5.1.2	Hirnvolumina _____	89

5.2	Beeinflussung des Gesamthirnvolumens durch Sex, Gender und Geschlechtshormone _____	94
5.2.1	Sex und Maskulinität beeinflussen das Gesamthirnvolumen _____	94
5.2.2	Femininität beeinflusst das Gesamthirnvolumen nicht _____	96
5.2.3	Hormone beeinflussen das Gesamthirnvolumen nicht _____	97
5.3	Beeinflussung des Volumens der grauen Substanz durch Sex, Gender und Geschlechtshormone _____	98
5.3.1	Beeinflussung des Volumens der grauen Substanz _____	98
5.3.2	Beeinflussung des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen _____	101
5.4	ROI-Analysen _____	102
5.4.1	Keine Unterschiede je nach Sex aber in der Lateralität _____	102
5.4.2	Beeinflussung der ROI-Volumina durch Sex, Gender und Geschlechtshormone _____	104
5.5	Limitationen und Perspektiven _____	106
6	Zusammenfassung _____	107
7	Literaturverzeichnis _____	109
8	Erklärung zum Eigenanteil _____	121
9	Veröffentlichungen _____	122
10	Danksagung _____	123
11	Anhang A _____	124
12	Anhang B _____	148

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Mittlere Selbsteinschätzung auf der GERAS-Maskulinitätsskala von Männern und Frauen mit Fehlerbalken (Standardfehler). * $p < .05$	49
Abbildung 2 Verteilung der Proband:innen anhand den Kategorien des BSRI Selbstbilds; 1 (sehr hoch signifikant feminin), 2 (hoch signifikant feminin), 3 (signifikant feminin) , 4 (androgyn), 5 (signifikant maskulin), 6 (hoch signifikant maskulin) und 7 (sehr hoch signifikant maskulin)	51
Abbildung 3 Verteilung der Proband:innen anhand der Kategorien des BSRI Wunschbild; 1 (sehr hoch signifikant feminin), 2 (hoch signifikant feminin), 3 (signifikant feminin) , 4 (androgyn), 5 (signifikant maskulin), 6 (hoch signifikant maskulin) und 7 (sehr hoch signifikant maskulin)	52
Abbildung 4 Mittlere Werte von Progesteron [nmol/l], Östradiol [pmol/l] und Testosteron [nmol/l] für Männer und Frauen unter Angabe der Mittelwerte im zugehörigen Balkenabschnitt, * $p < .05$	53
Abbildung 5 Mittlere Werte des Gesamthirnvolumens und absoluten Volumens der grauen Substanz in cm^3 für Männer und Frauen unter, Angabe des prozentualen Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen im Balkenabschnitt des absoluten Wertes der grauen Substanz	54
Abbildung 6 Mittlere Werte des Gesamthirnvolumens und absoluten Volumens der grauen Substanz in cm^3 für die hoch und niedrig maskulinen Gruppen des BSRI und GERAS unter Angabe des Mittelwerts in den jeweiligen Balken mit Fehlerbalken (Standardfehler), * $p < .05$	57
Abbildung 7 Mittlere Werte des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen in % für die hoch und niedrig maskuliner Gruppe des GERAS unter Angabe des Mittelwerts in den jeweiligen Balken mit Fehlerbalken (Standardfehler), * $p < .05$	58
Abbildung 8 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm^3] und GERAS-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$	60
Abbildung 9 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm^3] und BSRI-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte (schwarz) und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$	63

Abbildung 10 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm ³] und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte (schwarz) und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05.....	64
Abbildung 11 Lineare Regression: absolutes Volumen der grauen Substanz [cm ³] und BSRI-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05	71
Abbildung 12 Lineare Regression: absolutes Volumen der grauen Substanz [cm ³] und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05	71
Abbildung 13 Mittleres Volumen des rechten und linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen mit Fehlerbalken (Standardfehler). * p < .05.....	76
Abbildung 14 Mittleres Volumen des rechten und linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen mit Fehlerbalken (Standardfehler). * p < .05.....	77
Abbildung 15 Lineare Regression: Volumen der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen und Testosteron [nmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05	78
Abbildung 16 Lineare Regression: Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und GERAS-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * p < .05.....	79
Abbildung 17 Lineare Regression: Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und BSRI-Femininitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * p < .05.....	80
Abbildung 18 Lineare Regression: Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * p < .05.....	81
Abbildung 19 Lineare Regression: Volumen des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und GERAS-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * p < .05.....	82
Abbildung 20 Lineare Regression: Volumen des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * p < .05.....	83

Abbildung 21 Lineare Regression: Volumen des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen und GERAS-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * $p < .05$	84
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Normwerte Sex Hormon Binding Globulin (SHBG)	24
Tabelle 2 Normwerte Testosteron	24
Tabelle 3 Normwerte kalkuliertes freies Testosteron	25
Tabelle 4 Normwerte Östradiol (eE2).....	25
Tabelle 5 Normwerte Progesteron	25
Tabelle 6 Übersicht über Veränderungen von Hirnvolumina entlang des Menstruationszyklus	27
Tabelle 7 Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen und Unterskalen des BSRI und GERAS	50
Tabelle 8 Mittelwerte und Standardabweichungen der Hormonspiegel der Proband:innen.....	52
Tabelle 9 Mittelwerte und Standardabweichungen der Hirnvolumina der Proband:innen.....	55
Tabelle 10 Gruppeneinteilung in hoch und niedrig maskuline respektive feminine Gruppen durch Mediansplit	55
Tabelle 11 Mittelwerte und Standardabweichungen der Hirnvolumina der Proband:innen eingeteilt in hoch und niedrig maskuline respektive feminine Gruppen	56
Tabelle 12 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch Sex unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse.....	59
Tabelle 13 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch GERAS-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse	60
Tabelle 14 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch GERAS-Genderskalen bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse	61

Tabelle 15 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch GERAS-Genderskalen bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse	62
Tabelle 16 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse	64
Tabelle 17 Prädiktion des Gesamthirnvolumens bei Frauen durch BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse	66
Tabelle 18 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch Sex unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse	67
Tabelle 19 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch GERAS-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse.....	68
Tabelle 20 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse.....	69
Tabelle 21 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch BSRI-Genderskalen bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse.....	72
Tabelle 22 Deskriptive Statistik: ROIs	74
Tabelle 23 Ergebnisse Gruppenvergleiche der ROI.....	75

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis Anhang A

Abbildung A 1 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm ³] und Testosteron [nmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05	124
Abbildung A 2 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm ³] und freies Testosteron [nmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05.....	124

Abbildung A 3 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm ³] und Östradiol [pmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05	125
Abbildung A 4 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm ³] und Progesteron [nmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * p < .05	125
Tabelle A 1 Prädiktion des Gesamthirnvolumens unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	126
Tabelle A 2 Prädiktion des Gesamthirnvolumens bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	126
Tabelle A 3 Prädiktion des Gesamthirnvolumens bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	127
Tabelle A 4 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	128
Tabelle A 5 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	128
Tabelle A 6 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	129
Tabelle A 7 Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	130
Tabelle A 8 Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	131
Tabelle A 9 Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse	132

Tabelle A 10 Prädiktion des Volumens der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	133
Tabelle A 11 Prädiktion des Volumens der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	135
Tabelle A 12 Prädiktion des Volumens der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	135
Tabelle A 13 Prädiktion des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	136
Tabelle A 14 Prädiktion des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	137
Tabelle A 15 Prädiktion des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	138
Tabelle A 16 Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	138
Tabelle A 17 Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	140
Tabelle A 18 Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	140
Tabelle A 19 Prädiktion des Volumens des MFG anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	141

Tabelle A 20 Prädiktion des Volumens des linken MFG anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch GERAS- und BSRI-Femininitätsskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen	142
Tabelle A 21 Prädiktion des Volumens des MFG anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	143
Tabelle A 22 Prädiktion des Volumens des MFG anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	143
Tabelle A 23 Prädiktion des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	143
Tabelle A 24 Prädiktion des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	145
Tabelle A 25 Prädiktion des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	145
Tabelle A 26 Prädiktion des Volumens des rechten Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	146
Tabelle A 27 Prädiktion des Volumens des rechten Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	147
Tabelle A 28 Prädiktion des Volumens des rechten Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse ..	148

Tabellenverzeichnis Anhang B

Tabelle B 1 Gruppenvergleiche je nach Standort (Tübingen - Aachen) für die Gesamtkohorte	148
Tabelle B 2 Gruppenvergleiche je nach Standort (Tübingen - Aachen) für Männer	150
Tabelle B 3 Gruppenvergleiche je nach Standort (Tübingen - Aachen) für Frauen.....	152
Tabelle B 4 Ergebnisse Gruppenvergleiche ROI mit der Kovariate Standort (Tübingen - Aachen)	155

Abkürzungsverzeichnis

ANCOVA = Analysis of Covariance (Varianzanalyse)

BSRI = Bem Sex Role Inventory

CAT12 = Computational Anatomy Toolbox 12

FSH = Follikelstimulierendes Hormon

FtM = Female-to-Male

GERAS = Gender Related Attributes Survey

GnRH = Gonadotropin Releasing Hormone

IBM SPSS = International Business Machines Corporation

IPIP-NEO-120 = International Personality Item Pool-NEO-120

IPT = Interpersonal Perception Task

LH = Luteinisierendes Hormon

MatLab = Matrix Laboratory

MFG = Mittlerer frontaler Gyrus

ml = Milliliter

mmol/l = Millimol pro Liter

MPRAGE = Magnetization Prepared – Rapid Gradient Echo

MRT = Magnetresonanztomographie

MtF = Male-to-Female

nomol/l = Nanomol pro Liter

PAQ = Personal Attributes Survey

pmol/l = Pikomol pro Liter

PStG = Personenstandsgesetz

ROI = Region of Interest

SHGB = Sex Hormone Binding Globulin

SPM = Software Statistical Parametric Mapping

TE = Echozeit

TI = Inversionszeit

TR = Repetitionszeit

α = flip angle

1 Einleitung

In unserem Alltag nehmen wir Menschen unterschiedlich wahr. Wir ordnen die uns gegenüberstehende Person ein: Kenne ich diese Person? Ist sie mir sympathisch und wie schätze ich ihre Persönlichkeit ein (Todorov et al., 2015; Wolffhechel et al., 2014)? Aber wir nehmen auch eine grobe Klassifizierung uns fremder Personen vor: Ist die Person älter oder jünger als ich, ist sie männlich oder weiblich (Watson et al., 2016)? Die meisten würden die Kategorisierung nach Geschlecht als unterbewussten oder automatisch ablaufenden Vorgang bezeichnen (Stroessner, 1996). Das spiegelt die Selbstverständlichkeit wider, mit welcher unsere Gesellschaft Menschen nach ihrem Geschlecht einzuordnen vermag.

Die Kategorisierung nach Geschlecht ist sowohl kulturell als auch religiös und historisch stark verankert. Nicht zuletzt, da X- und Y-Chromosomen das Geschlecht eines Menschen biologisch sicher festzulegen scheinen, sofern gonosomale Chromosomenaberrationen außer Acht gelassen werden. Somit werden Personen mit den Geschlechtschromosomen XY als Männer und Personen mit einem XX-Chromosomensatz als Frauen bezeichnet (Zschocke, 2018).

Aus kulturellen Gesichtspunkten sind feste Rollenbilder etabliert, wenn es um typisch weibliches oder typisch männliches Verhalten geht. So werden Männer gemäß dem Stereotyp als stark, selbstständig und dominant dargestellt, während Frauen als sensitiver der Bedürfnisse anderer gegenüber, fröhlich und verständnisvoll gelten (Whetton & Swindells, 1977). Männer werden stereotypisch als Ernährer der Familie gesehen, die das Familieneinkommen bestreiten. Kinder, Haushalt und Pflegeaufgaben fallen hingegen in den Zuständigkeitsbereich der Frauen (Eagly & Steffen, 1984; Eagly & Wood, 2012; Penning & Wu, 2016).

Der International Personality Item Pool-NEO-120-Persönlichkeitstest (IPIP-NEO-120) basiert auf dem fünf-Faktoren-Modell, welches mithilfe der Variablen Neurotizismus, Verträglichkeit, Offenheit, Gewissenhaftigkeit und

Extraversion die Persönlichkeitszüge einer Person innerhalb dieser Dimensionen beschreibt. Frauen schätzten sich anhand dieses Fragebogens neurotischer, verträglicher, offener, gewissenhafter und extrovertierter als Männer ein (Mac Giolla & Kajonius, 2019). Hierbei ließen sich keine Unterschiede in verschiedenen Ländern feststellen (Kajonius & Mac Giolla, 2017). Allerdings konnte dargestellt werden, dass relative Unterschiede zwischen Männer und Frauen in Ländern mit einer höheren Geschlechtergleichheit größer waren und somit Männer und Frauen größere Verschiedenheiten aufwiesen, was auch als Bewegung in Richtung der traditionellen Geschlechterrollen interpretiert werden kann (Mac Giolla & Kajonius, 2019).

Es ist fraglich, ob oder inwiefern diese Stereotypen heute noch aktuell sind. Wie verhält es sich mit einem Mann, der sich um die Kinder kümmert, zu Hause bleibt, den Haushalt macht und sehr empathisch ist? Oder einer Frau, die einen handwerklichen oder technischen Beruf ergreift, darin sehr erfolgreich ist und sich mit Nachdruck für ihre Meinung einsetzt? Wie passen hier die typischen Rollenbilder und kann man diese verschiedenen Muster in Verhalten und Gehirnstruktur wiederfinden?

1.1 Sex vs. Gender in der Literatur

Während im Deutschen der Begriff „Geschlecht“ verwendet wird, um Personen mit gemeinsamen sexuellen Merkmalen zu klassifizieren, wird der Begriff im Englischen in „Sex“ und „Gender“ genauer unterteilt. Dabei bezeichnet Sex das biologische Geschlecht, welches einer Person bereits bei der Geburt aufgrund primärer Geschlechtsmerkmale sowie Geschlechtshormonen und Chromosomen zugeordnet wird. Gender hingegen ist definiert als das Geschlecht, welchem sich ein Individuum subjektiv zugehörig fühlt und wird auch „soziales Geschlecht“ genannt (Dotto, 2019). In dieser Dissertation werden die Begriffe Sex und Gender anstatt des deutschen Terminus Geschlecht verwendet, um eine genauere Differenzierung vorzunehmen. Individuen, bei welchen Sex und Gender übereinstimmen, werden als cisgender bezeichnet. Der Begriff trans*gender beschreibt, dass Sex und Gender nicht kongruent zueinander sind (Winter et al., 2016). Somit wird bei trans*gender Personen auch in Studien eine

Erhebung von Sex und Gender sowie eine differenzierte Betrachtung der beiden Variablen nötig. Trans*gender Personen, deren Sex als männlich und Gender als weiblich beschrieben wird, werden als MtF (Male-to-Female) bezeichnet. Als FtM (Female-to-Male) werden Personen definiert, deren Sex weiblich und Gender männlich ist.

In der Regel wird in Bezug auf Sex und Gender bei verschiedenen Personen eine Unterscheidung zwischen männlich und weiblich vorgenommen. Allerdings sollte beachtet werden, dass das binäre Geschlechtskonzept starre Grenzen aufweist. So entsteht der Eindruck in dieses, in großen Teilen der Gesellschaft akzeptierte, System passen zu müssen, welches ausschließlich die Zustände „männlich“ und „weiblich“ zulässt. Dies kann für verschiedene Personengruppen als Bürde erscheinen. Eine nicht-binäre Auffassung von Gender würde Einzelnen den gesellschaftlichen Druck nehmen, sich in ein wenig diverseres System zwingen zu müssen, kann helfen Stigmata abzubauen und die Diversität der Gesellschaft anzunehmen (Clemens et al., 2020).

Des Weiteren ist mit der Änderung des §22 Absatz 3 Satz 1 des Personenstandsgesetzes (PStG), welches am 18.12.2018 erlassen wurde, die Eintragung ins Personenstandsregister als divers neben männlich und weiblich seit 2019 möglich. Der Gesetzgeber gibt somit vor, Geschlechtsidentitäten neben dem binären Konzept von männlich und weiblich miteinzubeziehen und öffnet den Raum, die Sichtbarkeit nicht-binärer Personengruppen zu vergrößern.

In der medizinischen Forschung wird in der Regel ausschließlich das Sex oder das Gender eines Menschen erhoben, oftmals lediglich durch Selbstauskunft der Proband:innen oder Beobachtung des Studienleitenden (Clayton & Tannenbaum, 2016). Ebenso werden die beiden Entitäten teilweise als sex/gender (s/g) zusammengefasst (Eliot et al., 2021).

Eine Möglichkeit die Variablen Sex und Gender getrennt voneinander zu erheben wurde beispielsweise bei Scheim und Bauer (2015) vorgeschlagen. Proband:innen wurden nach dem Sex, welches ihnen bei Geburt zugeordnet wurde, gefragt und suchten zusätzlich aus einer Liste ihre Geschlechtsidentität (Gender) aus. Die Abfrage des Genders ermöglichte hierbei auch Antworten im

nicht-binären Spektrum wie beispielsweise: trans*, genderqueer, genderfluid oder bigender.

Gender kann jedoch nicht nur durch das Auswählen der Geschlechtsidentität erfasst (Scheim & Bauer, 2015), sondern auch durch verschiedene Fragebögen erörtert werden. Zu psychologischen Fragebögen, welche das Gender erfassen, zählen beispielweise der Bem Sex Role Inventory (BSRI; Bem, 1974) oder der Gender Related Attributes Survey (GERAS; Gruber et al., 2020). Hierbei wird das Gender nicht als dichotome Variable mit den Dimensionen weiblich und männlich, sondern durch verschiedene Likert-Skalen, im Sinne eines Kontinuums operationalisiert. Männern und Frauen werden dabei mindestens sowohl auf einer Maskulinitäts- als auch auf einer Femininitätsskala positioniert, statt nur zwischen weiblich und männlich zu wählen. So kann die Variable Gender feingliedriger bestimmt und weiteren Analysen zugeführt werden. Zum Teil beschrieben Studien, dass Männer, wie vorerst zu erwarten, signifikant höhere Ergebnisse auf den Maskulinitätsskalen aufwiesen, während Frauen auf der Femininitätsskala höher Werte erreichten (Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019; Reilly et al., 2016). Andere Studien fanden ausschließlich bei der Femininitäts- respektive Maskulinitätsskala der Genderfragebögen signifikante Unterschiede zwischen Männer und Frauen (Compere et al., 2021; Du et al., 2020; Hornung et al., 2019). Während Hornung et al. (2019) und Compere et al. (2021) Unterschiede zwischen Männer und Frauen in der Maskulinitätsskala mit signifikant maskulinere Einschätzung der Männer zeigten, beobachteten Du et al. (2020) ausschließlich signifikant femininere Werte bei Frauen im Vergleich zu Männern bei Betrachtung der Femininitätsskala. Dies bekräftigt, dass Sex und Gender nicht als eine Variable simplifiziert werden können, sondern gesondert voneinander erhoben und ausgewertet werden sollten.

Durch die getrennte Betrachtung von Sex und Gender kann eine höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der erhobenen Daten generiert werden. Das Gender unterliegt verschiedensten soziokulturellen Einflüssen wie Lebensstil, Erfahrungen, Umfeld, Verhalten und Stressexposition. Das Sex hingegen wird durch den Chromosomensatz in Eizelle und Spermium von Mutter und Vater sowie von Geschlechtshormonen beeinflusst. Das zeigt wie unterschiedlich die

beiden Variablen sind und dass in einer gemeinsamen Betrachtung Ungenauigkeiten akzeptiert werden (Regitz-Zagrosek, 2012). Beispielsweise war Femininität im Sinne des Genders in einer Arbeit von Pelletier et al. (2015) mit dem Vorkommen von kardiovaskulären Risikofaktoren bei Patient:innen mit akutem Koronarsyndrom assoziiert, während keine Assoziation zwischen Risikofaktoren und weiblichem Sex bestanden. Ebenso ist zu beachten, dass sowohl Männer stark feminine Genderscores und Frauen männliche und androgyne Genderscores erreichten. Dies unterstreicht, dass Sex und Gender nicht unbedingt vollkommen kongruent zueinander sind (Pelletier et al., 2015). Zudem konnte das Gender die Prognosen nach einem akuten Koronarsyndrom voraussagen und dies unabhängig von der Variable Sex. Feminine Charakteristika gingen mit einem größeren Risiko eines erneuten akuten Koronarsyndroms oder schweren kardialen Komplikationen einher als maskuline Eigenschaften (Pelletier et al., 2016). Hierdurch wird deutlich, dass die Betrachtung von ausschließlich Sex unzureichend ist und sogar einzelne Gruppen der Gesellschaft gefährden kann. Genauere Angaben zu Sex und Gender erleichterten die Reproduzierbarkeit von Daten, wenn diese Variablen bei der Auswertung beachtet wurden (Tannenbaum et al., 2019). Tannenbaum et al. (2019) zeigten ebenso, dass die Genauigkeit von Experimentanalysen durch die Einbeziehung von Geschlechtsvariablen erhöht und Fehlinterpretationen vermindert werden konnten. Aus diesen Gründen sollte zukünftige Forschung diese Differenzierung in Erwägung ziehen.

Ebenso sollte bei der Datenerhebung, welche das Gender inkludiert, berücksichtigt werden, dass das Gender eines Individuums fluktuiert. So schätzten sich Personen zu verschiedenen Zeitpunkten nicht immer im gleichen Ausmaß maskulin oder feminin ein (Beltz et al., 2021). Dies wurde mittels einer Umfrage, welche anhand einer fünf-Punkte Likert-Skala abfragte, wie maskulin oder feminin die Proband:innen sich bezüglich ihres Aussehens, Verhaltens und Gefühls einschätzten, ermittelt. Die Umfrage wurde über 75 Tage hinweg jeden Tag in Form einer Selbstbewertung ausgefüllt. Die Datensammlung zeigte, dass das Gender einzelner Personen nicht jeden Tag genau gleich war, sondern tagtäglich Abweichungen vorhanden sein konnten. Diese Abweichungen

beschrieben keinen kompletten Wechsel von Maskulinität zu Femininität oder vice versa, zeigten aber, dass Schwankung bezüglich des Ausmaßes der selbst empfundenen Maskulinität respektive Femininität vorlagen. Bei Frauen wurde eine größere Fluktuation des Genders als bei Männern beschrieben (Beltz et al., 2021).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Erhebung und Differenzierung von Sex und Gender, sowie Erkenntnisse, wie sich die Variablen im Einzelnen und im Bezug zueinander verhalten, von großer Wichtigkeit sind.

1.2 Unterschiede der Gehirnstruktur bei Frauen und Männern

Eine Vielzahl von psychischen Erkrankungen weist einen Unterschied in der Prävalenz je nach Sex auf. So kommen Angststörungen, Depressionen und Essstörungen häufiger bei Frauen, Autismus sowie Aufmerksamkeitsdefizitstörung mit oder ohne Hyperaktivität häufiger bei Männern vor (Eliot et al., 2021). Auch die Ausprägung von Erkrankungen geht mit Unterschieden je nach Sex einher wie Mauvais-Jarvis et al. (2020) zeigten. Beispielsweise beschrieben Männer mit Depression untypische Symptome, welche unter anderem Aggressivität, risikoreiches Verhalten und Substanzmissbrauch umfassten, während Frauen eher die typischen Symptome wie Niedergeschlagenheit, Angst und Hypersomnie erfuhren.

Unterschiede zwischen Männern und Frauen im Hinblick auf das Verhalten wurden vielfältig berichtet. So beschrieben Babchuk et al. (1985), dass Frauen Gesichtsausdrücke von Kindern zwischen dem ersten und 21. Lebensmonat, welche Überraschung, Ärger und Angst ausdrückten, besser erkannten als Männern. Des Weiteren zeigte die Studie, dass Frauen überraschte und interessierte kindliche Gesichtsausdrücke im Vergleich zu Männern schneller erkannten. Diese Ergebnisse zeigten sich unabhängig von der Vorerfahrung als Eltern oder Bezugspersonen zu Kindern im eigenen Leben. Ebenso untersuchten Hampson et al. (2006) die Unterschiede in der Wahrnehmung von Emotionen bei Frauen und Männern. Männer und Frauen verknüpften mit gleich großer Genauigkeit Gesichtsausdrücke mit den korrekten, also dem Gesichtsausdruck zugehörigen Emotionen. Allerdings benötigten Frauen eine geringere

Reaktionszeit, erkannten demnach Emotionen schneller als Männer. Dies galt für positive und negative Emotionen, wobei bei negativen Emotionen ein eindeutigerer Unterschied in der Reaktionszeit je nach Geschlecht der Proband:innen festgestellt wurde. Bei Kontrollexperimenten, bei denen Schnelligkeit und Genauigkeit des Erkennens identischer Bilder getestet wurde, ließen sich keine Unterschiede je nach Sex finden. Dies unterstreicht die Überlegenheit von Frauen selektiv bezogen auf die Dekodierung von Gesichtsausdrücken. Zudem ergab sich in der Studie kein Zusammenhang zwischen der Schnelligkeit der Emotionserkennung in Gesichtern mit Vorerfahrung in der Kinderbetreuung bei Frauen.

Weitere Unterschiede zwischen Männern und Frauen sind bei der „mentalen Rotation“ bekannt. Bei dieser Aufgabe werden geometrische Körper in verschiedenen Rotationsstellungen gezeigt. Die Proband:innen schätzen ein, ob zwei Körper kongruent zueinander sind oder ob dies nicht der Fall ist. Schon im Kindesalter von sieben bis zwölf Jahren konnten Unterschiede je nach Sex erkannt werden. Jungen schnitten bei Aufgaben der mentalen Rotation besser ab als Mädchen, wobei diese Differenz bei jüngeren Proband:innen im Alter von sieben Jahren ausgeprägter erschien als bei Zehn- bis Zwölfjährigen. Zudem schnitten Jungen bei Tests der mathematischen Fähigkeiten besser ab als Mädchen. Es konnte eine positive Korrelation zwischen Ergebnissen bei der Aufgabe zur mentalen Rotation und den mathematischen Fähigkeiten gezeigt werden (van Tetering et al., 2019). Ebenso beschrieben Hoppe et al. (2012) bei 15- bis 18-Jährigen eine bessere Fähigkeit bezüglich mentaler Rotation bei mathematisch Begabten und bei männlichen Probanden. Außerdem wurde eine ausgeprägte Aktivierung bestimmter Hirnareale, besonders des posterioren und inferioren parietalen Kortex, sowohl bei mathematisch Talentierten als auch bei männlichen Probanden mittels Magnetresonanztomographie beobachtet. Voyer und Jansen (2016) zeigten, dass bei Verwendung von menschlichen Körpern anstatt geometrischen Körpern die Fähigkeit der mentalen Rotation verbessert werden konnten. Konstant bleibt das bessere Abschneiden der männlichen Probanden. Pletzer et al. (2019) adressierten die Rolle von Gender und Geschlechtshormonen zusätzlich zum Sex einer Person bezüglich der Fähigkeit

der mentalen Rotation. Unterschiede je nach Sex mit einem besseren Abschneiden von Männern konnten nicht separat durch Gender oder Geschlechtshormone erklärt werden. Allerdings wurden einige Interaktionen festgestellt: So schnitten Personen mit einem hohen Maskulinitätswert und hohen Testosteronspiegeln bei den Tests zur mentalen Rotation am besten ab. Dieser Effekt wurde zudem von Progesteron und Sex moduliert. Außerdem war Testosteron bei Proband:innen mit niedrigen Femininitätswerten mit längeren Reaktionszeiten und bei Proband:innen mit hohen Werten auf der Femininitätsskala mit kurzen Reaktionszeiten assoziiert. Es zeigten sich kombinierte und komplizierte Effekte und Zusammenhänge zwischen Sex, Gender und Geschlechtshormonen bezüglich der Fähigkeiten der mentalen Rotation. Reilly et al. (2016) untersuchten den Einfluss von Gender neben dem Sex der Proband:innen auf räumliche und verbale Fähigkeiten. Zur Erfassung von Gender wurden der BSRI und Personal Attributes Questionnaire (PAQ; Spence et al., 1975) verwendet. Maskulinität war mit einem besseren Abschneiden bei Aufgaben des räumlichen Denkens assoziiert. In einer Regressionsanalyse wurde deutlich, dass Sex 4.6 % und Gender 23.2 % der Varianz des räumlichen Vorstellungsvermögens erklärten. Die BSRI-Maskulinitätsskala erreichte als prädiktive Variable Signifikanz und war somit von besonderer Bedeutung. Femininität war mit besseren verbalen Kompetenzen assoziiert. Mithilfe von Regressionsanalysen konnte die Wichtigkeit des Genders unterstrichen werden, da dieses 23 % der Varianz der sprachlichen Fähigkeiten erklärte, während das Sex nur 2.5 % der Varianz erklären konnte. Die Werte der Femininitätsskalen waren signifikante Regressionskoeffizienten. Die Studie von Reilly et al. (2016) zeigte, dass je nach Gender Unterschiede in kognitiven Tests festgestellt werden konnten, selbst wenn kein Sex-Unterschied vorlag. Diese Erkenntnis betont, dass die Erhebung von Gender in sämtlichen Studien für eine gelungene Ergebnisanalyse von großer Bedeutung sein kann.

Mit der Frage, ob Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten zwischen Männern und Frauen auch auf neuronaler Ebene abbildbar sind, haben sich Satterthwaite et al. (2015) beschäftigt. Die Tests der kognitiven Fähigkeiten ergaben, dass Männer besser in Aufgaben abschnitten, bei denen motorische und räumliche

Fähigkeiten getestet wurden. Dahingegen erzielten Frauen bei Aufgaben der Emotionserkennung bessere Ergebnisse. Anhand von Ruhezustandsmessungen in der Magnetresonanztomographie und der daraus resultierenden Muster der Konnektivität konnte ein Zusammenhang zu den unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten von Frauen und Männern dargestellt werden. Somit scheinen Kognition und Gehirnfunktion zu einem gewissen Maß zusammenzuhängen.

Die aufgeführten Verschiedenheiten zwischen Männern und Frauen werfen die Frage auf, ob und in welchem Ausmaß auch Unterschiede in der Gehirnstruktur gefunden werden können und inwiefern diese mit Unterschieden in den Fähigkeiten assoziiert sind.

Im Verlauf der letzten Jahre wurden Unterschiede in Gehirnanatomie, Neurochemie und Funktion betont. So wurden nicht nur Unterschiede der Volumina des Gesamthirnvolumen sowie der grauen und weißen Substanz je nach Sex beschrieben, sondern auch in Strukturen, die mit Kognition, Gedächtnis und Emotionen assoziiert sind. Dazu zählen unter anderem Hippocampus, Amygdala und Neocortex. Für das Verständnis von Krankheitsmechanismen und für die zielgerichtete Therapieentwicklung ist es unabdingbar Unterschiede je nach Sex miteinzubeziehen (Cahill, 2006).

Genauso kommen im gegenwärtigen wissenschaftlichen Diskurs auch Zweifel auf, ob und in welchem Ausmaß Unterschiede je nach Sex in der Gehirnstruktur bestehen (Eliot et al., 2021).

Hinsichtlich von Unterschieden je nach Sex und Gender können verschiedene Strukturen und Bereiche des Gehirns betrachtet werden. Hierbei beschränkt sich die bisherige Literatur zum Großteil auf Unterschiede je nach Sex der Proband:innen, wobei das Gender der untersuchten Individuen nicht erhoben wurde. Zum einen werden diese Aspekte im Folgenden bezüglich des Gesamthirnvolumens (Ruigrok et al., 2014), sowie der grauen Substanz (Ritchie et al., 2018) beleuchtet. Zum anderen sind auch einzelne Strukturen wie das Corpus callosum (Shiino et al., 2017), der Hippocampus (van Eijk et al., 2020) und die Amygdala (Goldstein et al., 2001) interessant, wenn Verschiedenheiten je nach Sex und Gender betrachtet werden. Obwohl die genannten Strukturen

mit Unterschieden je nach Sex assoziiert sind, besteht Uneinigkeit in der Literatur bezüglich der Konsistenz und des Ausmaßes der Unterschiede. Auch deshalb ist es wichtig im Rahmen dieser Dissertation Unterschiede je nach Sex erneut zu untersuchen und besonders den Einfluss von Gender mitzudenken.

1.2.1 Gesamthirnvolumen

1.2.1.1 Volumenunterschiede je nach Sex

Bei der Betrachtung von Unterschieden der Gehirnarchitektur je nach Sex spielt das Gesamthirnvolumen eine dominante Rolle. Männer wiesen in Studien im Schnitt ein größeres Gesamthirnvolumen im Vergleich zu Frauen auf (Gur et al., 1991; Gur et al., 1999; Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018). Ruigrok et al. (2014) berichteten von einem größeren Volumen von 8 bis 13 % bei Männern.

Gur et al. (1991) beschrieben, dass Männer ein signifikant höheres Gesamthirnvolumen von 91ml aufwiesen als Frauen. Wobei in dieser Studie das gemessene Gesamthirnvolumen ohne Cerebellum bei Männern bei durchschnittlich 1137.36 ml und bei Frauen bei 1045.79 ml lag. Zusätzlich zur Bestätigung des signifikant größeren Hirnvolumen bei Männern, analysierten Gur et al. (1999) inwiefern die Volumina von grauer und weißer Substanz mit dem Gesamthirnvolumen korrelieren. Bei Männern nahmen die Volumina von grauer und weißer Substanz bei größerem Gesamthirnvolumen verhältnismäßig in ähnlichem Maße zu. Bei einem größeren Gesamthirnvolumen änderten sich also die Volumina, nicht aber das Verhältnis von grauer zu weißer Substanz bei Männern. Hingegen wiesen Frauen bei Zunahme des Gesamthirnvolumens einen ähnlichen Anstieg des Volumens der grauen Substanz wie Männer auf, während das Volumen der weißen Substanz in geringerem Maße anstieg. Bei Frauen war ein größeres Gesamthirnvolumen also vor allem mit einem größeren Volumen an grauer Substanz vergesellschaftet, wobei bei Männern graue und weiße Substanz zum größeren Volumen beitrugen.

Der Unterschied im Gesamthirnvolumen mit einem größeren Volumen bei Männern im Vergleich zu Frauen blieb auch nach Korrektur für die Körpergröße bestehen (Rushton & Ankney, 2009).

Um Unterschiede je nach Sex in weiteren Strukturen des Gehirns darstellen zu können, bedarf es einer Korrektur nach Gesamthirnvolumen. Ohne die Korrektur können gefundene Unterschiede nicht sicher auf das Sex eines Menschen zurückgeführt werden, da auch das Gesamthirnvolumen ausschlaggebend sein kann (Barnes et al., 2010; Im et al., 2008). Barnes et al. (2010) thematisierten, dass das Gesamthirnvolumen mit Volumina anderer Strukturen positiv assoziiert war und so ein größeres Gesamthirnvolumen, vorherrschend bei Männern, auch größere Volumina in anderen Strukturen bedingte. Allerdings war der Effekt nicht proportional. Im et al. (2008) hoben hervor, dass in ihrer Kohorte nach Korrektur des Gesamthirnvolumen keine Unterschiede in den kortikalen Messungen mehr gefunden werden konnten, woraufhin sie schlossen, dass Unterschiede je nach Sex vor allem auf den verschiedenen Gesamthirnvolumina basierten.

Andererseits berichteten Luders et al. (2009), dass Unterschiede je nach Sex unabhängig von der Gehirngröße bestanden, was eine Analyse von gleich und unterschiedlich großen Gehirnen von Frauen und Männern zeigte. Hierbei konnten, auch wenn Frauen und Männer ein identisches Gesamthirnvolumen aufwiesen, Unterschiede je nach Sex gefunden werden, wobei sich für das Gesamthirnvolumen kein Effekt zeigte.

1.2.1.2 Entwicklung

Das Gesamthirnvolumen entwickelt sich bei männlichen und weiblichen Heranwachsenden unterschiedlich. So zeigte sich bei männlichen und weiblichen Proband:innen ein kurzer und steiler Anstieg des Gesamthirnvolumen mit nachfolgend abflachender Kurve. Weiblichen Heranwachsende erreichten 80 % des maximalen Gesamthirnvolumen im Alter von 1.46 Jahren, männliche im Alter von 1.48 Jahren. Dabei war das Gesamthirnvolumen bei Männern größer im Vergleich zu Frauen (Groeschel et al., 2010).

1.2.2 Graue Substanz

Die graue Substanz, auch Substantia grisea genannt, besteht aus Nervenzellköpern, den Perikaryen. Die graue Substanz machte in einer Studien von Gur et al. (1999) etwa 53.1 % des intrakraniellen Volumens aus .

1.2.2.1 Volumenunterschiede je nach Sex

Im Folgenden werden Erkenntnisse zu Unterschieden im Volumen der grauen Substanz je nach Sex aufgeführt. Hierbei werden zuerst Metaanalyse und große, repräsentative Studien aufgeführt, anschließend Studien mit kleineren Proband:innenzahlen.

In einer Metaanalyse beschrieben Ruigrok et al. (2014) ein signifikant höheres Volumen der grauen Substanz von Männern im Vergleich zu Frauen. Ebenso wurden spezifische Regionen benannt, die je nach Sex unterschiedliche Volumina aufwiesen. So zeigten Männer durchschnittlich größere Volumina der grauen Substanz in folgenden Hirnregionen: bilaterale Amygdala, Hippocampi, anteriore parahippocampale Gyri, posteriore cinguläre Gyri, Precuneus, Putamen und temporale Pole, linker posteriorer Gyrus sowie anteriorer cinguläre Gyri und Areale im Cerebellum bilateral. Frauen hingegen wiesen größere Volumina der grauen Substanz am rechten frontalen Pol, inferioren und mittleren frontalen Gyri, Pars triangularis, Planum temporale und parietalem Operculum, anteriorem cingulärem Gyrus, insulärem Cortex, Heschl's Gyrus, bilaterale Thalami, Precuneus, linker parahippocampaler Gyrus und lateraler occipitaler Kortex auf.

Ritchie et al. (2018) zeigten Unterschiede in Volumen und Oberfläche der grauen Substanz sowie kortikaler Dicke auf. Dabei wurde für Männer ein größeres Volumen und eine größere Oberfläche der grauen Substanz ohne Korrektur nach Gesamthirnvolumen deutlich. Frauen zeigten in vielen Regionen eine größere kortikale Dicke als Männer. Ausschließlich in der rechten Insula präsentierten Männer eine größere kortikale Dicke. Nach Korrektur der Unterschiede der Gesamthirnvolumina veränderten sich allerdings die Gegebenheiten. Einige Regionen, nämlich Hippocampus, Nucleus caudatus und Thalamus, der grauen Substanz zeigten nun keine Volumenunterschiede mehr je nach Sex, manche Regionen demonstrierten größere Volumina bei Frauen, andere größere Volumina bei Männern. So wurden für Frauen größere Volumina im Nucleus accumbens beschrieben. Männer zeigten noch größere Volumina in Amygdala, Pallidum und Putamen. Ebenso verhielt es sich bei der Oberfläche der grauen Substanz. Nach Korrektur des Gesamthirnvolumens zeigten sich Regionen mit prominenterer kortikaler Dicke bei Männern. Ebenso existierten Areale mit

größerer kortikaler Dicke bei Frauen. Bei Männern wurde eine größere Varianz des Volumens im Vergleich zu Frauen festgestellt.

Lotze et al. (2019) berichteten ebenso über das Volumen der grauen Substanz bei Männern und Frauen. Hierbei zeigten sich nach Korrektur für Gesamthirnvolumen größere Volumina der grauen Substanz bei Frauen, fokussiert auf mediale und laterale präfrontale Regionen, den superioren temporalen Gyrus sowie die posteriore Insula und den orbitofrontale Kortex. Männer wiesen hingegen in subkortikalen temporalen Strukturen, wie Hippocampus, Amygdala, temporaler Pol und fusiformer Gyrus größere Volumina auf. Zudem zeigten Männer größere Volumina in Regionen, die mit motorischen Fähigkeiten assoziiert sind, wie beispielsweise dem Putamen, Prämotorkortex und dem anterioren Cerebellum.

Nach Witte et al. (2010) zeigten Frauen nach Korrektur für das Gesamtvolumen der grauen Substanz regional größere Volumina von grauer Substanz im Pars triangularis des linken inferioren frontalen Gyrus, im linken superioren parietalen Gyrus, im rechten Gyrus des Precuneus und im rechten temporalen Gyrus. Männer hingegen hatten mehr graue Substanz bilateral in Cerebellum und der Amygdala, im Hirnstamm, am rechten mittleren temporalen Pol und temporalen Gyrus, im rechten präcentralen Gyrus, im rechten Precuneus, im linken inferioren frontalen Gyrus und im linken fusiformen Gyrus.

Bei Betrachtung der Verteilung der grauen Substanz wurde die größte Konzentration am Übergang vom Temporal- zum Frontallappen und an der inferioren Oberfläche des Temporallappens gemessen. Die niedrigste Konzentration fand sich in den superioren Regionen des prä- und postzentralen Gyrus. Mit Ausnahme des Temporal- und superioren Frontallappen konnte die Verteilung der grauen Substanz über beiden Hemisphären und bei Frauen und Männern als gleichmäßig beschrieben werden (Luders et al., 2005).

Chen et al. (2007) beschrieben Regionen mit größerem Volumen der grauen Substanz bei Männern und bei Frauen im Alter von 44 bis 48 Jahren. So hatten Männer größere Volumina im Mittelhirn, linken inferioren und rechten mittleren temporalen Gyrus, rechten okzipitalen lingualen Gyrus und bilateral in den

cerebellaren Hemisphären. Frauen hingegen wiesen größere graue-Substanz-Volumina im posterioren und anterioren cingulären Kortex, der rechten inferioren parietalen Region und dem linken cingulären Gyrus auf.

1.2.2.2 Der Einfluss von Gender

Es wird deutlich, dass in den oben genannten Studien Unterschiede in verschiedenen Bereichen des Gehirns gefunden wurden. Es kann allerdings nicht einheitlich beschrieben werden, welche Unterschiede je nach Sex vorliegen oder welche Gemeinsamkeiten vorhanden sind. Zum einen mögen die verschiedenen Studiendesigns und die individuell vorherrschenden Gegebenheiten eine Rolle spielen. Zum anderen betrachten die Arbeiten Unterschiede der grauen Substanz je nach Sex. Das Gender der untersuchten Individuen wird dabei außenvor gelassen, weswegen ein Effekt von Gender auf die Gehirnstruktur nicht ausgeschlossen werden kann. Es kann somit angenommen werden, dass durch das Einschließen der Variablen Gender die Möglichkeit besteht, Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Gehirnstruktur besser und einheitlicher zu erklären.

Pletzer (2019) zeigte, dass das Gesamtvolumen der grauen Substanz kontrolliert für Gesamthirnvolumen und Alter zwischen Frauen, welche einen natürlichen Zyklus haben, und Männern nicht signifikant voneinander differierte. Regional betrachtet wiesen Männer größere Volumina von grauer Substanz im Cerebellum und in einem Cluster, welches das Putamen bilateral, die Hippocampi, Parahippocampi und Amygdalae umfasst, auf. Frauen hatten größere Volumina von grauer Substanz am frontalen Pol, dem rechten mittleren und inferioren frontalen Gyrus. Weiterhin wurden in der Studie die Zusammenhänge von Geschlechtshormonen, Gender und Gehirnstruktur untersucht. Zur Selbsteinschätzung des Genders fanden Fragebögen, in diesem Fall der Gender Related Attributes Survey (GERAS, Gruber et al., 2020) und ein sogenanntes Gender Role Self-Assessment (Pletzer et al., 2015), Verwendung. Es wurde berichtet, dass sich kein Zusammenhang zwischen dem Volumen der grauen Substanz und Gender, ermittelt durch den GERAS, ergab. Allerdings war ein größeres Volumen der grauen Substanz im linken medialen frontalen Gyrus bei

Männern mit einem höheren Wert auf der Femininitätsskala des Gender Role Self-Assessment assoziiert: Je größer das Volumen des linken mittleren frontalen Gyri, desto femininer schätzte sich ein Mann selbst ein. Bei Frauen konnte keine Assoziation zwischen Gender und Volumen der grauen Substanz gefunden werden. Dieses Ergebnis zeigt eindrücklich, dass es wichtig ist das Gender, ebenso wie das Sex einer Person in wissenschaftlichen Studien zu erheben und in Analysen miteinfließen zu lassen.

1.2.2.3 Entwicklung

Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Individuen zeigen sich schon im frühen Kindesalter. Während in einer Arbeit von Groeschel et al. (2010) bei Mädchen 80 % des maximalen Volumens der grauen Substanz im Alter von 1.2 Jahren erreicht wurden, lag dieser Wert bei Jungen im Alter von 0.9 Jahren vor. Bei männlichen und weiblichen Personen stieg das Volumen der grauen Substanz initial schnell an, gefolgt von einem weniger starken Wachstum und schließlich auch von Volumenverlusten. Allgemein hatten Mädchen größere Volumina von grauer Substanz im Verhältnis zu ihrem Gesamthirnvolumen im Vergleich zu Jungen (Groeschel et al., 2010).

Im Verlauf der Kindheit und Jugend nahm das Volumen der grauen Substanz und der kortikalen Dicke ab, während die Dichte der grauen Substanz anstieg. Schon im jungen Alter zeigten weibliche Probandinnen eine größere Dichte aber ein geringeres totales Volumen der grauen Substanz im Vergleich zu männlichen Probanden. Obwohl sich generell eine Abnahme des Volumens der grauen Substanz zeigte, wurde im frontotemporalen Kortex in der untersuchten Kohorte mit einem Alter von acht bis 23 Jahre eine regionale Zunahme registriert (Gennatas et al., 2017). Für Erwachsene beschrieben Ritchie et al. (2018), dass Frauen eine größere Dichte der grauen Substanz aufwiesen. Eine Ausnahme stellte hierbei nur die linke Insula dar, welche bei Männern eine größere Dichte der grauen Substanz zeigte. Nach einer Korrektur für die mittlere kortikale Dicke ergaben sich Regionen, in denen Frauen und andere Bereiche des Gehirns in denen Männer eine größere kortikale Dicke aufwiesen.

1.2.2.4 Kognition und Persönlichkeit

Zudem wurde die Verbindung von grauer Substanz und kognitiven Fähigkeiten untersucht. Hierbei zeigten Gur et al. (1999) eine Verbindung von verbalen Fähigkeiten und Volumen der grauen Substanz. Frauen zeigten auch in dieser Studie einen größeren Prozentsatz an grauer Substanz am Gesamthirnvolumen und schnitten bei Aufgaben, welche verbale Fähigkeiten testeten, besser ab als Männer, welche insgesamt einen geringeren Anteil an grauer Substanz hatten. Männer zeigten eine Asymmetrie der grauen Substanz, wobei der Anteil der grauen Substanz in der linken Hemisphäre größer war. Frauen wiesen keine signifikanten Asymmetrien auf, hatten aber auch in der linken Hemisphäre insgesamt größere Anteile der grauen Substanz als Männer.

Es ergaben sich außerdem Verbindungen zwischen dem Volumen des Gyrus rectus, Gender und zwischenmenschlicher Wahrnehmung. Wood et al. (2008a) zeigten, dass der Gyrus rectus, korrigiert nach dem Volumen der grauen Substanz des Frontallappens, bei Frauen größer als bei Männern war. Ebenso verhielt es sich mit der Oberfläche. Zur Erhebung des Genders wurde der Personal Attributes Questionnaire (PAQ; Spence et al., 1975) eingesetzt. Der PAQ ist ein Fragebogen zur Selbsteinschätzung bezüglich Persönlichkeitsmerkmalen, welcher aus 24 Items besteht. Hierbei werden stereotyp maskuline und feminine Persönlichkeitsmerkmale präsentiert. Der Wert null ist als sehr feminin und vier als sehr maskulin definiert. Über Mittelwertberechnung wird eine Einordnung von Proband:innen zwischen diesen zwei extremen Ausprägungen sehr feminin und sehr maskulin möglich. Eine femininere Selbsteinschätzung korrelierte mit einem größeren Volumen des linken Gyrus rectus bei Frauen und Männern. Zur Bewertung der zwischenmenschlichen Wahrnehmung wurde die Interpersonal Perception Task (IPT; Costanzo & Archer, 1989) verwendet. Es lag eine Korrelation zwischen dem besseren Abschneiden beim IPT und größeren Volumina sowie Oberflächen des Gyrus rectus vor.

Auch zwischen der Persönlichkeit eines Individuums und dem Volumen der grauen Substanz konnten Korrelationen festgestellt werden. Bei Männern ergaben sich negative Korrelationen zwischen Neurotizismus sowie positive

zwischen Extraversion, Gewissenhaftigkeit und dem Volumen der grauen Substanz des Precuneus und parieto-okzipitalen Sulcus. Bei Betrachtung der Gesamtstichprobe sowie bei der ausschließlichen Betrachtung von Frauen konnten keine signifikanten Korrelationen festgestellt werden, wodurch die Autor:innen auf eine vom Sex abhängige Beziehung zwischen Gehirnstruktur und Persönlichkeit schlossen (Nostro et al., 2017).

1.2.3 Verhältnis von grauer und weißer Substanz

Die weiße Substanz wird auch Sustantia alba genannt und umfasst die Nervenzellfortsätze der Perikaryen. In einer Studie von Gur et al. (1999) machte die weiße Substanz etwa 38.9 % des intrakraniellen Volumens aus .

In Studien besaßen Männer größere Volumina der weißen Substanz als Frauen (Allen et al., 2003; Gur et al., 1999; Ruigrok et al., 2014). Bourisly et al. (2017) zeigten, dass Männer in okzipitalen, frontalen, temporalen, parietalen und insulären Hirnregionen größere Volumina weißer Substanz als Frauen aufwiesen. Frauen hingegen hatten nur im rechten postzentralen Gyrus des Parietallappens größere Volumina der weißen Substanz als Männer. Die untersuchten Proband:innen waren gesunden Erwachsenen mit einem Durchschnittsalter von 46.92 Jahre. Andererseits berichteten Shiino et al. (2017) in ihrer Kohorte von unter 30-jährigen Erwachsenen von größeren Volumina der weißen Substanz bei Frauen in anterior frontalen Regionen in beiden Hemisphären, im linken Frontallappen oberhalb des Broca Areals, welches mit der Fähigkeit der Sprachproduktion assoziiert ist, sowie im primären Motorkortex nahe den Arealen von Hand und Gesicht. Die Diskrepanz im Alter der Proband:innen könnte bezüglich des dargestellten Unterschieds in den Studien von Bourisly et al. (2017) und Shiino et al. (2017) eine Rolle gespielt haben. Ebenso zeigen diese verschiedenen Ergebnisse aber auch, dass noch nicht eindeutig belegt werden konnte, ob und welche Unterschiede zwischen Frauen und Männern hinsichtlich des Volumens der weißen Substanz in bestimmten Hirnregionen vorliegen.

Allen et al. (2003) zeigten, dass der Volumenunterschied je nach Sex in der weißen Substanz prominenter als in der grauen Substanz erschien. Somit stellte

die weiße Substanz den ausschlaggebenden Faktor für Unterschiede im Verhältnis von grauer und weißer Substanz dar, indem Frauen aufgrund geringerer Volumina der weißen Substanz ein größeres graue-zu-weiße-Substanz-Verhältnis aufwiesen als Männer. Besonders prominent erschien das größere graue-zu-weiße-Substanz-Verhältnis bei Frauen in rechten parietalen Arealen.

Zudem ist anzumerken, dass in einer Studie von Groeschel et al. (2010) das Volumen der weißen Substanz relativ zum Gesamthirnvolumen in der Altersspanne von drei Monaten bis zum 30. Lebensjahr zunahm, während das der grauen Substanz abnahm. Dabei war der Anstieg des weiße zu graue Substanz Volumenverhältnisses in der Kindheit prominenter als im Erwachsenenalter. Außerdem konnten Unterschiede zwischen Männern und Frauen beschrieben werden, wobei Männer ein größeres weiße zu graue Substanz Volumenverhältnis hatten als Frauen, was besonders im Erwachsenenalter deutlicher hervortrat (Groeschel et al., 2010).

In dieser Dissertation soll der Fokus auf der grauen Substanz liegen, da vor allem diese mit kognitiven Fähigkeiten in Verbindung gebracht werden konnte und erste vereinzelt Studien bereits Unterschiede je nach Gender und Sex in der grauen Substanz beschrieben (Pletzer, 2019).

1.2.4 Corpus Callosum

Das Corpus callosum wird auch Balken genannt. Es besteht aus Rostrum, Genu, Truncus und Splenium und verbindet die beiden Hemisphären miteinander. Durch Kommissurenfasern ermöglicht das Corpus callosum den Informationsaustausch zwischen den beiden Hemisphären (Mense, 2020a).

1.2.4.1 Volumenunterschiede je nach Sex

Steinmetz et al. (1995) zeigten in einer ersten in vivo Studie, dass die mittlere sagittale Querschnittsfläche des Corpus callosum bei Frauen nach Korrektur des intrakraniellen Volumens größer war als bei Männern.

Die Querschnittsfläche des Corpus callosum zeigte eine Größenabnahme mit steigendem Alter. Anhand einer für Gehirngröße angepassten Kohorte von

Frauen und Männern wurden Unterschiede je nach Sex getestet, wobei Frauen eine größere Querschnittsfläche des Corpus callosum besaßen als Männer. Größere Gehirne zeigten in der Regel größere Querschnittsflächen des Corpus callosum im Vergleich zu kleineren Gehirnen (Ardekani et al., 2013).

Durch Verwendung von voxelbasierter Morphometrie konnte das Volumen des Corpus callosum zwischen Männern und Frauen auch verglichen werden. Frauen zeigten ein größeres Volumen des Corpus callosum als Männer bei Betrachtung bezüglich Gesamthirnvolumen gepaarter Individuen. Besonders das Genu des Corpus callosum stach mit einem prominenten Volumenunterschied hervor (Shiino et al., 2017).

Sullivan et al. (2001) beschrieben keine Abhängigkeit der Fläche des Corpus callosum vom Alter, weder bei Frauen noch bei Männern. Bei Betrachtung der Rohflächen zeigten Männer größere Corpora callosa als Frauen. Dieser Größenunterschied verblieb, nachdem die Proband:innen bezüglich des intrakraniellen Volumens gepaart wurden. Genu, Corpus und Splenium imponierten auch einzeln betrachtet bei Männern größer als bei Frauen, wobei der Corpus die größte und das Splenium die kleinste der drei Strukturen darstellte. Ausschließlich bei Bildung eines Verhältnisses aus Volumen des Corpus callosum und intrakraniell Volumen zeigte sich, dass das Genu und der Corpus callosum Körper, nicht aber das Splenium bei Männern größer als bei Frauen war, was auf moderate Unterschiede je nach Sex hinwies.

Die widersprüchlichen Ergebnisse von Shiino et al. (2017) und Sullivan et al. (2001) verdeutlichen, dass noch keine eindeutigen, replizierbaren Aussagen hinsichtlich Volumenunterschiede des Corpus callosum bei Männern und Frauen getroffen werden können. Die verschiedenen Ergebnisse können durch eine Vielzahl von Faktoren wie Anzahl an Proband:innen, Art der Korrektur für Gesamthirnvolumen oder Methode der Datenextraktion aus den MRT-Aufnahmen bedingt sein.

1.2.4.2 Kognition

Newman (2016) beschrieb außerdem, dass eine signifikante positive Korrelation zwischen mentaler Rotation und der Größe von Rostrum und anteriorem

Mittelkörper des Corpus callosum bestand. Diese Strukturen verbinden die motorischen und prämotorischen Regionen der rechten und linken Hemisphäre miteinander. Auch in dieser Stichprobe schnitten Männer bei Aufgaben der mentalen Rotation besser ab als Frauen. Das Rostrum und der anteriore Mittelkörper des Corpus Callosum waren bei Männern größer als bei Frauen. Das Rostrum zeigte in einer kombinierten Kohorte von Männern und Frauen eine positive Korrelation zwischen Ergebnissen bei der mentalen Rotationsaufgabe und Fläche des Rostrums, nicht aber bei der getrennten Betrachtung von Männern und Frauen. Der anteriore Mittelkörper wies hingegen nur bei Männern, nicht aber bei Frauen eine signifikant positive Korrelation zwischen Fläche und Abschneiden bei der mentalen Rotationsaufgabe auf.

Der Einfluss von Sex auf das Corpus callosum wird, wie im Vorhergehenden beschrieben, bereits in einigen Arbeiten untersucht. Uns sind aktuell keine Studien bekannt, die in diesem Zusammenhang das Gender thematisieren.

1.2.5 Hippocampus

Der Hippocampus besteht aus verschiedenen Abschnitten, die je nach Lage zum Corpus callosum benannt sind und wie folgt heißen: Hippocampus retrocommissuralis, Hippocampus supracommissuralis und Hippocampus precommissuralis. Dabei macht der Hippocampus retrocommissuralis den wichtigsten Anteil aus. Zudem werden unter dem Begriff Hippocampus noch Subiculum, Gyrus dentatus, Conus ammonis und Fimbria hippocampi zusammengefasst. Der Hippocampus ist für Lernprozesse, vor allem für Langzeitpotenzierung und den Aufbau der Gedächtnisspur, zuständig (Mense, 2020b).

Bei Betrachtung des Hippocampus ohne Korrektur nach Gesamthirnvolumen, besaßen Männer einen um 13 % größeren Hippocampus als Frauen. Wurde allerdings eine Korrektur nach Gesamthirnvolumen angeführt, ergaben sich ausschließlich Unterschiede je nach Sex in einzelnen Segmenten des Hippocampus. Der Hippocampus lässt sich zusätzlich entlang seiner longitudinalen Achse in einen anterioren und posterioren Teil gliedern, wobei diese bezüglich Konnektivität, Funktion und Struktur Unterschiede aufweisen

(Poppenk et al., 2013). So zeigte sich der posteriore Hippocampus bei Frauen größer als bei Männern (Persson et al., 2014).

Perlaki et al. (2014) nutzten zwei verschiedene Methoden, um nach intrakraniell Volumen zu korrigieren. Zum einen wurde bei der Proportionsmethode das hippocampale Volumen in Relation zum intrakraniellen Volumen gesetzt. Zum anderen wurde das intrakranielle Volumen als unabhängige Variable in einem linearen Regressionsmodell miteinbezogen. Bei Betrachtung der Rohvolumina zeigten Männer bilateral größere Hippocampi als Frauen und größere Gehirne wiesen größere Rohvolumina des Hippocampus auf. Unter Miteinbeziehung des intrakraniellen Volumens in die Volumetrie zeigte die Proportionsmethode größere relative Volumina des Hippocampus bei Frauen im Vergleich zu Männern, während das Regressionsmodell keine Unterschiede zwischen Mann und Frau beschrieb. Bei einer Messung des Hippocampusvolumen an einer für intrakranielles Volumen gepaarten Kohorte, konnten keine Volumenunterschiede je nach Sex beschrieben werden. Auch die Anwendung von Voxel-basierter Morphometrie zeigte dieselbe Diskrepanz zwischen Proportionsmethode und Regressionsmodell auf. Demnach schlussfolgerten die Autoren, dass kein Unterschied im Volumen des Hippocampus je nach Sex vorhanden war und vor allem die Kopfgröße und Wahl der Methodik für das Auffinden von Verschiedenheiten ausschlaggebend waren.

Durch Untergliederung des Hippocampus konnten genauere Aussagen bezüglich der Unterschiede je nach Sex im Volumen den einzelnen Untereinheiten getroffen werden. So zeigten sich die Strukturen beim Vergleich der Rohvolumina bei Männern größer als bei Frauen. Nach Korrektur des hippocampalen Gesamtvolumen wurden größere Volumina im Parasubiculum, Presubiculum, Fimbria und hippocampalen Fissur deutlich. Dahingegen wurde bei Frauen ein größerer Hippocampusschwanz bemerkt (van Eijk et al., 2020).

Bis auf die Arbeit von Pletzer (2019), die keine Assoziation zwischen Maskulinität und Femininität, erhoben mittels GERAS, und dem Hippocampusvolumen aufzeigte, sind aktuell keine Studien, die die Rolle des Genders hinsichtlich des Hippocampus untersuchen, bekannt.

1.2.6 Amygdala

Die Amygdala spielt bei der emotionalen Bewertung von Situationen wie beispielsweise bei Angstreaktionen eine große Rolle (Mense, 2020c) und besteht aus mehreren Nuclei, welche in größere Subregionen zusammengefasst werden (Kurth et al., 2019).

1.2.6.1 Volumenunterschiede je nach Sex

Es zeigten sich bei Männern größere Volumina der Amygdala als bei Frauen, wobei vor Berechnung der Unterschiede eine Korrektur nach der Gesamthirngröße durchgeführt wurde (Goldstein et al., 2001).

Kim et al. (2012) konnten keine Unterschiede im Gesamtvolumen der Amygdala je nach Sex erkennen. Allerdings wurden Unterschiede in den verschiedenen Subregionen der Amygdala festgestellt. So war der Radius des Nucleus superficialis der Amygdala bei Männern größer als bei Frauen. Außerdem zeigte sich, dass das Alter mit einer Verkleinerung der Amygdala in der Gesamtstichprobe bestehend aus Frauen und Männern einhergeht.

Der Alterseffekt, der auf die Amygdala einwirkt, konnte ebenso durch Kurth et al. (2019) untermauert werden. Hierbei variierte die Volumenabnahme im Alter je nach Region und wurde in rechten superficialen Subregion als am prominentesten beschrieben. In dieser Untersuchung konnte nach Berücksichtigung des Gesamthirnvolumen kein Unterschied je nach Sex im Volumen der einzelnen Untereinheiten oder im Gesamtvolumen der Amygdala gefunden werden.

1.2.6.2 Emotionen

Zusammenhänge zwischen Ängstlichkeit oder Stress und dem Volumen der Amygdala wurden berichtet. So konnte bei Mädchen im Alter von sieben bis 17 Jahren eine positive Korrelation zwischen dem Volumen der rechten Amygdala und Ängstlichkeit beschrieben werden (van der Plas et al., 2010). Sublette et al. (2016) zeigten, dass stressreiche Lebensereignisse in den letzten sechs Monaten mit kleineren Volumina der Amygdala assoziiert waren im Vergleich zu Amygdalavolumina von Proband:innen, welche keine stressreichen Lebensereignissen berichteten.

Es sollte betont werden, dass in den in Kapitel 1.2 genannten Studien das Sex und dessen Einflüsse auf die Gehirnstruktur im Vordergrund stehen. Ausschließlich Pletzer (2019) und Wood et al. (2008a) beachteten und analysierten die Daten unter Beachtung von Sex und Gender. Es wird demnach deutlich, dass das Gender und dessen Bedeutung für die Gehirnstruktur aktuell im wissenschaftlichen Diskurs nicht oder stark unterrepräsentiert ist. Dadurch können Beziehungen zwischen Gender und Gehirnvolumina nicht ausgeschlossen werden. In dieser Dissertation soll das Gender explizit betrachtet und in den Fokus der Analyse gerückt werden, um mehr Wissen über die Bedeutung von Gender zu erlangen.

1.3 Geschlechtshormone

Bei der Betrachtung der Gehirnstruktur sollten Geschlechtshormonspiegel miteinbezogen werden, da Geschlechtshormone und deren verschieden hohe Spiegel auf die Gehirnstruktur einwirken, beispielsweise durch Volumenveränderungen während des hormongesteuerten Menstruationszyklus (Barth et al., 2016; De Bondt et al., 2016; Hagemann et al., 2011; Lisofsky et al., 2015; Ossewaarde et al., 2013; Pletzer et al., 2018; Witte et al., 2010). Eine Übersicht zum Thema bietet hierbei die Übersichtsarbeit von Rehbein et al. (2021).

Besonders bei Frauen mit natürlichem Zyklus unterliegen die Geschlechtshormonspiegel großen natürlichen Schwankungen. Dies ist in der Funktion der Geschlechtshormone als Modulatoren des Menstruationszyklus begründet. Ein regulärer Zyklus dauert zwischen 21 und 35 Tage und wird in Menstruation, Follikelphase, Ovulation und Lutealphase eingeteilt. Der Beginn der Menstruationsblutung stellt Tag eins des weiblichen Zyklus dar. Die Lutealphase beansprucht unabhängig von der Gesamtzykluslänge ungefähr 14 Tage. Die hypophysären Hormone FSH (follikelstimulierendes Hormon) und LH (luteinisierendes Hormon) steuern die Ausschüttung der ovariellen Hormone Östrogenen und Progesteron. Während der Menstruationsblutung werden niedrige Östrogen- und Progesteronspiegel gemessen. FSH und LH steigen zu diesem Zeitpunkt langsam an und lösen damit die vermehrte Produktion von

Östradiol aus. Im Verlauf der Follikelphase steigt die Östradiolkonzentration dementsprechend an und erreicht schließlich einen Schwellenwert, welcher durch positive Rückkopplung einen LH-Peak auslöst. Auf diesen folgt die Ovulation. In der Lutealphase steigen die Progesteronspiegel zunächst an, bilden ein breites Maximum und lösen mit dem Abfall des Progesterons die Entzugs-, also die Menstruationsblutung aus (Abraham et al., 1972; Pedain, 2021c).

Für Testosteron wird zwischen dem Gesamttestosteron und dem freien Testosteron unterschieden. Testosteron liegt nur zu einem sehr geringen Anteil frei im Blut vor. Der Großteil des Testosterons bewegt sich proteingebunden im Blut. Hierfür steht Albumin für eine unspezifische und das Sex Hormon Binding Globulin (SHBG) für eine spezifische Bindung zur Verfügung. Das freie Testosteron repräsentiert den bioverfügbaren Anteil des Testosterons, welcher sich aus dem nicht-proteingebundenen Testosteron sowie aus dem an unspezifisch an Albumin gebundenen Anteil zusammensetzt (Vermeulen et al., 1999).

In den folgenden **Tabellen 1 bis 5** werden die Normwerte der Geschlechtshormone nach Maßgaben des Zentrallaboratoriums des Instituts für Klinische Chemie und Pathobiochemie des Universitätsklinikum Tübingens tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 1 Normwerte Sex Hormon Binding Globulin (SHBG)

	Männer	Frauen (15 - 50 Jahre)
Sex Hormon Binding Globulin [mmol/l]	15 - 70	30 - 90

Tabelle 2 Normwerte Testosteron

	Männer (20 - 29Jahre)	Männer (30 - 39Jahre)	Frauen (20 - 39 Jahre)
Testosteron [nmol/l]	9.9 - 32.1	9.0 - 31.6	0.4 - 2.1

Tabelle 3 Normwerte kalkuliertes freies Testosteron

	Männer (20 - 29Jahre)	Männer (30 - 59Jahre)	Frauen
Kalkuliertes freies Testosteron [pmol/l]	280 - 800	200 - 800	1 - 40

Tabelle 4 Normwerte Östradiol (eE2)

	Männer	Menstruierende Frauen Follikelphase	Menstruierende Frauen Zyklusmitte	Menstruierende Frauen Lutealphase
Östradiol [pmol/l]	< 150	70 - 530	230 - 1300	200 - 800

Tabelle 5 Normwerte Progesteron

	Männer	Frauen Lutealphase
Progesteron [nmol/l]	< 4	16 - 2000

Männer wiesen, wie auch in den Normwerttabellen des Zentrallaboratoriums Tübingen aufgezeigt wird, höhere Testosteronspiegel als Frauen auf (Hornung et al., 2019; Pedain, 2021b; Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019), während Frauen höhere Östradiol- und Progesteronwerte hatten (Pedain, 2021b; Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019).

Neufang et al. (2008) berichteten, dass in der Pubertät Unterschiede im Volumen der grauen Substanz bei Jungen und Mädchen bestanden, wobei das Volumen einzelner Hirnregionen mit Hormonspiegeln assoziiert werden konnte. Das Alter der untersuchten Kohorte lag zwischen acht und 15 Jahren. Jungen zeigten größere Volumina grauer Substanz in der linken Amygdala, während Mädchen größere Volumina bilateral im Hippocampuschwanz und im rechten Striatum aufwiesen. Hohe Spiegel des zirkulierenden Testosterons gingen mit größeren

Volumina grauer Substanz im Diencephalon einher, wobei dies besonders bei Jungen ausgeprägt war. Dahingegen wurden die Volumina der grauen Substanz im linken parietalen Kortex, welcher Precuneus und superioren parietalen Gyrus umfasst, bei steigenden Testosteronspiegeln kleiner. Auch dieser Effekt des Testosterons war besonders bei Jungen zu beobachten. Höhere Östrogenspiegel waren positiv mit den Volumina der grauen Substanz des uncalen Kortex sowie des parahippocampalen Gyrus assoziiert. Wobei besonders bei Mädchen ein starker Einfluss auf die limbischen Strukturen durch Östrogen beschrieben wurde.

Witte et al. (2010) gingen näher auf den Einfluss von Geschlechtshormonspiegeln im Hinblick auf das Volumen der grauen Substanz bei Männern und Frauen ein. Für weitere Berechnungen wurden Sex und das Gesamtvolumen der grauen Substanz als Kovariaten miteinbezogen, um einer Verfälschung der Ergebnisse aufgrund von individuellen Verschiedenheiten und Unterschieden im Gesamtvolumen der grauen Substanz je nach Sex entgegenzuwirken. Es wurde eine positive Assoziation zwischen dem Volumen der grauen Substanz im linken superioren parietalen Gyrus und dem Spiegel von Östradiol deutlich. 12.6 % der Varianz des Volumens der grauen Substanz konnten auf den Östradiol-Spiegel zurückgeführt werden. Progesteron war negativ mit dem Volumen der grauen Substanz im rechten temporalen Pol assoziiert. Dies erklärte 13 % der Varianz. Testosteron wies eine negative Assoziation mit dem Volumen der grauen Substanz des Pars opercularis des linken inferioren frontalen Gyrus auf, wobei 2.2 % der Varianz erklärt werden konnten.

In der folgenden **Tabelle 6** werden Ergebnisse zu Volumenänderungen des Gehirns zu verschiedenen Zeitpunkten im Menstruationszyklus dargestellt.

Tabelle 6 Übersicht über Veränderungen von Hirnvolumina entlang des Menstruationszyklus

	Zeitpunkt im Menstruationszyklus	Hirnregion	Art der Volumenänderung	Zusatzinformation
Hagemann et al. (2011)	Ovulation	Graue Substanz	Zunahme	Östrogenspiegel zum Zeitpunkt der Ovulation am höchsten
		Liquor	Abnahme	
		gesamt	Zunahme von 13.5 ml bei „Standardhirn“ mit 1350 ml	
Pletzer et al. (2018)	Vor der Ovulation	Hippocampus, bilateral	Zunahme	Anhängig von Östrogenspiegel
	Lutealphase	Basalganglien, rechts	Zunahme	Abhängig von Progesteronspiegel
Lisofsky et al. (2015)	Späte folliculäre Phase	Graue Substanz	Zunahme, bedingt durch posterioren Teil des Hippocampus mit Ausstrahlung in Thalamus	Im Vergleich zur frühen folliculären Phase
		hippocampaler und parahippocampaler Gyrus links	Zunahme	Im Vergleich zur mittleren Lutealphase
		Parahippocampaler Gyrus, mittlerer frontaler Gyrus links, Cerebellum, rechts	Zunahme	Positive Assoziation mit Östrogenspiegeln
Barth et al. (2016)	Ovulation	Hippocampus	Zunahme	Hochpunkt fraktionelle Anisotropie im Hippocampus, bilateral und Maximum der Östrogenblutwerte
De Bondt et al. (2016)	Ovulation	Insula links	Zunahme	Im Vergleich zur Lutealphase

Ossewaarde et al. (2013)	Lutealphase	Posteriorer Teil der Amygdala links	Zunahme	Je größer Volumenzunahme prämenstruell, desto stärker stressinduzierte Verstärkung des negativen Affekts
--------------------------	-------------	-------------------------------------	---------	--

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass vordergründig eine Zunahme von Hirnsubstanz beobachtet werden konnte. Insbesondere der Hippocampus (Barth et al., 2016; Lisofsky et al., 2015; Pletzer et al., 2018) sowie parahippocampale Gyri (Lisofsky et al., 2015) wurden als Strukturen mit einer Volumenzunahme um den Zeitpunkt der Ovulation beschrieben. Pletzer et al. (2018) und Barth et al. (2016) beschrieben außerdem einen positiven Zusammenhang mit Östrogenspiegel. Des Weiteren wurde eine Volumenzunahme zum Zeitpunkt der Ovulation in der linken Insula (De Bondt et al., 2016) berichtet. Während der Lutealphase wurde eine Volumenzunahme der rechten Basalganglien in Abhängigkeit von Progesteronspiegeln (Pletzer et al., 2018) sowie eine Zunahme des posterioren Teils der linken Amygdala (Ossewaarde et al., 2013) beobachtet.

Geschlechtshormone spielen eine große Rolle, wenn die Bewertung der Gehirnstruktur im Vordergrund steht. Um eine homogene Stichprobe zu erhalten, sollte daher bei Personen mit Menstruationszyklus die Datenerhebung in der gleichen Zyklusphase stattfinden.

1.3.1 Menstruationszyklus in Bezug auf Verhalten und Emotionen

Unterstrichen wird diese Dringlichkeit der Beachtung des Zyklus bei menstruierenden Personen auch dadurch, dass von Unterschieden je nach Zyklusphase bezüglich des Verhaltens beispielweise in der Erkennung von Emotionen berichtet wird. So erkannten Frauen in der folliculären Phase des Menstruationszyklus, welche mit niedrigen Spiegeln von Östradiol und Progesteron vergesellschaftet ist, mit einer höheren Genauigkeit Emotionen im Vergleich zu Frauen in der Lutealphase. Außerdem wurde eine signifikant negative Korrelation zwischen Progesteron und der Genauigkeit in der

Emotionserkennung beschrieben, wobei folglich niedrige Progesteronspiegel mit einer höheren Genauigkeit einhergingen (Derntl et al., 2013; Derntl et al., 2008a). Des Weiteren bestand eine signifikant stärkere Aktivierung der Amygdala bei Frauen in der folliculären Phase des Menstruationszyklus im Vergleich zur lutealen Phase, sowie eine signifikant negative Korrelation zwischen Progesteronspiegel und Amygdala-Antwort bei der Präsentation von ängstlichen, traurigen und neutralen Gesichtern. Die Emotionsverarbeitung, aber auch neuronale Korrelate wie in diesem Fall die Amygdala wurden folglich von Geschlechtshormonen beeinflusst (Derntl et al., 2008b). Neben Progesteron wurden auch für Östradiol Korrelationen mit der Emotionserkennung beschrieben. Bei Frauen zeigten Östrogenspiegel eine signifikant negative Korrelation zu wütenden Gesichtern allgemein und zu wütenden männlichen Gesichtern. Bei Männern waren die Östrogenspiegel signifikant negativ mit ängstlichen Gesichtern allgemein und mit ängstlichen weiblichen Gesichtern korreliert (Guapo et al., 2009). Diese Erkenntnisse sind vor dem Hintergrund zu betrachten, dass nicht das Volumen der Hirnregionen in diesen Studien im Vordergrund stand, sondern mögliche Zusammenhänge von Menstruationszyklus und Aktivierung, Verhalten oder Emotionen priorisiert betrachtet wurden.

1.4 Hirnentwicklung und Geschlechtshormone

Genetisch wird durch die Konstellation der X- und Y-Chromosomen das Sex eines Menschen determiniert. Die Entwicklung des männlichen Phänotyps wird hierbei durch das Vorhandensein der Sex determining Region auf dem Y-Chromosom, auch SRY-Gen genannt, bedingt. Dies führt über den hodendeterminierenden Faktor zur Ausbildung des frühembryonalen Hodens. Die Abwesenheit des SRY-Gens bedingt die Ausbildung des weiblichen Phänotyps (Pedain, 2021a). So wirken schon vor der Geburt Geschlechtshormone auf das menschliche Gehirn ein. Nach der Differenzierung der Gonaden in der sechsten Schwangerschaftswoche, produzieren die Leydig Zellen der Hoden bei männlichen Feten Testosteron. Dieses gelangt in das Gehirn männlicher Feten, welches dadurch direkt und indirekt beeinflusst wird (Swaab, 2007). Denn zusätzlich zur direkten Wirkung, kann Testosteron im

Gehirn enzymvermittelt in Östrogen umgewandelt werden. Beide Hormone wirken auf Androgen- und Östrogenrezeptoren des heranwachsenden Gehirns ein (Karaismailoglu & Erdem, 2013).

Der erste Testosterongipfel wird zwischen der zwölften und der 18. Schwangerschaftswoche beschrieben. Hier sind die Testosteronspiegel bei männlichen Feten im Mittel mehr als doppelt so hoch als bei weiblichen (Finegan et al., 1989). Mit dem plötzlichen Wegfall der Exposition gegenüber maternalen Östrogenen bei der Geburt, wird die Inhibition der Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse aufgehoben. Diese sorgt intrauterin durch negative Rückkopplung für das Ausbleiben der Ausschüttung von Steuerungshormonen aus dem Hypothalamus und der Hypophyse. Durch den Entzug der maternalen Östrogene kommt es innerhalb der ersten Lebensmonate bei Neugeborenen zu einem zweiten Gipfel der Geschlechtshormonausschüttung. Bei männlichen Neugeborenen ist ein Anstieg von Testosteron in den ersten beiden Lebensmonaten, bei weiblichen von Östradiol zwischen dem zweiten und vierten Lebensmonat zu beobachten. Dieser Vorgang wird auch als Mini-Pubertät bezeichnet (Quigley, 2002).

In der Pubertät erfolgt eine weitere Differenzierung des Gehirns, wobei hierbei ebenso Hormone eine tragende Rolle spielen. Die Initiation der Pubertät wird durch eine ansteigende Frequenz und Amplitude der Sekretion des Steuerhormons Gonadoliberin (auch GnRH, Gonadotropin Releasing Hormone) im Hypothalamus ausgelöst. Die Pubertät selbst wird also durch im Hirn befindliche Strukturen ausgelöst (Sisk et al., 2001). Auch die Gehirnstruktur zeigt während der Pubertät eine Plastizität, sodass verschiedene Strukturen Größenveränderungen durchlaufen (Übersicht in Sisk und Zehr (2005)). Die weiße Substanz zeigte in einer Arbeit von Giedd et al. (1999) eine Zunahme um 12.4 % zwischen dem vierten und 22. Lebensjahr, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Hirnarealen festzustellen waren. Bei der grauen Substanz war jedoch in der Präadoleszenz eine Zunahme zu vermerken, wobei in der Postadoleszenz eine Abnahme dominiert. Die Dynamik dieser Volumenänderungen waren in den einzelnen Hirnlappen individuell ausgeprägt. Im Frontallappen stieg das Volumen der grauen Substanz an, bis es mit 12.1

Jahren bei männlichen und mit 11.0 Jahren bei weiblichen Individuen ein Maximum erreichte. Daraufhin erfolgte in der Postadoleszenz eine Abnahme. Im Parietallappen war die Dynamik von Zu- und Abnahme vergleichbar, wobei ein maximales Volumen bei Jungen im Alter von 11.8 Jahren und bei Mädchen im Alter von 10.2 Jahren erreicht wurde. Im Temporallappen wurde das maximale Volumen an grauer Substanz erst im Alter von 16.5 Jahren bei männlichen und 16.7 Jahren bei weiblichen Personen erreicht, gefolgt von einer Abnahme. Nicht die Dynamik der Zu- und Abnahme, sondern eine kontinuierliche Zunahme über die Altersspanne war beim Okzipitallappen zu sehen (Giedd et al., 1999). Sowell et al. (2001) zeigten eine negative Korrelation zwischen Hirnwachstum und Dichte der grauen Substanz zwischen dem siebten und 30. Lebensjahr. Es wurde berichtet, dass Regionen mit dem größten relativen Hirnwachstum, die geringste Dichte der grauen Substanz aufwiesen. Vor allem im Frontal- und Parietallappen waren Verluste in der Dichte der grauen Substanz zu entdecken. Dieser Zusammenhang blieb in der perisylvischen Region sowie im posterioren Temporallappen und inferioren Parietallappen aus.

Diese Erkenntnisse machen deutlich, dass das menschliche Gehirn durchweg unter dem Einfluss von Hormonen geformt und verändert wird.

Die im Vorhergegangenen beschriebenen Veränderungen, welche durch Geschlechtshormone und Chromosomen katalysiert werden, sind der Variablen Sex unterzuordnen. Das Gender spielt jedoch in der Entwicklung ebenso eine Rolle. Dies ließ sich beispielweise durch epigenetische Veränderungen herleiten (Cortes et al., 2019). Epigenetische Veränderungen an Genen sind unter anderem durch die Exposition gegenüber chemischen Noxen, physischem und psychischem Stress begründet. Die Exposition kann vom Gender einer Person abhängen, da diese von der gesellschaftlichen und persönlichen Erwartung und Erfahrung abhängt. Kinder werden je nach ihrem Sex unterschiedlich behandelt und großgezogen. Dabei handelt es sich um die Replikation und Anwendung von Stereotypen, welche auf das Gender einer Person zurückzuführen sind. Stress zu Beginn des Lebens wurde von Cortes et al. (2019) als gegenderte Erfahrung beschrieben. Auf Grundlage ihres Genders machten Kinder unterschiedliche Erfahrungen, was mit Veränderungen der Epigenetik korrelieren konnte. Ebenso

thematisierten Cortes et al. (2019) das Vorkommen von Bisphenol A, Phthalate und Parabene in Kosmetika und Hautpflegeprodukten. Die Nutzung dieser Produkte war stark an soziale Erwartungen und Normen und somit an das Gender einer Person geknüpft. So waren Bisphenol A, Phthalate und Parabene im Urin weiblicher Personen ab der Adoleszenz erhöht nachweisbar. Kinder replizierten außerdem schon früh die Stereotypen, die sie beispielsweise durch ihre Eltern vorgelebt bekamen: so identifizierten sich Mädchen im Grundschulalter weniger stark mit Mathematik als ihre männlichen Mitschüler (Cvencek et al., 2011). Erwachsene verstanden mathematische Fähigkeiten als männliches Attribut (Nosek et al., 2009). Kinder lernten und verinnerlichten, was ihnen durch ihr soziales Umfeld übermittelt wurde, so auch Stereotypen. Wood et al. (2008b) wendeten einen Genderfragebogen bei Kindern an. Hierbei unterschieden sich Mädchen und Jungen signifikant voneinander, wobei sich Mädchen femininere und Jungen maskulinere Attribute zuschrieben. Zusätzlich zum Sex einer Person, welches die Entwicklung ab dem Kindesalter lenkte, spielte auch das Gender, beispielweise durch die Vermittlung gesellschaftlicher Erwartungen und Replikation von Stereotypen, eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

1.5 Mosaiktheorie

Obwohl Unterschiede in der Gehirnstruktur je nach Sex gefunden wurden (Lotze et al., 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014), waren die beschriebenen Verschiedenheiten eher klein. Der Großteil des menschlichen Gehirns zeigte keine Diskrepanz zwischen Männern und Frauen (Kurth et al., 2019; Perlaki et al., 2014). So wurde von Joel und Fausto-Sterling (2016) argumentiert, dass das menschliche Gehirn nicht als Dimorphismus, welcher einen männlichen und weiblichen Zustand annimmt, angesehen werden kann.

Die Mosaiktheorie beschreibt das Gehirn als ein aus vielen verschiedenen kleinsten Untereinheiten bestehendes Konstrukt, welches eher weibliche und eher männliche Charakteristika aufweist. Dabei werden einzelne Strukturen als typisch männlich oder typisch weiblich klassifiziert. Diese Einteilung fußt aber ausschließlich auf der höheren Wahrscheinlichkeit, dieses Muster bei Männern

oder bei Frauen zu finden. Somit können auch Männer typisch weibliche und Frauen typisch männliche Merkmale zeigen (Joel, 2011, 2021). Gehirne sind nach der Mosaiktheorie nicht als internal konsistent zu betrachten. Internal konsistent beschreibt, dass ein Gehirn ausschließlich Strukturen, die als typisch männlich oder typisch weiblich gelten, besitzt. Gehirne stellen jedoch eine Mischung aus typisch männlichen und typisch weiblichen Merkmalen dar (Joel et al., 2015).

Obwohl die Mosaiktheorie eine Zuordnung von Gehirnen zu strikt männlichen und weiblichen Polen ablehnt, wird doch eine Differenzierung in typisch männlich und typisch weiblich vorgenommen. Hierbei bleibt offen, ob Sex oder Gender für die als typische weibliche und typisch männliche definierten Merkmale ausschlaggebend sind. In dieser Dissertation soll analysiert werden, inwiefern Sex und Gender Auswirkungen auf die Gehirnstruktur haben. Es wird also nicht wie bei der Mosaiktheorie untersucht, inwiefern männliche oder weibliche Proband:innen Unterschiede in Untereinheiten des Gehirns kongruent oder inkongruent zu ihrem Sex aufweisen, sondern vielmehr die Variable Gender als Faktor miteinbezogen. Neben dem Sex einer Person soll auch das Gender, also das Ausmaß an Femininität und Maskulinität der Person, Beachtung in der Analyse der Gehirnstruktur finden.

Auch wenn das Gehirn als ein Mosaik aus eher typisch männlich und typisch weiblich gelesenen Anteilen angesehen wird, ergibt sich in der Zusammenschau nichtdestotrotz ein Bild, welches vorhergesagt werden kann. So gelang es Chekroud et al. (2016) mittels morphologischer Kriterien wie der kortikalen Dicke und dem Volumen subkortikaler Strukturen, das Sex mit einer Genauigkeit von 93 % vorherzusagen. Feis et al. (2013) nutzten mehrere MRT-Aufnahmemodalitäten, um mithilfe von support vector machines das Sex von Personen zu präzisieren und erreichten so eine Genauigkeit von 96 %. Eine Arbeit von Weis et al. (2020) zeigte, dass mittels support vector machines das Sex von Proband:innen auch anhand von Ruhezustandsmessungen des Gehirns mit hoher Genauigkeit erkannt wurde. Hierbei wurde das Gehirn in 436 sogenannte Parcel unterteilt. Das Klassifizierungsprogramm wurde anhand einer Stichprobe trainiert und daraufhin an weiteren Stichproben getestet. Es sollte

zwischen Männern und Frauen unterscheiden und somit das Sex einer Person vorhersagen können. Eine Vorhersagegenauigkeit von 68.7 % wurde bei Durchführung einer Kreuzvalidierung innerhalb einer Stichprobe erreicht. Ebenso erreichten Validierungen zwischen verschiedenen Stichproben Werte der mittleren Vorhersagegenauigkeit von 60.0 % und 64.3 %. Die Regionen mit den höchsten Vorhersagegenauigkeiten waren bei allen drei Stichproben vergleichbar. Vor allem lagen diese entlang des cingulären Kortex, im medialen und lateralen Frontalkortex, in temporoparietalen Regionen, bei der Insula und dem Precuneus. Anhand von Hirnarealen, welche mit Sprache, Kognition und Emotionen assoziiert sind, konnte das Sex eines Individuums vorhergesagt werden. Die Annahmen der Mosaiktheorie sind mit der Möglichkeit der Prädiktion von Sex durch morphologische MRT-Daten oder Ruhezustandsmessungen des Gehirns vereinbar. Ein Gehirn, welches aus einem Mosaik typisch männlicher und typisch weiblicher Teile besteht, kann in der Zusammenschau überdurchschnittlich viele typisch männliche oder weibliche Aspekte aufweisen, wodurch eine Zuteilung möglich wird. Eine komplett fehlerfreie und sichere Einteilung wird aber, aufgrund von Überlappung und fehlender Diskrepanz zwischen Männern und Frauen in einer Vielzahl an Hirnregionen, unmöglich.

2 Studienziel und Hypothesen

2.1 Studienziel und ROI-Selektion

Das Ziel dieser Studie ist es dezidiert die Einflüsse von Sex, Gender und Geschlechtshormonen auf die Gehirnarchitektur zu untersuchen. Zum einen sollen Unterschiede je nach Sex betrachtet und näher beleuchtet werden, inwiefern sich Frauen und Männern in den Genderfragebögen unterscheiden oder gleichen und welche Unterschiede bezüglich der Geschlechtshormone in dieser Stichprobe vorliegen. Das Gender wurde in der bisherigen Literatur vernachlässigt, weshalb darauf in dieser Dissertation besonderer Wert gelegt werden soll. Zum anderen soll separat erörtert werden, welche Effekte Sex, Gender und Geschlechtshormone auf das Gesamthirnvolumen und die graue

Substanz haben. Es sollen neue Erkenntnisse über die Einflussnahme des Genders im Vergleich zum Sex bezüglich der Gehirnstruktur gewonnen werden. Besonders in der Metanalyse von Eliot et al. (2021) wurde thematisiert, dass Unterschiede je nach Sex zum Teil nur bedingt haltbar und verlässlich nachweisbar waren. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass das Miteinbeziehen von Gender Hinweise auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten weiter aufklären kann. Auch soll die Rolle der Geschlechtshormone hinsichtlich der Gehirnvolumina Beachtung finden. Da das Gender bisher oft synonym zum Sex eines Menschen erachtet wurde, ist es wichtig diese Variablen gesondert voneinander aber auch gezielt zusammen in Analysen einzusetzen, um das Konstrukt Gender besser zu verstehen.

In der Literatur wurden Unterschiede je nach Sex in verschiedenen Hirnregionen berichtet. Um zu evaluieren, ob und inwiefern sich die aktuelle Stichprobe in diesen Hirnregionen unterscheidet, wird eine „Region of Interest“ (ROI) Analyse von Amygdala, Hippocampus, Putamen und mittlerem frontalen Gyrus anvisiert. Die Auswahl der Regionen wurde auf Grundlage der vorliegenden Literatur getroffen. *Sex-Unterschiede:* Während Männer ein größeres Volumen der Amygdala (Lotze et al., 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014; Witte et al., 2010), des Hippocampus (Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ruigrok et al., 2014) und des Putamen (Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014) aufwiesen, zeigten Frauen ein größeres Volumen des rechten mittleren frontalen Gyrus (Pletzer, 2019). *Gender:* Zum anderen beschrieb Pletzer (2019), dass ein größeres Volumen des linken mittleren frontalen Gyrus mit feminineren Selbsteinschätzungen bei Männern einherging, womit die Betrachtung des mittleren frontalen Gyrus bezüglich des Genders interessant ist. *Geschlechtshormone und Volumen:* Lisofsky et al. (2015) berichteten eine positive Korrelation zwischen Volumina des linken mittleren frontalen Gyrus mit Östrogenspiegeln bei Frauen. Außerdem wurden in einem Review von Rehbein et al. (2021) Hirnregionen beschrieben, welche in Phasen der hormonellen Veränderungen bei Frauen eine Rolle spielen. Hierbei ist die Amygdala während der Pubertät und dem Menstruationszyklus und der

Hippocampus während Pubertät, Menstruationszyklus, Schwangerschaft und Postpartum sowie der Menopause zu nennen.

2.2 Hypothesen

Ziel der Studie ist es die Einflüsse von Sex, Gender, erhoben durch psychologische Fragebögen, und Hormonspiegel auf Gehirnvolumina zu untersuchen. Folgende Hypothesen können, auf der aktuellen Literatur basierend, formuliert werden:

Zuerst sollen Männer und Frauen bezüglich der Aspekte Gender, Hormonwerte und Hirnvolumina verglichen werden.

1. Männer und Frauen schätzen sich selbst anhand der Fragebögen, die das Gender einer Person erfassen, entsprechend ihrem Sex ein (Bem, 1974; Gruber et al., 2020; Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019; Reilly et al., 2016).
2. Männer weisen höhere Spiegel von Testosteron und freiem Testosteron als Frauen auf, während bei Frauen höhere Östradiol und Progesteronspiegel gemessen werden (Hornung et al., 2019; Pedain, 2021b; Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019).
3. Das Gesamthirnvolumen ist bei Männern größer als bei Frauen (Barnes et al., 2010; Eliot et al., 2021; Groeschel et al., 2010; Gur et al., 1991; Gur et al., 1999; Luders et al., 2009; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014).
4. Frauen haben einen größeren Anteil an Volumen der grauen Substanz zum Gesamthirnvolumen als Männer (Gur et al., 1999).

Danach werden die Beziehungen der Variablen Sex, Gender, Geschlechtshormone und Hirnvolumina zueinander untersucht. Hierbei werden folgende Hypothesen aufgestellt:

5. Das Gesamthirnvolumen kann durch das Sex, Gender und Geschlechtshormone prädiziert werden, wobei:
 - a. das männliche Sex
 - b. maskuline Einschätzungen auf den Genderskalen
 - c. hohe Spiegel von Testosteron und freiem Testosteron

- mit einem größeren Gehirnvolumen assoziiert werden und
 - d. das weibliche Sex
 - e. feminine Einschätzungen auf den Genderskalen
 - f. hohe Spiegel an Östrogen und Progesteron
 - mit einem kleineren Gesamthirnvolumen assoziiert sind.
6. Der Anteil des Volumens der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen kann durch das Sex, Gender und Geschlechtshormone prädiziert werden, wobei:
- a. das weibliche Sex
 - b. feminine Einschätzungen auf den Genderskalen
 - c. hohe Östrogen- und Progesteronspiegel
 - mit einem größeren Anteil des Volumens der grauen Substanz assoziiert werden und
 - d. das männliche Sex
 - e. maskuline Einschätzungen auf der Genderskala
 - f. hohe Testosteron- und freie Testosteronspiegel
 - mit einem kleiner Gesamthirnvolumen assoziiert sind.

Die Amygdala, der Hippocampus, das Putamen und der mittlere frontale Gyrus sind als Hirnregionen mit Volumenunterschieden je nach Sex beschrieben. Diese sollen im Folgenden auch in Bezug auf den Einfluss von Gender und Geschlechtshormonen betrachtet werden. Hierbei wird Folgendes hypothetisiert:

- 7. Amygdala (Lotze et al., 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014; Witte et al., 2010), Hippocampus (Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ruigrok et al., 2014) und Putamen (Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014) weisen ein größeres Volumen bei Männern im Vergleich zu Frauen auf.
- 8. Der mittlere frontale Gyrus ist bei Frauen größer als bei Männern (Pletzer, 2019).
- 9. Der linke mittlere frontale Gyrus ist bei Männern mit höherer femininer Selbsteinschätzung größer als bei Männern mit niedriger femininen Selbsteinschätzung (Pletzer, 2019).

10. Frauen weisen im Zusammenhang mit höheren Östradiolwerten ein größeres Volumen des Hippocampus auf (Pletzer et al., 2018).

3 Material und Methoden

3.1 Stichprobe

Insgesamt wurden 17 Frauen ($M = 25.65$, $SD = 8.65$) und 21 Männer ($M = 23.71$, $SD = 4.19$) im Alter von 19 - 53 Jahren eingeschlossen. 12 Proband:innen wurden im Rahmen einer Kooperation mit dem Universitätsklinikum RWTH Aachen, 26 Proband:innen wurden am Universitätsklinikum Tübingen gemessen. Alle Proband:innen waren cisgender. Dies wurde durch Befragung der Proband:innen zu ihrem Sex und Gender evaluiert, wobei nur Proband:innen welche Sex und Gender kongruent zueinander angaben, in die Studie eingeschlossen wurden. Im Rahmen des Einschlussverfahrens wurden Telefonscreenings und am Termin der MRT-Messung ein strukturiertes klinisches Interview für DSM-IV (Wittchen et al., 1997) durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt berichteten die Proband:innen von keinen neurologischen oder psychischen Vorerkrankungen. Es wurden ausschließlich Frauen mit regelmäßigem und natürlichem Menstruationszyklus, also ohne Nutzung hormoneller Kontrazeptiva eingeschlossen. Bei vorheriger Einnahme hormoneller Kontrazeptiva mussten insgesamt mindestens drei Zyklen vergangen sein, bis eine Teilnahme möglich war. Frauen wurden zwischen dem 17. und 23. Tag ihres Menstruationszyklus gemessen, um alle Probandinnen in der gleich Zyklusphase zu erfassen. Dies gewährleistete, dass sich die Probandinnen in einer ähnlichen Phase des Menstruationszyklus befanden und somit die Hormonwerte, welche im Verlauf des Menstruationszyklus schwanken, miteinander vergleichbar sind. Der 17. bis 23. Tag des Menstruationszyklus stellt die mittlere Lutealphase dar. In dieser Zeit liegen im Vergleich zum restlichen Zyklusverlauf relativ stabile, hohe Östradiol- und Progesteronwerte vor (Kämmerer et al., 2019). Laut Angaben des Zentrallaboratoriums des Instituts für Klinische Chemie und Pathobiochemie des Universitätsklinikum Tübingen liegen

bei menstruierenden Frauen in der Lutealphase die Östradiolspiegel bei 200 - 800 pmol/l und die Progesteronspiegel 16 - 2000 nmol/l. Der Zyklus wurde von den Frauen selbst nachvollzogen, meist mittels eines Kalenders.

Bei dieser Studie handelt es sich um ein Querschnittsdesign, bei welchen die Proband:innen einmalig untersucht wurden.

Die Studie wurde durch die Ethik-Kommission bewilligt (Projekt-Nummer: 336-202060). Alle Proband:innen bestätigten schriftlich vor dem Studienbeginn ihr Einverständnis bezüglich der Studienteilnahme sowie des Datenschutzes.

3.2 Psychologische Fragebögen

Um das Gender eines Individuums zu erfassen, wurden zwei psychologische Fragebögen angewandt. Zum einen wurde das schon einige Jahrzehnte bestehende und gut etablierte Bem Sex Role Inventory (Bem, 1974), zum anderen der aktuellere Gender Related Attributes Survey (Gruber et al., 2020) verwendet.

Das **Bem Sex Role Inventory** (BSRI; Bem, 1974) dient der Selbsteinschätzung des Genders einer Person. Hierbei wird in die Skalen Maskulinität, Femininität, Androgynität und soziale Erwünschtheit eingeteilt. Androgyn beschreibt, dass sich Personen sowohl männliche als auch weibliche Merkmale zuschreiben und demnach nicht unbedingt in ein binäres Konzept aus den Extremen maskulin und feminin passen. Der erste Teil des BSRI besteht aus 60 Items, wobei 20 Merkmale aus sozialen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten als erwünscht maskulin (beispielsweise dominant), 20 als erwünscht feminin (beispielsweise verständnisvoll), 10 als für Frauen sowie Männer erwünscht (beispielsweise freundlich) und 10 als unerwünscht (beispielsweise eifersüchtig) angesehen werden. Proband:innen können auf einer siebenstufigen Likert-Skala von 1 (*nie*) bis 7 (*immer*) selbst einschätzen, inwiefern die aufgeführten Merkmale ihrer Meinung nach mit ihrer Persönlichkeit übereinstimmen, was im BSRI das Selbstbild ergibt. Die Ergebnisse der einzelnen sex-spezifischen Skalen werden summiert und daraufhin deren Mittelwert gebildet. Dieser Mittelwert zeigt, wie maskulin oder feminin sich eine Person selbst wahrnimmt. Die Androgynität wird

mithilfe der Werten der Maskulinitäts- und Femininitätsskalen berechnet. Je größer die Differenz der beiden Skalen ist, desto eindeutiger kann die Person der maskulinen, vertreten durch hoch positive oder femininen, dargestellt durch hoch negative Werte, Geschlechterrolle zugeordnet werden. Ist die Differenz gering, also nahe dem Wert null, kann die Person im androgynen Spektrum verortet werden. Zur Ermittlung der sozialen Erwünschtheit werden die Werte der sozial unerwünschten Items umgekehrt und mit den Werten der erwünschten Items der Mittelwert gebildet. Hierbei beschreibt ein niedriger Mittelwert nahe dem Wert null eine Selbstbeschreibung als sozial unerwünscht und ein hoher Wert nahe sieben eine Selbsteinschätzung als sozial erwünscht. Das Selbstbild einer Person kann aus dem ersten Teil des BSRI gefolgert werden. Hierbei werden den Proband:innen jeweils Werte von 1 (*sehr hoch signifikant feminin*), 2 (*hoch signifikant feminin*), 3 (*signifikant feminin*), 4 (*androgyn*), 5 (*signifikant maskulin*), 6 (*hoch signifikant maskulin*) und 7 (*sehr hoch signifikant maskulin*) zugeteilt, je nach dem inwiefern sie sich selbst zuvor eingeschätzt haben. Im zweiten Teil des BSRI werden Proband:innen aufgefordert anhand einer drei-Punkte Likert-Skala einzuschätzen, ob ihrer Meinung nach eine aufgeführte Eigenschaft bei ihnen selbst ausreichend ausgeprägt ist (2 (*genug*)) oder ob sie persönlich bei sich von diesem Merkmal gerne weniger (1 (*weniger*)) oder mehr (3 (*mehr*)) hätten. Mittels der Aussagen kann nachvollzogen werden, ob die Person mit ihrem aktuellen Gender glücklich ist und ob sie eine genderneutrale, androgyne oder gendertypische Position einnimmt. Dieser zweite Teil des BSRI repräsentiert das Wunschbild einer Person, wobei ebenso wie beim Selbstbild die Einteilung der Proband:innen anhand einer Skala von 1 (*sehr hoch signifikant feminin*) bis 7 (*sehr hoch signifikant maskulin*) vorgenommen wird.

Der **Gender Related Attributes Survey** (GERAS; Gruber et al., 2020) ist ein multidimensional aufgebauter Test zur Selbsteinschätzung der Geschlechtsidentität einzelner Individuen. Der Fragebogen beschränkt sich auf eine zweidimensionale Ansicht von Gender, unterscheidet demnach nur zwischen maskulin und feminin. Dabei werden für die Maskulinitäts- und Femininitätsskala jeweils drei Subskalen abgedeckt. Diese umfassen: Persönlichkeit (beispielsweise fürsorglich oder abenteuerlustig), Kognition

(beispielsweise einer Wegbeschreibung folgen) sowie Aktivitäten und Interesse (beispielsweise Spaziergehen, Paintball, Shopping). Proband:innen schätzen sich selbst ein, indem sie bewerten, inwiefern ein Persönlichkeitsmerkmal auf sie zutrifft, wie leicht ihnen die Lösung einer Problemstellung fällt und in welchem Maße ihnen eine Aktivität zusagt. Der Fragebogen umfasst 50 Items. Es werden positiv und negativ assoziierte ebenso wie neutrale Merkmale präsentiert. Die Proband:innen wählen ihre Antwort auf einer sieben-Punkte Likert-Skala aus von 1 (*nie/gar nicht*) bis 7 (*immer/sehr*). Gruber et al. (2020) zeigten, dass Frauen wesentlich höhere Werte für im Fragebogen als feminin bezeichnete Merkmale erhielten, wobei Männer wesentlich höhere Werte bei den der maskulinen Kategorie zugeordneten Merkmalen erreichten.

3.3 Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie ist ein seit Jahrzehnten etabliertes, nicht-invasives Verfahren zur Beurteilung der anatomischen Gegebenheiten des Gehirns. Es basiert auf der Anregung von Protonen im untersuchten Gewebe durch magnetische Wechselfelder mit Radiowellen.

Der Spin der Protonen in den Atomkernen des in den MRT-Spulen platzierten Gewebes richtet sich entlang des statischen Magnetfeldes parallel und antiparallel aus. Dies wird Netto- oder Längs-Magnetisierung genannt. Durch das Senden eines Radiofrequenzimpulses wird eine Synchronisierung induziert, wodurch sich die Protonen „in Phase“ zueinander befinden und eine Transversalmagnetisierung entsteht. Die Längsmagnetisierung nimmt währenddessen ab. Beim Abstellen des magnetischen Feldes relaxieren die Protonen und kehren von der Transversalmagnetisierung in die ursprüngliche Längsmagnetisierung zurück. Die Zeit, die dieser Vorgang benötigt, wird als T1-Relaxationszeit bezeichnet. Das dadurch entstehende Signal wird zur Bildkonstruktion verwendet (Schild, 1990).

Von 38 Proband:innen wurden MRT-Daten erhoben. 12 Proband:innen wurden im Rahmen einer Kooperation mit dem Universitätsklinikum RWTH Aachen, 26 Proband:innen wurden am Universitätsklinikum Tübingen gemessen. Die MRT-Messungen wurden am Universitätsklinikum Tübingen am selben 3T Siemens

MRT-Scanner (Magnetom Prisma, Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Deutschland), in der Abteilung der Biomedizinischen Magnetresonanz an der Klinik für Radiologie durchgeführt. Eine T1-gewichtete MPRAGE (Magnetization Prepared-Rapid Gradient Echo) Sequenz mit folgenden Parametern kam zum Einsatz: 192 Schnitte, Voxelgröße: 1x1x1 mm, Schnittdicke: 1.00 mm, TR = 2300 ms; TE = 2.96 ms, TI = 900 ms, $\alpha = 9^\circ$. Die Messung nahm 6:07 Minuten in Anspruch. Am Universitätsklinikum RWTH Aachen wurden die gleichen Sequenzen verwendet.

Alle MRT-Aufnahmen wurden nach der Erhebung visuell gescreent, um Unregelmäßigkeiten und leicht erkennbare Pathologie auszuschließen sowie eine gute Bildqualität zu gewährleisten.

Zur Bildverarbeitung wurde MATLAB (The MathWorks, Natick, Massachusetts, USA) und die Software Statistical Parametric Mapping (SPM; The Wellcome Centre for Human Neuroimaging, UCL Queen Square Institute of Neurology, London, Großbritannien) sowie die Computational Anatomy Toolbox 12 (Gaser et al., 2022) genutzt. Hierbei wurde von der „Segment“ Funktion von CAT12 Gebrauch gemacht und die Standardeinstellungen belassen. Die volumetrischen Daten des Gesamthirns sowie der grauen Substanz wurden aus dem catreport extrahiert. Hierbei beschreibt das Gesamthirnvolumen die Summe aus grauer Substanz, weißer Substanz und zerebrospinaler Flüssigkeit.

$$TIV = WMV + GMV + CSF$$

TIV: Gesamthirnvolumen

WMV: Volumen der weißen Substanz

GMV: Volumen der grauen Substanz

CSF: zerebrospinale Flüssigkeit

$$GMV \% = \frac{GMV}{TIV} \cdot 100$$

GMV %: Anteil der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen in Prozent [%]

Die „Region of Interest“ (ROI)-Analyse wurde mithilfe von CAT12 und dem ROI-Werkzeug „Estimate Mean Value Inside ROI for External Analysis“ durchgeführt. Dabei wurden alle volumetrischen Dateien, welche durch CAT12 im vorherigen Schritt erstellt wurden, eingelesen und für alle Proband:innen die Volumina der verschiedenen Hirnregionen in Milliliter (ml) extrahiert. Für das weitere statistische Vorgehen wurden die Ergebnisse, welche auf Basis des Atlas „Neuromorphometrics“ (gestellt von Neuromorphometrics, Inc. <http://Neuromorphometrics.com/> unter akademischer Nutzung) erstellt wurde, verwendet.

3.4 Hormone

Zur Bestimmung der Hormonspiegel wurden circa 7 ml venöses Blut abgenommen. Hierbei wurden S-Monovetten® Serum des Herstellers SARSTEDT verwendet. Die Beschichtung mit Silikat bewirkt eine Gerinnung innerhalb von 20 bis 30 Minuten. Nach Zentrifugation setzt sich ein Blutkuchen ab. Das Serum liegt darüber und wird durch im Röhrchen vorhandene Granula abgetrennt (siehe Gebrauchsanweisung von SARSTEDT im Literaturverzeichnis). Die Blutentnahmen fanden nachmittags zwischen 14:00 und 18:00 Uhr statt. Die Auswertung wurde durch das Zentrallaboratorium des Instituts für Klinische Chemie und Pathobiochemie des Universitätsklinikums Tübingen durchgeführt.

Der Anteil des freien Testosterons kann rechnerisch ermittelt werden (Vermeulen et al., 1999). Hierfür sind die Werte von Albumin im Serum, SHBG und Gesamttestosteron nötig. Die Berechnung des kalkulierten freien Testosterons erfolgte durch untenstehende Gleichung:

$$FT = \frac{([T] - (N \times [FT]))}{(Kt\{SHBG - [T] + N[FT]\})}$$

FT: freies Testosteron

T: Testosteron

$N = KaCa + 1$, wobei $KaCa = \pm 22$

Kt: Assoziationskonstante von SHBG für T; $Kt = 1 \times 10^9 \frac{L}{mol}$

SHBG: Sex Hormon Binding Globulin

Aufgrund von fehlenden Albuminwerten bei fünf Proband:innen konnten ausschließlich von 33 Personen die Spiegel des freien Testosteron bestimmt werden.

3.5 Ablauf

Die Rekrutierung von Proband:innen erfolgte per Rundmail über den Verteiler der Eberhard Karls Universität Tübingen. Durch Telefon-Interviews wurden die Einschlusskriterien und die MRT-Tauglichkeit der potenziellen Proband:innen überprüft und anschließend bei Einschluss in die Studie Termine vereinbart. Alle MRT-Termine wurden zwischen 14 und 18 Uhr datiert, um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit in Hormonspiegeln zu gewährleisten, da diese im Tagesverlauf variieren. So sind bei Männern am Morgen die Testosteronlevel signifikant höher als nachmittags (Brambilla et al., 2009). Im Laufe des Termins wurde eine MRT-Messung sowie eine Blutentnahme durchgeführt. Des Weiteren füllten die Proband:innen Fragebögen aus.

3.6 Statistische Datenverarbeitung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS 27 (IBM SPSS Statistics 27). Das Signifikanzniveau wurde auf $p < .05$ festgelegt.

Zum Vergleich der Mittelwerte der Ergebnisse der Fragebögen BSRI (Bem, 1974) und GERAS (Gruber et al., 2020), der Hormonspiegel und der Hirnvolumina zwischen den zwei Gruppen Männer und Frauen wurden bei normalverteilten Daten t -Tests für unabhängige Stichproben und bei nicht-normalverteilten Daten Mann-Whitney- U -Tests angewandt. Im Rahmen der t -Tests werden im Folgenden der Mittelwert sowie die Standardabweichung angegeben, für die Mann-Whitney- U -Tests werden der Median bei gleicher Verteilungsform und der mittlere Rang bei ungleicher Verteilungsform berichtet. Die Gruppenvergleiche wurden ebenso mit der unabhängigen Variable Standort durchgeführt, um zu erörtern, ob Unterschiede zwischen der in Tübingen und in Aachen gemessenen Kohorte vorlagen. Diese Analysen finden sich im Anhang B. Unter Anwendung

des Mediansplits wurden Proband:innen anhand der Genderfragebögen BSRI und GERAS in eine hoch respektive niedrig maskuline und hoch beziehungsweise niedrig feminine Gruppe eingeteilt. Daraufhin wurden die Gruppen bezüglich der Hirnvolumina verglichen. Multiple lineare Regressionsanalysen wurden hierarchisch durchgeführt. Um die Effekte von Sex, Gender und Geschlechtshormonen auf das Gesamthirnvolumen, das Gesamtvolumen der grauen Substanz und auf das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen zu erfassen, wurden folgende linearen Regressionsmodelle aufgestellt:

zur Beeinflussung durch Sex:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \varepsilon$$

zur Beeinflussung durch die GERAS-Genderskalen:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * GERAS_{Maskulinität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * GERAS_{Maskulinität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * GERAS_{Femininität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * GERAS_{Femininität} + \varepsilon$$

zur Beeinflussung durch die BSRI-Genderskalen I:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * BSRI_{Maskulinität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * BSRI_{Maskulinität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * BSRI_{Femininität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * BSRI_{Femininität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * BSRI_{Androgynität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * BSRI_{Androgynität} + \varepsilon$$

zur Beeinflussung durch Hormonspiegel für Frauen und Männer getrennt:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Testosteron + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * \text{freies Testosteron} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * \text{Östradiol} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * \text{Progesteron} + \varepsilon$$

Mit Ausnahme der Hormonspiegel, welche ausschließlich für Frauen und Männer getrennt betrachtet wurden, wurden die linearen Regressionsanalysen jeweils für die gesamte Stichprobe, sowie für Frauen und Männern separat angewandt.

Für die ROI-Analyse wurden, wie bereits in Kapitel 1.7 beschrieben, folgende Strukturen ausgewählt: Amygdala, Hippocampus, Putamen und MFG. Zunächst wurde geprüft, ob die Lateralität einen Einfluss hat, und sich rechte und linke Hirnregion bezüglich ihres Volumens je nach Sex voneinander unterscheiden. Das Volumen der ROI anteilig am Gesamthirnvolumen wurde verwendet, um Unterschiede im Gesamthirnvolumen miteinzubeziehen. Als statistisches Mittel fand die mixed ANOVA Anwendung. Anschließend wurde mithilfe von linearen Regressionsanalysen der Einfluss von Sex, Gender und Geschlechtshormonen auf die spezifisch ausgewählten Hirnregionen untersucht. Sofern ein Unterschied im Volumen zwischen der linken und rechten Hemisphäre festgestellt werden konnte, wurden Modelle für rechte und linke Hemisphäre separat gerechnet. Wenn kein Unterschied in der Lateralität bestand, wurde das Gesamtvolumen verwandt. Erneut wurden hier die Volumina anteilig am Gesamthirnvolumen genutzt, um das Gesamthirnvolumen als Variable miteinzubeziehen. Das Vorgehen bezüglich der Prüfung von Variablen zur Prädiktion des Volumens der ROIs ist identisch zu den linearen Regressionsanalysen des Gesamthirnvolumen und des Volumens der grauen Substanz absolut respektive anteilig am Gesamthirnvolumen gewählt worden:

zur Beeinflussung der Volumina der ROIs durch Sex:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * \text{Sex} + \varepsilon$$

zur Beeinflussung der Volumina der ROIs durch die GERAS-Genderskalen:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * \text{GERAS}_{\text{Maskulinität}} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * \text{Sex} + \beta_2 * \text{GERAS}_{\text{Maskulinität}} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * GERAS_{Femininität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * GERAS_{Femininität} + \varepsilon$$

zur Beeinflussung der Volumina der ROIs durch die BSRI-Genderskalen:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * BSRI_{Maskulinität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * BSRI_{Maskulinität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * BSRI_{Femininität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * BSRI_{Femininität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * BSRI_{Androgynität} + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Sex + \beta_2 * BSRI_{Androgynität} + \varepsilon$$

zur Beeinflussung der Volumina der ROIs durch Hormonspiegel für Frauen und Männer getrennt:

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Testosteron + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * freies Testosteron + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Östradiol + \varepsilon$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 * Progesteron + \varepsilon$$

4 Ergebnisse

Zuerst werden im Ergebnisteil die Unterschiede zwischen Männern und Frauen bezüglich Demographie, den GERAS- und BSRI-Genderskalen, Geschlechtshormonen und den Hirnvolumina berichtet.

Daraufhin werden die Ergebnisse der linearen Regressionsanalysen berichtet. Dies erfolgt immer nach dem gleichen Schema. Für die betrachteten Hirnvolumina werden zuerst der Einfluss von Sex, anschließend der der GERAS- und der BSRI-Genderskalen jeweils einzeln und in Kombination mit Sex und zuletzt der Einfluss der Geschlechtshormone aufgeführt.

Abschließend werden die Unterschiede der ROIs bezüglich Lateralität und Sex beschrieben. Daran schließt sich die lineare Regressionsanalyse nach dem gleichen Schema wie oben beschrieben für die einzelnen ROIs an.

Alle Gruppenvergleiche mit der Variable Standort sind im Anhang B aufgeführt. Falls Unterschiede in der Signifikanz zu dem im Folgenden berichteten Ergebnissen bestanden, wird darauf im entsprechenden Absatz hingewiesen. Standort selbst als Variable zeigte jedoch in keinem Fall einen signifikanten Effekt.

4.1 Demographie Proband:innen-Daten

Das Alter der Männer und Frauen unterschied sich nicht signifikant, $U = 166.50$, $Z = -0.36$, $p = .732$.

4.2 Psychologische Fragebögen

4.2.1 BSRI- und GERAS-Genderskalen

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Genderskalen sind in **Tabelle 7** einsehbar.

Männer schätzten sich selbst dem GERAS zufolge signifikant maskuliner ein als Frauen ($t(36) = 2.71$, $p = .010$, siehe **Abbildung 1**). Der BSRI zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Selbsteinschätzung der Maskulinität zwischen Männern und Frauen ($t(36) = 0.97$, $p = .338$).

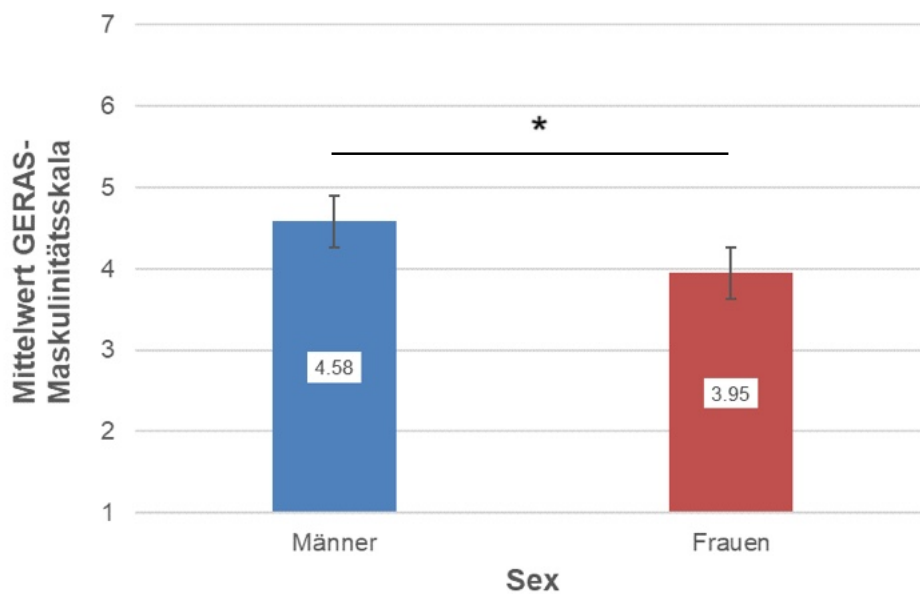


Abbildung 1 Mittlere Selbsteinschätzung auf der GERAS-Maskulinitätsskala von Männern und Frauen mit Fehlerbalken (Standardfehler). * $p < .05$

Frauen schätzten sich weder im Rahmen des BSRI, $t(36) = -0.66$, $p = .514$, noch beim GERAS, $t(36) = -1.63$, $p = .113$, signifikant femininer ein als Männer.

Ebenso bestand kein signifikanter Unterschied in der Selbsteinschätzung der Androgynität zwischen Frauen und Männern, $t(36) = -1.32$, $p = .195$.

Die Unterskalen des GERAS Persönlichkeit und Kognition zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen Männer und Frauen bei den maskulinen oder femininen Items, Persönlichkeit maskulin: $t(36) = 1.93$, $p = .062$; Persönlichkeit feminin: $t(36) = -1.76$, $p = .087$; Kognition maskulin: $t(36) = 1.15$, $p = .259$; Kognition feminin: $t(25.188) = -0.06$, $p = .955$. Frauen und Männer unterschieden sich signifikant in der Unterskala Aktivität und Interessen. Frauen erreichten signifikant höhere Werte auf der Unterskala der femininen Aktivitäten und Interessen als Männer, $t(36) = -2.20$, $p = .034$, und Männer auf der Unterskala der maskulinen Aktivitäten und Interessen als Frauen, $t(36) = 2.49$, $p = .018$.

Table 7 Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen und Unterskalen des BSRI und GERAS

N = 38	Sex			
	Männer N = 21		Frauen N = 17	
	M	SD	M	SD
BSRI-Maskulinitätsskala Selbstbild	4.65	0.62	4.43	0.78
BSRI-Femininitätsskala Selbstbild	4.65	0.49	4.76	0.50
BSRI-Androgynitätsskala Selbstbild	-0.002	0.62	-0.33	0.90
GERAS- Maskulinitätsskala	4.58	0.71	3.94	0.73
GERAS- Femininitätsskala	4.41	0.58	4.73	0.64
GERAS Persönlichkeit maskulin	4.37	0.92	3.82	0.78
GERAS Persönlichkeit feminin	4.55	0.67	4.92	0.63
GERAS Kognition maskulin	5.16	0.99	4.72	1.38
GERAS Kognition feminin	4.68	1.00	4.71	1.64
GERAS Aktivität und Interessen maskulin	4.21	1.13	3.29	1.13
GERAS Aktivität und Interessen feminin	3.99	0.78	4.55	0.80

4.2.2 Selbst- und Wunschbild des BSRI

Auf der Skala des BSRI, welche das Selbstbild eines Individuums erfasst, unterschieden sich Frauen ($Mdn = 4.00$) und Männer ($Mdn = 4.00$) nicht signifikant voneinander, $U = 143.50$, $Z = -1.25$, $p = .192$. Die Skala des BSRI, welche das Wunschbild von Personen repräsentiert, ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern ($Mittlerer Rang = 19.26$) und Frauen ($Mittlerer Rang = 19.79$), $U = 173.50$, $Z = -0.17$, $p = .862$.

Bei der deskriptiven Betrachtung des Selbstbildes ergaben sich Auffälligkeiten. Es gab einige Frauen, die sich selbst als maskulin und vice versa einige Männer, die sich selbst als feminin beschrieben. Keine:r der Proband:innen fiel unter die Kategorie hoch maskulin oder sehr hoch maskulin. Jeweils mehr als die Hälfte der Frauen und Männer wurden dem Selbstbild androgyn zugeordnet, dies galt auch für das Wunschbild. Frauen wünschten sich als androgyn, maskulin oder sehr hoch maskulin eingeordnet zu werden. Keine Frau fiel bei Betrachtung des Wunschbildes in eine feminine Rolle. Ebenso wenig wurde ein Mann der Kategorie feminin zugeordnet. Die Verteilung der Angaben der Proband:innen bezüglich des Selbstbild ermittelt mithilfe des BSRI sind in **Abbildung 2** und die des Wunschbildes in **Abbildung 3** aufgeführt.

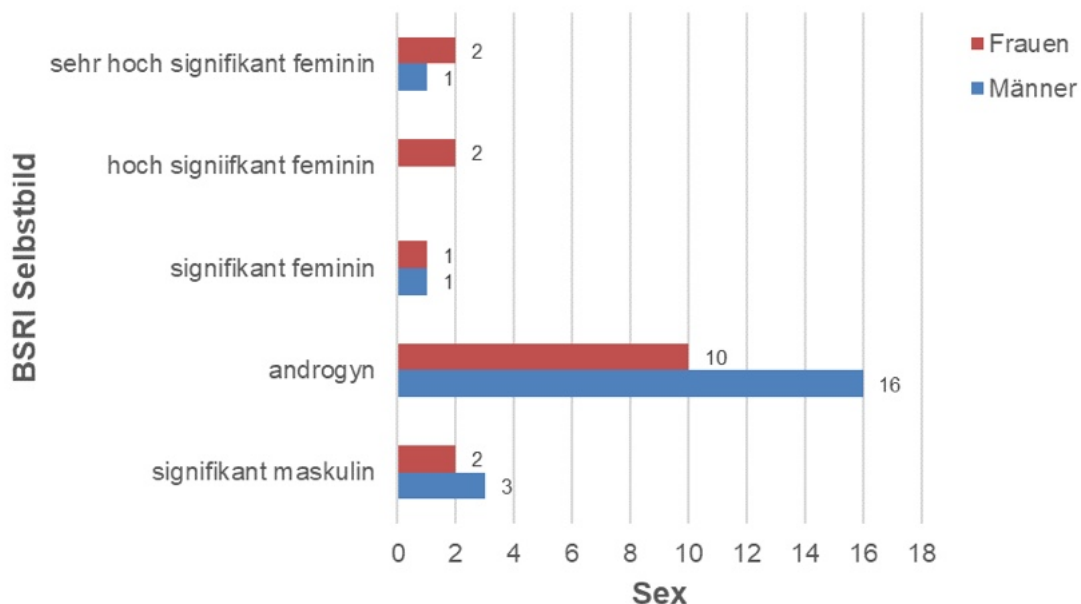


Abbildung 2 Verteilung der Proband:innen anhand den Kategorien des BSRI Selbstbilds; 1 (sehr hoch signifikant feminin), 2 (hoch signifikant feminin), 3 (signifikant feminin), 4 (androgyn), 5 (signifikant maskulin), 6 (hoch signifikant maskulin) und 7 (sehr hoch signifikant maskulin)

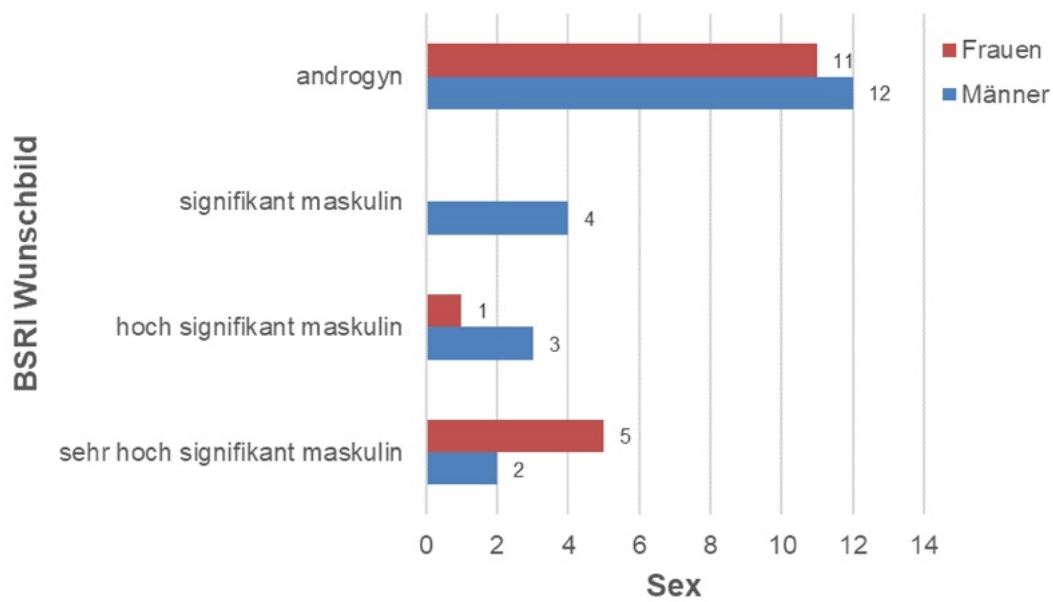


Abbildung 3 Verteilung der Proband:innen anhand der Kategorien des BSRI Wunschkategorie; 1 (sehr hoch signifikant feminin), 2 (hoch signifikant feminin), 3 (signifikant feminin), 4 (androgyn), 5 (signifikant maskulin), 6 (hoch signifikant maskulin) und 7 (sehr hoch signifikant maskulin)

4.3 Hormone

Die detaillierten Hormonwerte der Proband:innen aufgeteilt nach Sex werden in **Abbildung 4** dargestellt. Mittelwerte und Standardabweichungen der Hormonspiegel der Proband:innen finden sich in **Tabelle 8**:

Tabelle 8 Mittelwerte und Standardabweichungen der Hormonspiegel der Proband:innen

	Sex			
	Männer		Frauen	
	M	SD	M	SD
N = 38	N = 21		N = 17	
	M	SD	M	SD
SHBG [mmol/l]	31.81	12.87	66.18	29.19
Testosteron [nmol/l]	14.04	6.65	1.07	0.36
Östradiol (Estradiol, eE2) [pmol/l]	121.43	24.84	600.71	256.68
Progesteron [nmol/l]	2.48	0.62	28.69	19.81

N = 33	Männer N = 19		Frauen N = 14	
	M	SD	M	SD
Albumin [g/dl]	4.59	0.26	4.19	0.27
Kalkuliertes, freies Testosteron [nmol/l]	0.278	0.122	0.013	0.005

Der *t*-Test zeigte, dass Männer signifikant höhere Spiegel von freiem Testosteron aufwiesen als Frauen, $t(18.09) = 9.47$, $p < .001$. Männer ($Mdn = 12.80$) zeigten ebenso höhere Testosteronspiegel im Blut im Vergleich zu Frauen ($Mdn = 1.00$), $U = 0.00$, $Z = -5.24$, $p < .001$.

Frauen wiesen signifikant höhere Spiegel von Östradiol, $t(16.24) = -7.67$, $p < .001$, und Progesteron, $t(16.03) = -5.46$, $p < .001$, als Männer auf.

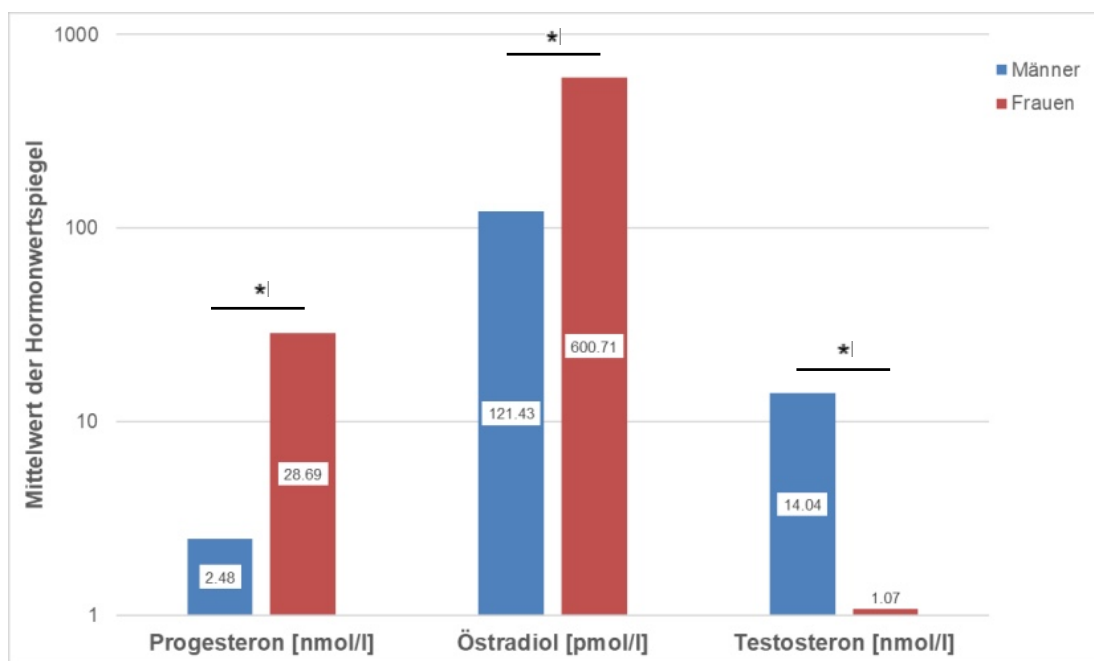


Abbildung 4 Mittlere Werte von Progesteron [nmol/l], Östradiol [pmol/l] und Testosteron [nmol/l] für Männer und Frauen unter Angabe der Mittelwerte im zugehörigen Balkenabschnitt, * $p < .05$

Frauen hatten signifikant höhere SHBG-Spiegel als Männer, $t(21) = -4.51$, $p < .001$. Bei Männern kamen signifikant höhere Albuminwerte als bei Frauen vor, $t(31) = 4.37$, $p < .001$.

4.4 Magnetresonanztomographie

4.4.1 Volumenunterschiede je nach Sex

Männer ($Mdn_{\text{Gesamthirnvolumen}} = 1623.00$) wiesen ein signifikant größeres Gesamthirnvolumen, $U = 51.00$, $Z = -3.74$, $p < .001$, und absolutes Volumen der grauen Substanz, $t(36) = 2.92$, $p = .006$, (siehe **Abbildung 5**), als Frauen ($Mdn_{\text{Gesamthirnvolumen}} = 1423.00$) auf. Der Unterschied zwischen Frauen und Männern im Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen war nicht signifikant, $t(36) = -1.86$, $p = .071$.

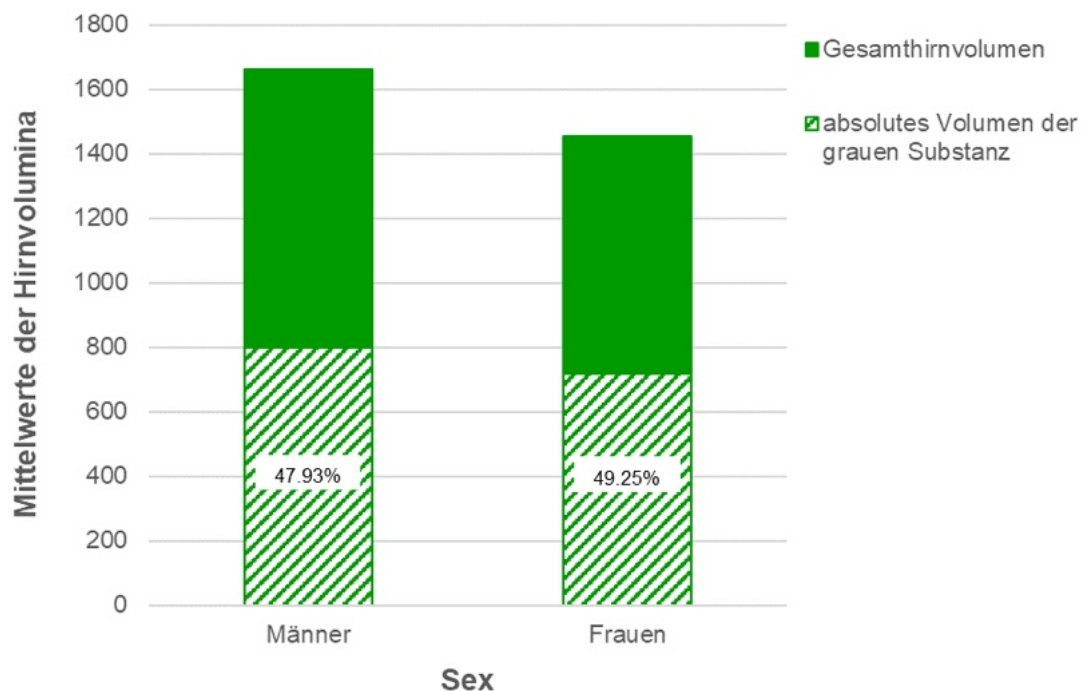


Abbildung 5 Mittlere Werte des Gesamthirnvolumens und absoluten Volumens der grauen Substanz in cm^3 für Männer und Frauen unter, Angabe des prozentualen Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen im Balkenabschnitt des absoluten Wertes der grauen Substanz

In der folgenden **Tabelle 9** sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Hirnvolumina für Männer und Frauen einsehbar.

Tabelle 9 Mittelwerte und Standardabweichungen der Hirnvolumina der Proband:innen

N = 38	Sex			
	Männer N = 21		Frauen N = 17	
	M	SD	M	SD
Gesamthirnvolumen [cm ³]	1661.38	148.20	1454.71	163.51
Graue Substanz [cm ³]	796.95	85.64	716.24	83.50
Graue Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen [%]	47.93	1.94	49.25	2.45

4.4.2 Volumenunterschiede je nach Gruppe eingeteilt durch Genderskalen

Es wurde außerdem mithilfe eines Mediansplit die Proband:innen je nach Gender in Gruppen eingeteilt. Wie viele Männer respektive Frauen der hoch und niedrig maskulinen oder femininen Gruppe des BSRI und GERAS zugeordnet wurden, ist in der folgenden **Tabelle 10** aufgeführt. Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Gruppen bezüglich der Hirnvolumina finden sich in **Tabelle 11**.

Tabelle 10 Gruppeneinteilung in hoch und niedrig maskuline respektive feminine Gruppen durch Mediansplit

N = 38		Sex	
		Männer N = 21	Frauen N = 17
BSRI- Maskulinitäts- skala	niedrig maskulin	10	11
	hoch maskulin	11	6
BSRI- Femininitäts- skala	niedrig feminin	12	8
	hoch feminin	9	9
GERAS- Maskulinitäts- skala	niedrig maskulin	6	13
	hoch maskulin	15	4
GERAS-	niedrig feminin	12	7

Femininitäts- skala	hoch feminin	9	10
------------------------	--------------	---	----

Table 11 Mittelwerte und Standardabweichungen der Hirnvolumina der Proband:innen eingeteilt in hoch und niedrig maskuline respektive feminine Gruppen

			Gesamthirn- volumen [cm ³]	Graue Substanz [cm ³]	Graue Substanz anteilig am Gesamthirn- volumen [%]
BSRI- Maskulinitäts- skala	niedrig maskulin	<i>M</i>	1508.24	735.76	48.79
		<i>SD</i>	158.93	81.17	1.88
	hoch maskulin	<i>M</i>	1643.88	791.82	48.19
		<i>SD</i>	192.09	99.42	2.66
BSRI- Femininitäts- skala	niedrig feminin	<i>M</i>	1575.85	767.95	48.72
		<i>SD</i>	162.30	83.44	1.81
	hoch feminin	<i>M</i>	1561.22	752.94	48.30
		<i>SD</i>	212.25	104.32	2.69
GERAS- Maskulinitäts- skala	niedrig maskulin	<i>M</i>	1469.00	726.21	49.43
		<i>SD</i>	134.97	73.14	2.24
	hoch maskulin	<i>M</i>	1668.84	795.47	47.61
		<i>SD</i>	176.54	99.33	1.91
GERAS- Femininitäts- skala	niedrig feminin	<i>M</i>	1570.89	762.63	48.59
		<i>SD</i>	157.64	73.77	2.18
	hoch feminin	<i>M</i>	1566.95	759.05	48.45
		<i>SD</i>	213.55	110.90	2.38

Die hoch maskuline Gruppe des BSRI hatte ein signifikant größeres Gesamthirnvolumen als die niedrig maskuline Gruppe, $t(36) = -2.38$, $p = .023$, (siehe **Abbildung 6**). Ebenso zeigte bezüglich des Gesamthirnvolumens,

$t(36) = -3.92$, $p < .001$, und des absoluten Volumens der grauen Substanz, $t(36) = -2.45$, $p = .019$, die hoch maskuline Gruppe des GERAS größere Volumina als die niedrig maskuline Gruppe (siehe **Abbildung 6**). Signifikante Unterschiede gab es auch zwischen der und hoch maskulinen Gruppe des GERAS bezüglich des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen, $t(36) = 2.70$, $p = .011$, (siehe **Abbildung 7**). Hier hatte die niedrig maskuline Gruppe signifikant höhere Volumenanteile der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen im Gegensatz zur hoch maskulinen Gruppe.

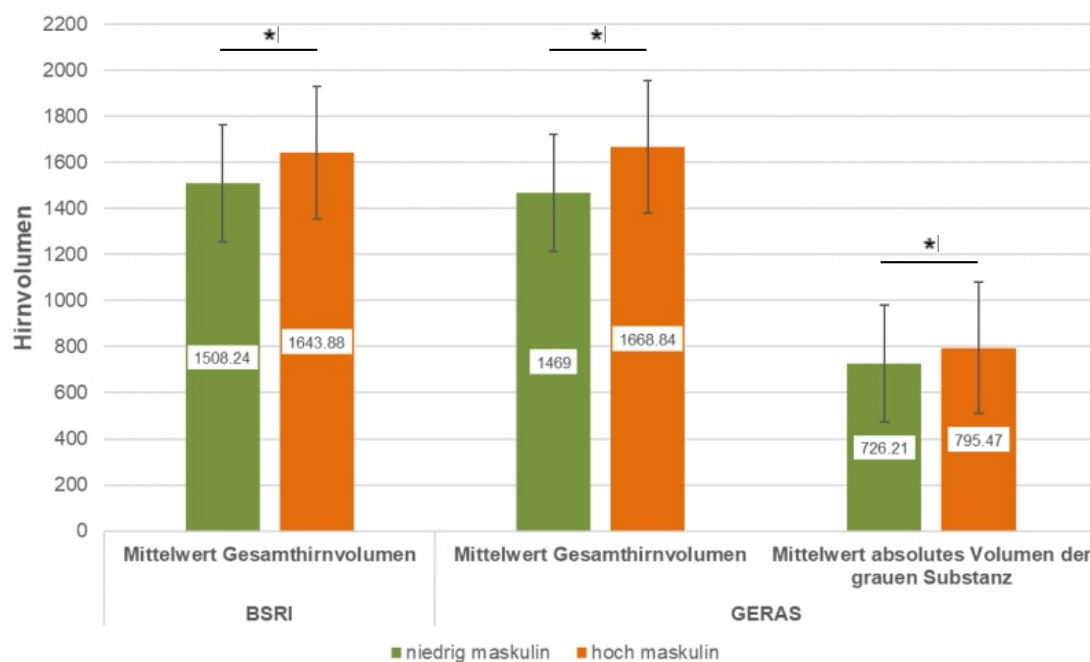


Abbildung 6 Mittlere Werte des Gesamthirnvolumens und absoluten Volumens der grauen Substanz in cm^3 für die hoch und niedrig maskulinen Gruppen des BSRI und GERAS unter Angabe des Mittelwerts in den jeweiligen Balken mit Fehlerbalken (Standardfehler), * $p < .05$

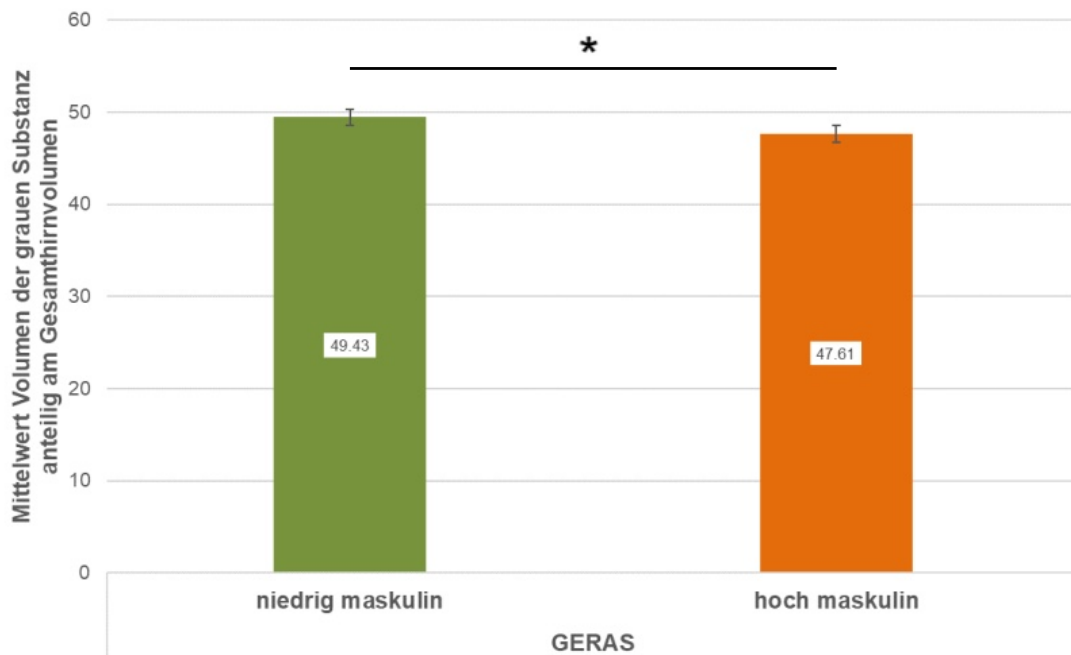


Abbildung 7 Mittlere Werte des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen in % für die hoch und niedrig maskuliner Gruppe des GERAS unter Angabe des Mittelwerts in den jeweiligen Balken mit Fehlerbalken (Standardfehler), * $p < .05$

Es gab keine signifikanten Gruppenunterschiede zwischen der hoch maskulinen und der niedrig maskulinen Gruppe des BSRI hinsichtlich des absoluten Volumens der grauen Substanz, $t(36) = -1.92$, $p = .063$, noch des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen, $t(36) = 0.80$, $p = .428$. Ebenso ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der hoch femininen und niedrig femininen Gruppe des BSRI, $t(36) = 0.24$, $p = .812$, oder GERAS, $t(36) = 0.65$, $p = .949$, bezüglich des Gesamthirnvolumen. Weiterhin konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der hoch femininen ($Mdn_{BSRI} = 728.00$; $Mdn_{GERAS} = 738.00$) und niedrig femininen ($Mdn_{BSRI} = 778.50$; $Mdn_{GERAS} = 776.00$) Gruppe des BSRI, $U = 137.00$, $Z = 1.257$, $p = .217$, oder GERAS, $U = 155.00$, $Z = -0.744$, $p = .470$, hinsichtlich des absoluten Volumens der grauen Substanz festgestellt werden. Auch der Vergleich des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen der hoch und niedrig femininen Gruppe von BSRI, $t(36) = 0.57$, $p = .573$, und GERAS, $t(36) = 0.19$, $p = .854$.

4.5 Prädiktion des Gesamthirnvolumens

Alle signifikanten Ergebnisse sind in ausführlichen Tabellen im Ergebnisteil aufgeführt. Die zu den nicht signifikanten Ergebnissen zugehörigen **Tabellen A 1** bis **A 9** finden sich im Anhang.

4.5.1 Sex

Das Sex prädizierte das Gesamthirnvolumen, $F(1,36) = 16.66$, $p < .001$, $beta_{Sex} = -206.68$, (siehe **Tabelle 12**) wobei ein positiver Zusammenhang zwischen dem männlichen Sex und der Größe des Gesamthirnvolumens berichtet werden konnte. Sexklärte 31.6 % der Varianz des Gesamthirnvolumen auf.

Tabelle 12 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch Sex unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	1661.38	33.87		49.06	< .001
Sex	-206.68	50.63	-0.56	-4.08	< .001
$N = 38$; $R^2 = 0.32$; $R^2_{korrigiert} = 0.30$; $F(1,36) = 16.66$; $p < .001$					

4.5.2 GERAS-Genderskala

Die GERAS-Maskulinitätsskala sagte das Gesamthirnvolumen ebenso signifikant voraus, $F(1,36) = 29.78$, $p < .001$, $beta_{GERAS-Maskulin} = 160.37$, (siehe **Abbildung 8**). Es bestand ein positiver Zusammenhang, wobei ein hoher Wert auf der GERAS-Maskulinitätsskala mit einem größeren Gesamthirnvolumen einhergeht. Die Maskulinität trug 45.3 % zur Varianzaufklärung des Gesamthirnvolumens bei. Die GERAS-Femininitätsskala erreichte keine statistisch signifikante Prädiktion des Gesamthirnvolumens, $F(1,36) = 0.02$, $p = .881$, $R^2 = 0.001$, $beta_{GERAS-Feminin} = 7.52$.

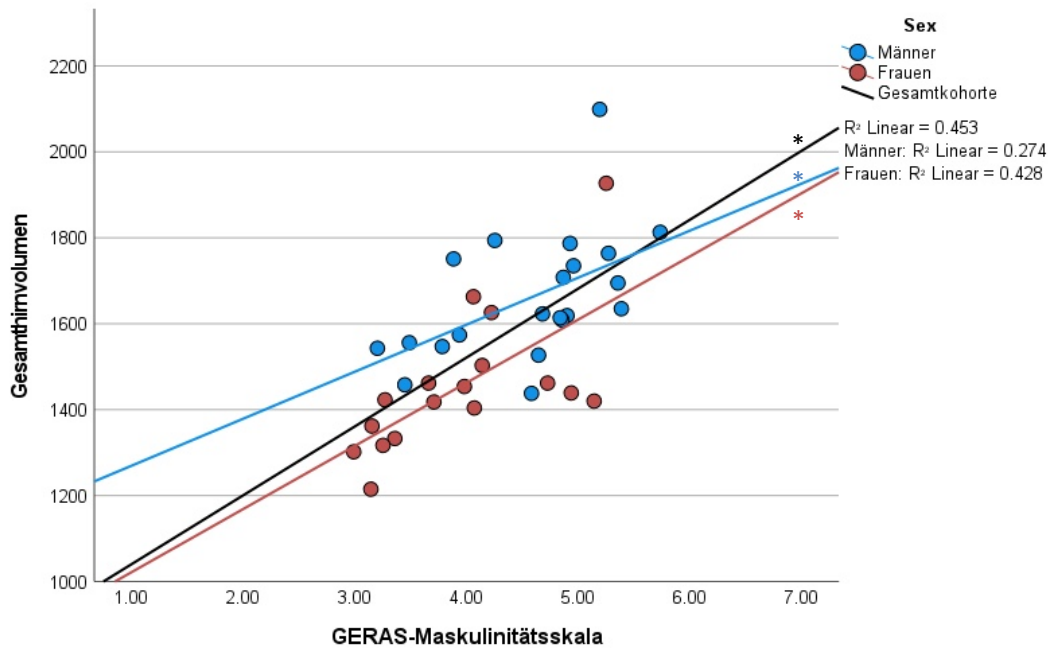


Abbildung 8 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm³] und GERAS-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

Die Varianz des Gesamthirnvolumens konnte umfassender erklärt werden, wenn sowohl das Sex als auch die GERAS-Maskulinitätsskala als Prädiktoren verwendet wurden, $F(2,35) = 21.45$, $p < .001$, $beta_{Sex} = -126.25$, $beta_{GERAS-Maskulin} = 126.63$. Durch Sex und GERAS-Maskulinitätsskala konnten 55.1 % der Varianz des Gesamthirnvolumen aufgeklärt werden.

Das Regressionsmodell, welches Sex und die GERAS-Femininitätsskala als Prädiktoren einschloss, erreichte ebenfalls statistische Signifikanz, $F(2,35) = 9.35$, $p = .001$, wobei ausschließlich Sex, $p < 0.001$, $beta_{Sex} = -224.44$, nicht aber die GERAS-Femininitätsskala, $p = 0.199$, $beta_{GERAS-Feminin} = 55.25$, als Koeffizient signifikant zur Prädiktion beitrug. Bei diesem Modell betrug die Varianzaufklärung 34.8 %.

Tabelle 13 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch GERAS-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p

Konstante	880.07	128.23		6.86	< .001
GERAS-Maskulin	160.37	29.39	0.67	5.46	< .001
$N = 38; R^2 = 0.45; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.44; F(1,36) = 29.78; p < .001$					
Konstante	1081.48	138.54		7.81	< .001
Sex	-126.25	45.69	-0.34	-2.76	.009
GERAS-Maskulin	126.63	29.64	0.53	4.27	< .001
$N = 38; R^2 = 0.55; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.53; F(2,35) = 21.45; p < .001$					
Konstante	1418.01	189.07		7.50	< .001
Sex	-224.44	51.95	-0.61	-4.32	< .001
GERAS-Feminin	55.25	42.24	0.19	1.31	.199
$N = 38; R^2 = 0.35; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.31; F(2,35) = 9.35; p = .001$					

Wurden Frauen (siehe **Tabelle 15**) und Männer (siehe **Tabelle 14**) in den Regressionsmodellen einzeln betrachtet ergab sich folgendes Bild: Sowohl bei Frauen, $F(1,15) = 11.24$, $p = .004$, $beta_{GERAS-Maskulin} = 147.01$, als auch bei Männern, $F(1,19) = 7.18$, $p = .015$, $beta_{GERAS-Maskulin} = 109.45$, gingen höhere Werte auf der GERAS-Maskulinitätsskala mit einem größeren Gesamthirnvolumen einher (siehe **Abbildung 8**). Bei Frauen konnten dabei 42.8 % der Varianz, bei Männern 27.4 % der Varianz aufgeklärt werden. Betrachtete man die GERAS-Femininitätsskala einzeln bei Männern, $F(1,19) = 1.48$, $p = .238$, $R^2 = 0.07$, $beta_{GERAS-Feminin} = 69.09$, und Frauen, $F(1,15) = 0.40$, $p = 0.535$, $R^2 = 0.03$, $beta_{GERAS-Feminin} = 41.24$, bezüglich des Gesamthirnvolumens ergaben sich keine signifikanten Modelle.

Tabelle 14 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch GERAS-Genderskalen bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	1160.17	189.18		6.13	< .001
GERAS-Maskulin	109.45	40.85	0.52	2.68	.015
$N = 21; R^2 = 0.27; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.24; F(1,19) = 7.18; p = .015$					

Tabelle 15 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch GERAS-Genderskalen bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	874.85	175.67		4.98	< .001
GERAS- Maskulin	147.01	43.85	0.66	3.35	.004
$N = 17; R^2 = 0.43; R^2_{\text{koriert}} = 0.39; F(1,15) = 11.24; p = .004$					

4.5.3 BSRI-Genderskala

Die BSRI-Maskulinitätsskala sagte das Gesamthirnvolumen signifikant voraus, $F(1,36) = 9.55$, $p = .004$, $beta_{BSRI-Maskulin} = 121.55$, (siehe **Abbildung 9**), wobei ein positiver Zusammenhang bestand und ein hoher Wert auf der BSRI-Maskulinitätsskala somit mit einem größeren Gesamthirnvolumen einherging. Das Modellklärte 21 % der Varianz des Gesamthirnvolumens auf. Ein Prädiktionsmodell mit der die Femität messenden Skala erreichte keine statistische Signifikanz, $F(1,36) = 0.89$, $p = .352$, $R^2 = 0.02$, $beta_{BSRI-Feminin} = -58.76$.

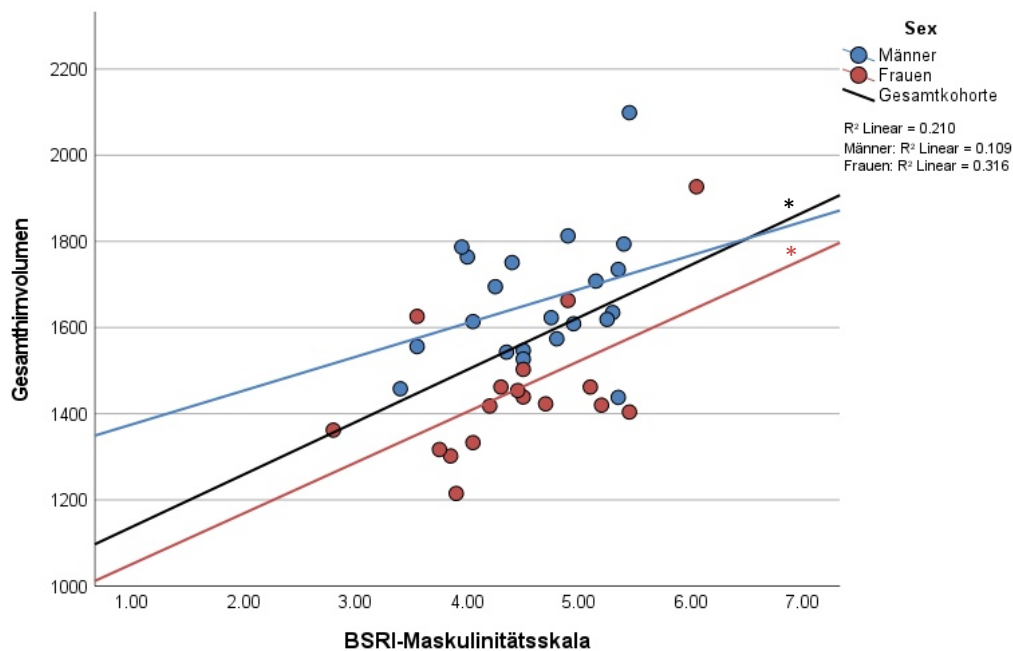


Abbildung 9 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm³] und BSRI-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte (schwarz) und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

Signifikant wurde ein Regressionsmodell mit den Prädiktoren Sex und der BSRI-Maskulinitätsskala, $F(2,35) = 14.63$, $p < .001$, $beta_{Sex} = -184.51$, $beta_{BSRI-Maskulin} = 100.25$, wobei 45.5 % der Varianz des Gesamthirnvolumens erklärt werden konnten.

Wurden die BSRI-Feminitätsskala und das Sex als Koeffizienten in das Regressionsmodell aufgenommen, wurde dieses signifikant, $F(2,35) = 8.44$, $p = .001$. Nur Sex, $p < .001$, $beta_{Sex} = -202.87$, nicht aber die BSRI-Feminitätsskala, $p = .501$, $beta_{BSRI-Feminin} = -35.84$, trug als Prädiktor signifikant zur Prädiktion bei. Die Varianzaufklärung betrug 32.5 %.

Die BSRI-Androgynitätsskala wurde ebenso in Regressionsmodellen bezüglich des Gesamthirnvolumen getestet. Hier wurde das Modell mit der BSRI-Androgynitätsskala als Koeffizient, $F(1,36) = 13.00$, $p = .001$, $beta_{BSRI-Androgyn} = 124.33$ (siehe **Abbildung 10**), sowie das Modell mit Sex und der BSRI-Androgynitätsskala als Koeffizienten, $F(2,35) = 16.12$, $p < .001$, $beta_{Sex} = -174.05$, $beta_{BSRI-Androgyn} = 99.77$, signifikant. Folglich wiesen Männer sowie Proband:innen mit einem höheren BSRI-Androgynitätswert ein größeres

Gesamthirnvolumen auf. Mithilfe des Regressionsmodells mit der Androgynitätsskala konnten 26.5 % und mit Sex und Androgynität im Modell 47.9 % der Varianz aufgeklärt werden. Es ist zu beachten, dass die BSRI-Androgynitätsskala so aufgebaut ist, dass Androgynität bei einem Wert um null erreicht wird, hoch positive Werte für Maskulinität und hoch negative Werte für Femininität stehen.

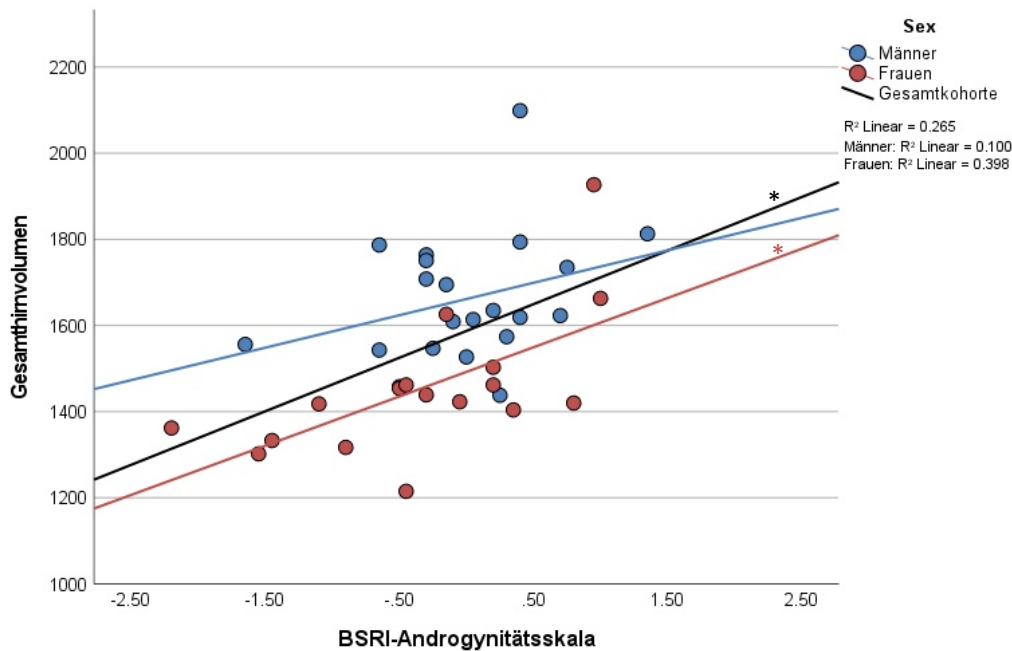


Abbildung 10 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm³] und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte (schwarz) und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

Tabelle 16 Prädiktion des Gesamthirnvolumens durch BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	1016.04	180.96		5.62	< .001
BSRI-Maskulin	121.55	38.33	0.46	3.09	.004
$N = 38; R^2 = 0.21; R^2_{\text{koriigiert}} = 0.19; F(1,36) = 9.55; p = .004$					
Konstante	1587.41	26.60		59.69	< .001

BSRI-Androgyn	124.33	34.48	0.52	3.61	.001
$N = 38; R^2 = 0.27; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.25; F(1,36) = 13.00.; p = .001$					
Konstante	1195.47	158.90		7.52	< .001
Sex	-184.51	46.43	-0.50	-3.97	< .001
BSRI-Maskulin	100.25	33.55	0.38	2.99	.005
$N = 38; R^2 = 0.46; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.42; F(2,35) = 14.63; p < .001$					
Konstante	1828.48	248.38		7.36	< .001
Sex	-202.87	51.32	-0.55	-3.95	< .001
BSRI-Feminin	-35.94	52.91	-0.10	-0.68	0.501
$N = 38; R^2 = 0.33; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.29; F(2,35) = 8.44; p = .001$					
Konstante	1661.62	29.97		55.44	< .001
Sex	-174.05	45.88	-0.47	-3.79	.001
BSRI-Androgyn	99.77	30.14	0.41	3.31	.002
$N = 38; R^2 = 0.48; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.45; F(2,35) = 16.12; p < .001$					

Betrachtete man Frauen (siehe **Tabelle 17**) und Männer (siehe **Tabelle A 2** im Anhang) getrennt in linearen Regressionsmodellen ergab sich folgendes Bild bezüglich des Einflusses des BSRI: Sowohl die BSRI-Maskulinitätsskala, $F(1,15) = 6.92, p = .019, \beta_{\text{BSRI-Maskulin}} = 117.77$ (siehe **Abbildung 9**), als auch die BSRI-Androgynitätsskala, $F(1,15) = 9.91, p = .007, \beta_{\text{BSRI-Androgyn}} = 114.27$ (siehe **Abbildung 10**), ergaben signifikante Modelle zur Prädiktion des Gesamthirnvolumen bei Frauen. Durch die BSRI-Maskulinitätsskala konnten hierbei 31.6 %, durch die BSRI-Androgynitätsskala 39.8 % der Varianz aufgeklärt werden. Höhere Maskulinität ging hierbei mit einem größeren Gesamthirnvolumen bei Frauen einher. Bei Männern prädizierten weder die BSRI-Maskulinitätsskala, $F(1,19) = 2.33, p = .144, R^2 = 0.11, \beta_{\text{BSRI-Maskulin}} = 78.39$ (siehe **Abbildung 9**) noch die BSRI-Androgynitätsskala, $F(1,19) = 2.12, p = .163, R^2 = 0.10, \beta_{\text{BSRI-Androgyn}} = 75.33$ (siehe **Abbildung 10**), das Gesamthirnvolumen. Ebenso wenig ergaben sich für die BSRI-Femininitätsskala signifikante Regressionsmodelle bei Frauen,

$F(1,15) = 1.11$, $p = .308$, $R^2 = 0.07$, $beta_{BSRI-Feminin} = -86.20$ oder Männern, $F(1,19) = 0.01$, $p = .931$, $R^2 = 0.0004$, $beta_{BSRI-Feminin} = 6.13$.

Table 17 Prädiktion des Gesamthirnvolumens bei Frauen durch BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	933.41	201.06		4.64	< .001
BSRI-Maskulin	117.77	44.77	0.56	2.63	.019
$N = 17$; $R^2 = 0.32$; $R^2_{korrigiert} = 0.27$; $F(1,15) = 6.92$; $p = .019$					
Konstante	1492.35	33.95		43.95	< .001
BSRI-Androgyn	114.27	36.29	0.63	3.15	.007
$N = 17$; $R^2 = 0.40$; $R^2_{korrigiert} = 0.36$; $F(1,15) = 9.91$; $p = .007$					

4.5.4 Geschlechtshormone

Testosteron. Betrachtete man lineare Regressionsmodelle für das Gesamthirnvolumen hinsichtlich des Einflusses von Testosteron bei Männern, $F(1,19) = 0.20$, $p = .658$, $R^2 = 0.01$, $beta_{Testosteron} = 2.29$, und bei Frauen, $F(1,15) = 0.41$, $p = .499$, $R^2 = 0.03$, $beta_{Testosteron} = -80.67$, ergaben sich keine signifikanten Modelle.

Gleichermaßen erreichten getrennte lineare Regressionsmodelle für das Gesamthirnvolumen prädiziert durch freies Testosteron für Männer, $F(1,17) = 0.17$, $p = .685$, $R^2 = 0.01$, $beta_{freies Testosteron} = 125.98$, und Frauen, $F(1,12) = 0.051$, $p = .825$, $R^2 = 0.004$, $beta_{freies Testosteron} = 1444.84$, keine Signifikanz.

Östradiol. Bei der Betrachtung bezüglich des Einflusses von Östradiol auf das Gesamthirnvolumen bei Männern, $F(1,17) = 0.63$, $p = .437$, $R^2 = 0.03$, $beta_{Östradiol} = 1.08$, und Frauen, $F(1,15) = 0.27$, $p = .612$, $R^2 = 0.02$, $beta_{Östradiol} = 0.09$, ergaben sich keine signifikanten Modelle. **Progesteron.** Ebenso wenig zeigten lineare Regressionsmodelle für das Gesamthirnvolumen prädiziert durch Progesteron bei Männern, $F(1,17) = 0.03$, $p = .873$, $R^2 = 0.001$,

$beta_{Progesteron} = -8.86$, noch bei Frauen $F(1,15) = 2.33$, $p = .148$, $R^2 = 0.13$,
 $beta_{Progesteron} = 3.02$, ein signifikantes Ergebnis.

4.6 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz

In diesem Kapitel wird das absolute Volumen der grauen Substanz thematisiert. Im folgenden Abschnitt 4.7 wird die graue Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen besprochen.

4.6.1 Sex

Das absolute Volumen der grauen Substanz wurde durch Sex, $F(1,36) = 8.53$, $p = .006$, $beta_{Sex} = -80.72$, (siehe **Tabelle 18**) signifikant vorhergesagt. Wobei die Varianzaufklärung des Modells 19.2 % betrug.

Tabelle 18 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch Sex unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Absolutes Volumen der grauen Substanz					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	796.95	18.48		43.12	< .001
Sex	-80.72	27.63	-0.44	-2.92	.006
$N = 38$; $R^2 = 0.19$; $R^2_{korrigiert} = 0.17$; $F(1,36) = 8.53$; $p = .006$					

4.6.2 GERAS-Genderskala

Die GERAS-Maskulinitätsskala, $F(1,36) = 14.81$, $p < .001$, $beta_{GERAS-Maskulin} = 64.58$, sagte das Volumen der grauen Substanz mit einer Varianzaufklärung von 29.1 % signifikant voraus. Die Prädiktion des Volumens der grauen Substanz mit dem Regressionskoeffizienten Sex und der GERAS-Maskulinitätsskala, $F(2,35) = 9.31$, $p = .001$, wurde signifikant, wobei Sex, $beta_{Sex} = -47.82$, $p = .092$, als Regressionskoeffizient keine Signifikanz erreichte im Gegensatz zur GERAS-Maskulinitätsskala, $beta_{GERAS-Maskulin} = 51.80$, $p = .007$. Es konnten 34.7 % der Varianz des absoluten Volumens der grauen Substanz aufgeklärt werden.

Durch die GERAS-Femininitätsskala, $F(1,36) = 0.004$, $p = .948$, $R^2 = 0.0001$, $beta_{GERAS-Feminin} = -1.65$, als Regressionskoeffizient ergab sich kein signifikantes

Prädiktionsmodell für das Gesamtvolumen der grauen Substanz. Wurden Sex und die GERAS-Femininitätsskala, $F(2,35) = 4.46$, $p = .019$, genutzt, wies das Modell Signifikanz auf, allerdings erreichte nur Sex, $beta_{Sex} = -86.08$, $p = .005$, als Regressionskoeffizient signifikante Werte, während die Femininität, $beta_{GERAS-Feminin} = 16.66$, $p = .482$, keine Signifikanz als Regressionskoeffizient erreichte. Durch die Koeffizienten Sex und die GERAS-Femininitätsskala konnten 20.3 % der Varianz aufgeklärt werden.

Tabelle 19 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch GERAS-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Absolutes Volumen der grauen Substanz					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	483.45	73.22		6.60	< .001
GERAS-Maskulin	64.58	16.78	0.54	3.85	< .001
$N = 38$; $R^2 = 0.29$; $R^2_{korrigiert} = 0.27$; $F(1,36) = 14.81$; $p < .001$					
Konstante	559.74	83.81		6.68	< .001
Sex	-47.82	27.64	-0.26	-1.73	.092
GERAS-Maskulin	51.80	17.93	0.43	2.89	.007
$N = 38$; $R^2 = 0.35$; $R^2_{korrigiert} = 0.31$; $F(2,35) = 9.31$; $p = .001$					
Konstante	723.57	104.92		6.90	< .001
Sex	-86.08	28.83	-0.47	-2.99	.005
GERAS-Feminin	16.66	23.44	0.11	0.71	.482
$N = 38$; $R^2 = 0.20$; $R^2_{korrigiert} = 0.16$; $F(2,35) = 4.46$; $p = .019$					

Die GERAS-Maskulinitätsskala trug zu keiner signifikanten Prädiktion des Gesamtvolumens der grauen Substanz in für Sex getrennten Analysen weder bei Frauen noch bei Männern bei, $F < 4.48$, $p > .051$. Ebenso wenig führt die Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch die GERAS-Femininitätsskala bei Männern oder Frauen zu signifikanten Ergebnissen, $F < 0.59$, $p > .453$.

4.6.3 BSRI-Genderskala

Die BSRI-Maskulinitätsskala ergab eine signifikante Prädiktion des Volumens der grauen Substanz, $F(1,36) = 7.35$, $p = .010$, $beta_{BSRI-Maskulin} = 54.87$, mit einer Varianzaufklärung von 17.0 % (siehe **Abbildung 11**). Mit der BSRI-Androgynitätsskala als Koeffizient ergab sich ebenso ein statistisch signifikantes Regressionsmodell, $F(1,36) = 9.77$, $p = .004$, $beta_{BSRI-Androgyn} = 55.95$, mit einer Varianzaufklärung von 21.3 % (siehe **Abbildung 12**). Durch die Kombination von Sex mit der BSRI-Maskulinitätsskala, $F(2,35) = 7.92$, $p = .001$, $beta_{Sex} = -70.38$, $beta_{BSRI-Maskulin} = 46.74$, oder der BSRI-Androgynitätsskala, $F(2,35) = 8.76$, $p = .001$, $beta_{Sex} = -65.44$, $beta_{BSRI-Androgyn} = 46.72$, ließen sich das Volumen der grauen Substanz signifikant vorhersagen, wobei die Varianzaufklärung für das Modell mit Sex und der BSRI-Maskulinitätsskala als Regressionskoeffizienten 31.2 % und mit der BSRI-Androgynitätsskala 33.4 % betrug. In den oben genannten Fällen gingen mit dem männlichen Sex und mit höheren Werten auf den BSRI-Skalen größere Volumina der grauen Substanz einher.

Durch die BSRI-Femininitätsskala, $F(1,36) = 0.69$, $p = .411$, $R^2 = 0.02$, $beta_{BSRI-Feminin} = -26.11$, als Regressionskoeffizient ergab sich kein signifikantes Prädiktionsmodelle für das Gesamtvolumen der grauen Substanz. Wurden Sex und die BSRI-Femininitätsskala, $F(2,35) = 4.67$, $p = .020$, genutzt, wies das Modell Signifikanz auf, allerdings erreichte nur Sex, $beta_{Sex} = -48.89$, $p = .008$, als Regressionskoeffizient signifikante Werte, während die BSRI-Femininitätsskala, $beta_{BSRI-Feminin} = -17.23$, $p = .555$, keine Signifikanz als Regressionskoeffizient erreichte. Durch die Koeffizienten Sex und die BSRI-Femininitätsskala konnten 20.0 % der Varianz aufgeklärt werden.

Tabelle 20 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Absolutes Volumen der grauen Substanz					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	511.28	93.09		5.49	< .001
BSRI-Maskulin	54.87	20.23	0.41	2.71	.010

$N = 38; R^2 = 0.17; R^2_{\text{korr}} = 0.15; F(1,36) = 7.35; p = .010$					
Konstante	769.16	13.81		55.69	< .001
BSRI-Androgyn	55.95	17.91	0.46	3.13	.004
$N = 38; R^2 = 0.21; R^2_{\text{korr}} = 0.19; F(1,36) = 9.77; p = .004$					
Konstante	579.72	89.66		6.47	< .001
Sex	-70.38	26.20	-0.38	-2.69	.011
BSRI-Maskulin	46.74	18.93	0.35	2.47	.019
$N = 38; R^2 = 0.31; R^2_{\text{korr}} = 0.27; F(2,35) = 7.92; p = .001$					
Konstante	877.09	135.76		6.46	< .001
Sex	-48.89	28.05	-0.43	-2.81	.008
BSRI-Feminin	-17.23	28.92	-0.09	-0.60	0.555
$N = 38; R^2 = 0.20; R^2_{\text{korr}} = 0.15; F(2,35) = 4.37; p = 0.020$					
Konstante	797.06	17.02		46.83	< .001
Sex	-65.44	26.05	-0.36	-2.51	.017
BSRI-Androgyn	46.72	17.12	0.39	2.73	.010
$N = 38; R^2 = 0.33; R^2_{\text{korr}} = 0.30; F(2,35) = 8.76; p = .001$					

Die Betrachtung von Frauen und Männern in separaten Regressionsmodellen ergab folgende Ergebnisse: die BSRI-Maskulinitätsskala, $F(1,15) = 5.39$, $p = .035$, $beta_{BSRI-Maskulin} = 55.03$, (siehe **Abbildung 11**), und die BSRI-Androgynitätsskala, $F(1,15) = 6.45$, $p = .023$, $beta_{BSRI-Androgyn} = 50.73$, (siehe **Abbildung 12**), prädizierten das absolute Volumen der grauen Substanz bei Frauen (siehe **Tabelle 21**) in signifikanten Modellen, wobei eine höhere Maskulinität mit größeren Volumina der grauen Substanz einhergingen. Mittels der BSRI-Maskulinitätsskala konnten 26.4 %, durch die BSRI-Androgynitätsskala 30.1 % der Varianz aufgeklärt werden. Modelle bei Männern mit dem Regressionskoeffizienten BSRI-Maskulinitätsskala, BSRI-Femininitätsskala oder BSRI-Androgynitätsskala und der BSRI-Femininitätsskala bei Frauen ergaben keine signifikanten Modelle mit $F < 1.76$ und $p > .201$.

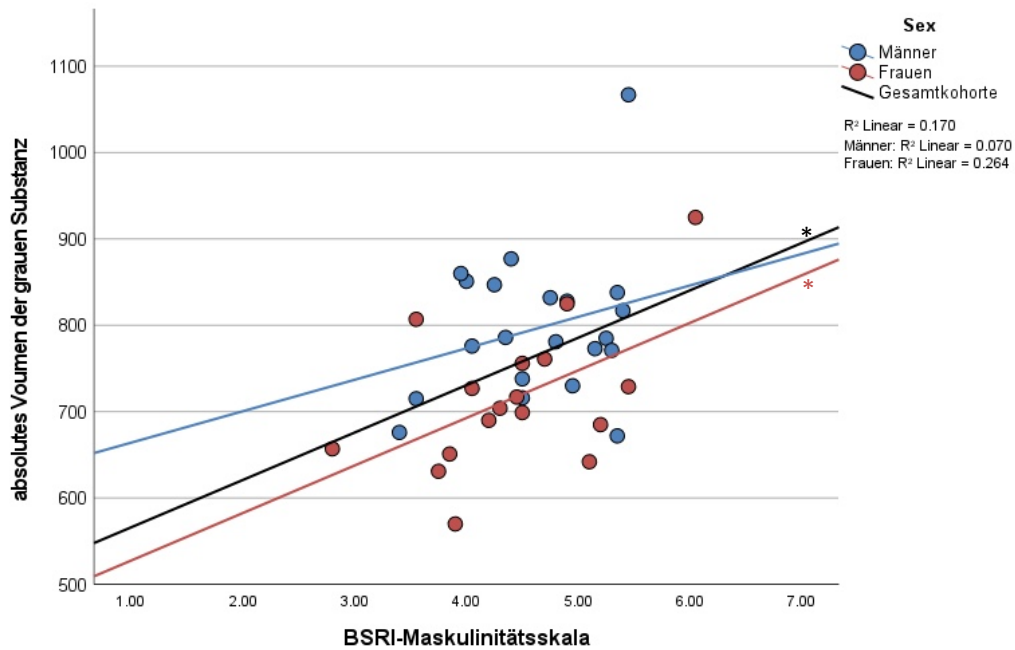


Abbildung 11 Lineare Regression: absolutes Volumen der grauen Substanz [cm³] und BSRI-Masculinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

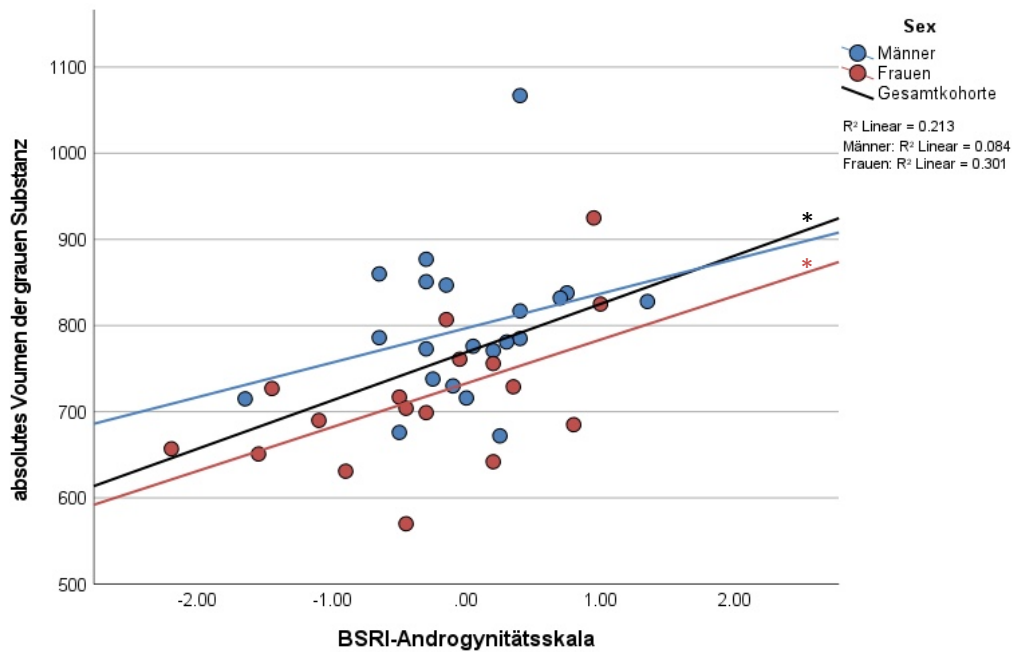


Abbildung 12 Lineare Regression: absolutes Volumen der grauen Substanz [cm³] und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte und für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

Tabelle 21 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz durch BSRI-Genderskalen bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Absolutes Volumen der grauen Substanz					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	t	Signifikanz p
Konstante	472.65	106.46		4.44	< .001
BSRI-Maskulin	55.03	23.71	0.51	2.32	.035
$N = 17; R^2 = 0.26; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.22; F(1,15) = 5.39; p = .035$					
Konstante	732.95	18.69		39.22	< .001
BSRI-Androgyn	50.73	19.97	0.55	2.54	.023
$N = 17; R^2 = 0.30; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.25; F(1,15) = 6.45; p = .023$					

4.6.4 Geschlechtshormone

Lineare Regressionsanalysen, welche den Einfluss der Geschlechtshormone auf das absolute Volumen der grauen Substanz für Frauen, $F < 1.22$, $p > .287$, und Männer, $F < 0.65$, $p > .432$, getrennt betrachteten, wurden nicht signifikant. Die detaillierten Ergebnisse diesbezüglich finden sich in der folgenden **Tabelle A 5** und **Tabelle A 6** im Anhang.

Es ist zu beachten, dass in der oben beschriebenen Analyse das Volumen der grauen Substanz nicht für das Gesamthirnvolumen kontrolliert wurde. Wurde das Gesamthirnvolumen als Regressionskoeffizient in das Modell aufgenommen, war dieses signifikant, $F(1,36) = 228.264$, $p < .001$, $beta_{\text{Gesamthirnvolumen}} = 0.47$. Allerdings lag die Korrelation nach Person von Gesamthirnvolumen und Volumen der grauen Substanz bei $r = 0.929$ bei einer Toleranz und VIF von 1.00 und die Konstante erreichte mit $p = .555$ keine Signifikanz. Mit einem Korrelationskoeffizienten von $R = 0.93$ lag eine nahezu perfekte positive Korrelation zwischen Gesamthirnvolumen und absolutem Volumen der grauen Substanz vor. Somit konnten durch das Gesamthirnvolumen 86.4 % der Varianz des absoluten Volumens der grauen Substanz erklärt werden.

4.7 Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen

Im folgenden Absatz wird das Volumen der grauen Substanz als Anteil des Gesamthirnvolumens beschrieben, wodurch eine Korrektur stattfand und die Ergebnisse nicht durch verschiedene Gesamthirnvolumina verzerrt werden.

4.7.1 Sex

Das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen wurde durch Sex nicht signifikant vorhergesagt, $F(1,36) = 3.47$, $p = .071$, $R^2 = 0.09$, $beta_{Sex} = 1.32$, (siehe **Tabelle A 7** im Anhang).

4.7.2 GERAS-Genderskala

Weder die GERAS-Maskulinitätsskala noch die GERAS-Femininitätsskala oder die Kombination von Sex und GERAS-Maskulinitätsskala respektive GERAS-Femininitätsskala konnten den Anteil der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen präzisieren, $F < 3.69$, $p > .062$ (**Tabelle A 7** im Anhang).

Ebenso wenig ergaben sich signifikante Modelle bei der separaten Betrachtung von Frauen (**Tabelle A 9** im Anhang) und Männern (**Tabelle A 8** im Anhang) bezüglich des Einflusses der GERAS-Genderskalen auf das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen $F < 1.95$, $p > .183$.

4.7.3 BSRI-Genderskala

Modelle für die Vorhersage des relativen Volumens der grauen Substanz mittels der BSRI-Maskulinitätsskala, BSRI-Femininitätsskala, BSRI-Androgynitätsskala oder mit Sex und einer der BSRI-Genderskalen ergaben keine Signifikanz, $F < 1.74$, $p > .191$ (**Tabelle A 7** im Anhang).

Ebenso wenig ergaben sich signifikante Modelle bei der separaten Betrachtung von Frauen (**Tabelle A 9** im Anhang) und Männern (**Tabelle A 8** im Anhang) bezüglich des Einflusses der BSRI-Genderskalen auf das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen, $F < 0.61$, $p > .451$.

4.7.4 Geschlechtshormone

Es ergaben sich keine signifikanten Modelle bei der separaten Betrachtung von Frauen (**Tabelle A 9** im Anhang) und Männern (**Tabelle A 8** im Anhang)

bezüglich des Einflusses der Geschlechtshormone auf das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen, $F < 1.62$, $p > .219$.

4.8 ROI-Analyse

4.8.1 Unterschiede je nach Sex und Lateralität

Tabelle 22 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Volumina [ml] der definierten Hirnregionen für Männer und Frauen.

Tabelle 22 Deskriptive Statistik: ROIs

Hirnregion	Sex	N	Mittelwert	Standard- abweichung
Amygdala rechts	Männer	21	1.07	0.12
	Frauen	17	0.92	0.10
	Gesamt	38	1.00	0.13
Amygdala links	Männer	21	1.07	0.14
	Frauen	17	0.94	0.08
	Gesamt	38	1.01	0.13
Hippocampus rechts	Männer	21	3.79	0.32
	Frauen	17	3.39	0.22
	Gesamt	38	3.61	0.34
Hippocampus links	Männer	21	3.55	0.32
	Frauen	17	3.15	0.27
	Gesamt	38	3.37	0.36
Mittlerer frontaler Gyrus rechts	Männer	21	20.00	3.38
	Frauen	17	18.01	2.49
	Gesamt	38	19.11	3.14
Mittlerer frontaler Gyrus links	Männer	21	20.32	3.21
	Frauen	17	18.07	2.33
	Gesamt	38	19.32	3.03
Putamen rechts	Männer	21	4.42	0.43

	Frauen	17	3.84	0.50
	Gesamt	38	4.16	0.55
Putamen links	Männer	21	4.49	0.43
	Frauen	17	3.94	0.51
	Gesamt	38	4.25	0.54

Zunächst sollte erörtert werden, ob Unterschiede bezüglich der Lateralität in den einzelnen Hirnregionen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern und Frauen bestehen (siehe **Tabelle 23**).

Tabelle 23 Ergebnisse Gruppenvergleiche der ROI

Region	Effekt	F-Wert	Signifikanz <i>p</i>
	Interaktion Lateralität*Sex	$F(1,36) = 0.70$	.410
Amygdala	Haupteffekt Lateralität	$F(1,36) = 2.39$	.131
	Haupteffekt Sex	$F(1,36) = 0.12$	.735
	Interaktion Lateralität*Sex	$F(1,36) = 0.40$	.530
Hippocampus	Haupteffekt Lateralität	$F(1,36) = 118.08$	< .001
	Haupteffekt Sex	$F(1,36) = 1.00$	.323
	Interaktion Lateralität*Sex	$F(1,36) = 0.44$	.513
MFG	Haupteffekt Lateralität	$F(1,36) = 1.19$	.282
	Haupteffekt Sex	$F(1,36) = 1.05$	.312
	Interaktion Lateralität*Sex	$F(1,36) = 1.00$	.323
Putamen	Haupteffekt Lateralität	$F(1,36) = 18.78$	< .001
	Haupteffekt Sex	$F(1,36) = 0.02$	.884

Es konnte keine signifikante Interaktion von Lateralität und Sex für Amygdala, Hippocampus oder Putamen festgestellt werden. Bis auf zwei Ausnahmen blieben auch der Haupteffekte Lateralität respektive Sex ohne Signifikanz. Ausschließlich im Hippocampus ($F(1,36) = 118.08$, $p < .001$, *partielles* $\eta^2 = .77$,

siehe Abbildung 13) und im Putamen ($F(1,36) = 18.78, p < .001, \text{partielles } \eta^2 = 0.34, \text{siehe Abbildung 14}$) ergab sich ein signifikanter Haupteffekt bezüglich der Lateralität über die Gesamtkohorte. Hierbei zeigte der rechte Hippocampus ein größeres Volumen als der linke ($M_{diff} = 0.0002, 95\%-CI[0.0001, 0,0002]$) und das linke Putamen ein größeres Volumen als das rechte ($M_{diff} = 0.00006, 95\%-CI[0.00003, 0.00008]$).

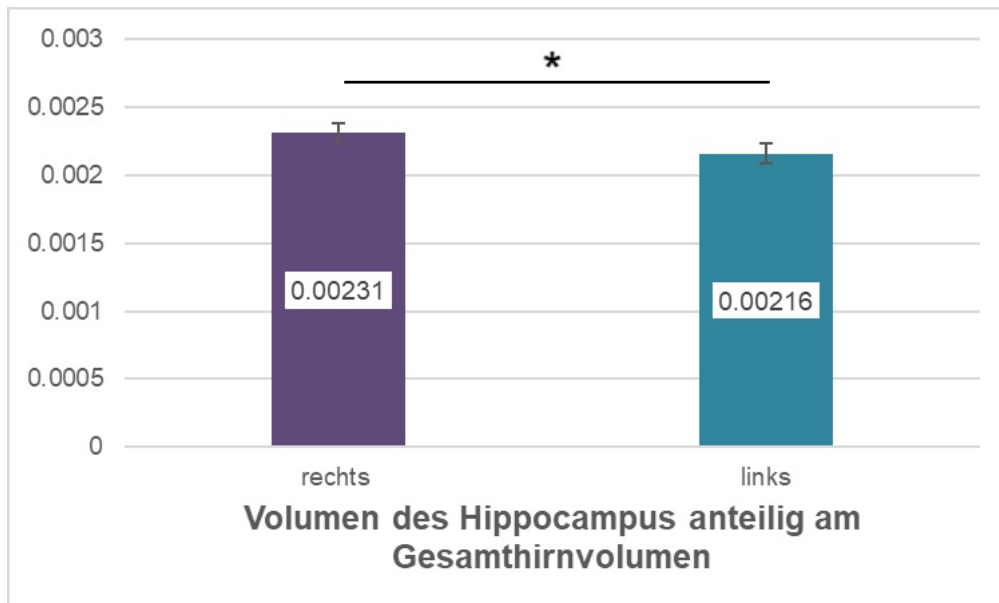


Abbildung 13 Mittleres Volumen des rechten und linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen mit Fehlerbalken (Standardfehler). * $p < .05$

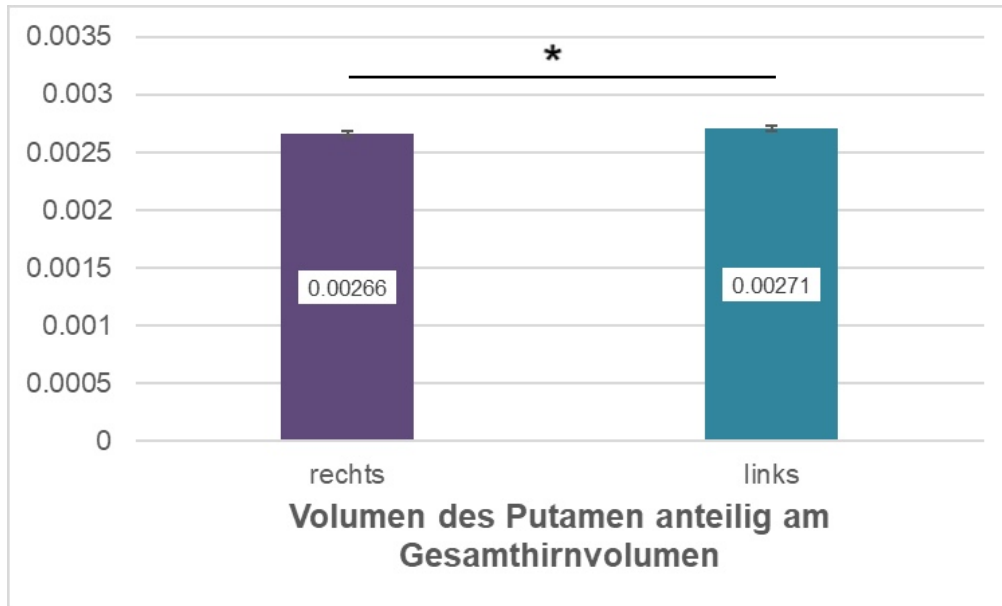


Abbildung 14 Mittleres Volumen des rechten und linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen mit Fehlerbalken (Standardfehler). * $p < .05$

In der Analyse mit Standort als Kovariate ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen Volumen des rechten und linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen ($F(1,35) = 0.02$, $p = .898$, *partielles* $\eta^2 = 0.0005$). Die Kovariate Standort zeigte ebenso keine Signifikanz ($F(1,35) = 0.01$, $p = .942$, *partielles* $\eta^2 = 0.0002$).

4.8.2 Prädiktion der Volumina der ROIs durch Sex, Gender und Geschlechtshormone

4.8.2.1 Amygdala

Das Volumen der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen konnte nur für Männer anhand von Testosteron, $F(1,21) = 6.45$, $p = .020$, $beta_{\text{Testosteron}} = 0.000007$, (siehe **Abbildung 15**) und freiem Testosteron, $F(1,19) = 5.66$, $p = .029$, $beta_{\text{freies Testosteron}} = 0.00002$, prädiziert werden, wobei höhere Werte von Testosteron und freiem Testosteron mit einem größeren Volumen der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen einhergingen. Hierbei wurde durch das Regressionsmodell mit Testosteron 25.4 % und durch das

Modell mit freiem Testosteron als Regressionskoeffizient 25.0 % der Varianz am Volumen der Amygdala erklärt.

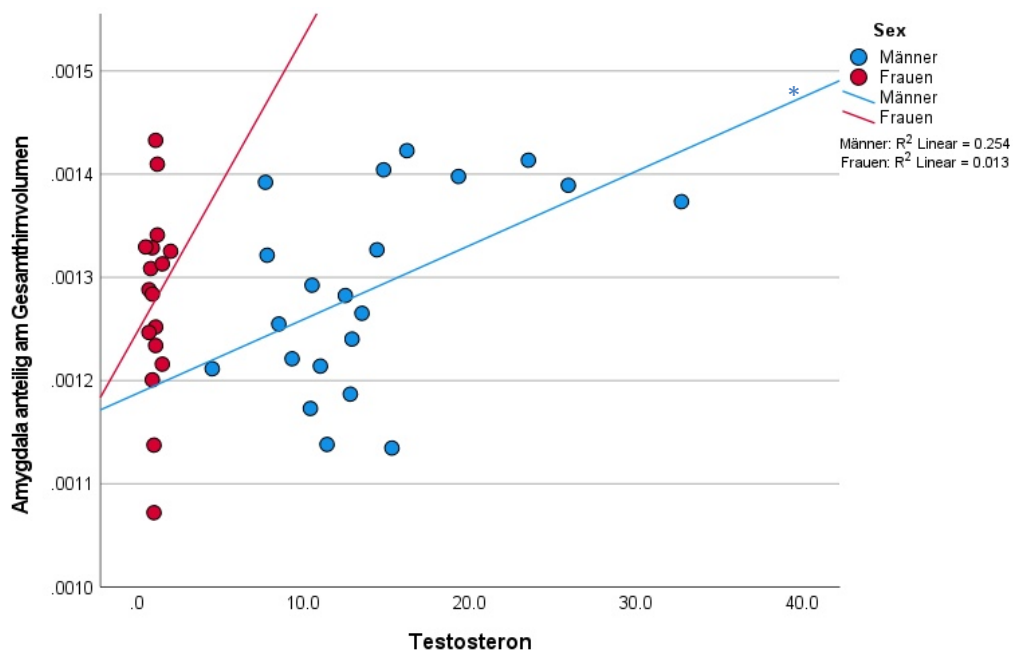


Abbildung 15 Lineare Regression: Volumen der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen und Testosteron [nmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

Alle anderen Modelle mit Sex $F(1,36) = 0.13$, $p = .725$, den GERAS-Genderskalen, $F < 1.75$, $p > .194$, oder BSRI-Genderskalen, $F < 0.55$, $p > .468$, oder den restlichen Geschlechtshormonen, $F < 4.04$, $p > .058$, wurden nicht signifikant. Die detaillierten Ergebnisse finden sich in den **Tabellen A 10** bis **A 12** im Anhang.

4.8.2.2 Hippocampus

Hippocampus links. Die GERAS-Maskulinitätsskala ergab eine signifikante Prädiktion des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen, $F(1,36) = 13.79$, $p < .001$, $beta_{GERAS-Maskulin} = -0.0001$ (siehe **Abbildung 16**), wobei ein niedrigerer Wert auf der GERAS-Maskulinitätsskala mit einem größeren Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen einherging. Die GERAS-Maskulinitätsskala klärte 27.7 % der Varianz des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen auf. Ebenso wurde das Modell mit Sex und der GERAS-

Maskulinitätsskala signifikant, $F(2,35) = 7.00$, $p = .003$, allerdings zeigte sich nur die GERAS-Maskulinitätsskala als Regressionskoeffizient signifikant, $\beta_{GERAS-Maskulin} = -0.0001$, $p < .001$, während das Sex, $\beta_{Sex} = -0.00003$, $p = .515$, nicht signifikant zur Prädiktion beitrug. Das Modell mit Sex und der GERAS-Maskulinitätsskala konnte 28.6 % der Varianz aufklären.

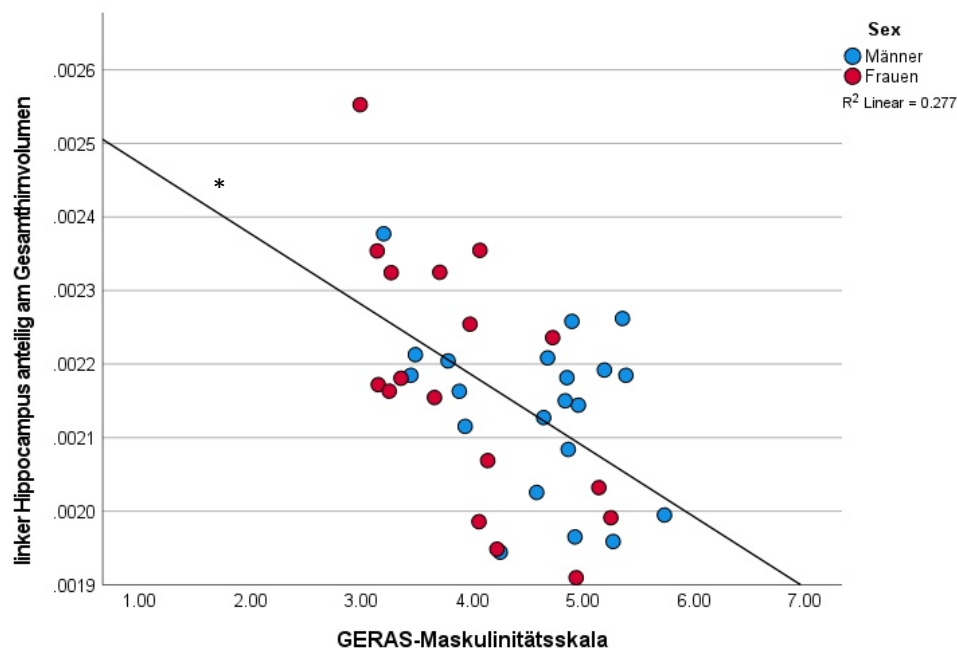


Abbildung 16 Lineare Regression: Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und GERAS-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * $p < .05$

Die BSRI-Femininitätsskala sagte das Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamtvolumen signifikant voraus, $F(1,36) = 6.09$, $p = .018$, $\beta_{BSRI-Feminin} = 0.0001$ (siehe **Abbildung 17**). Ein höherer Wert auf der BSRI-Femininitätsskala war mit einem größeren Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen assoziiert. Hierbei konnte eine Varianzaufklärung von 14.5 % erreicht werden.

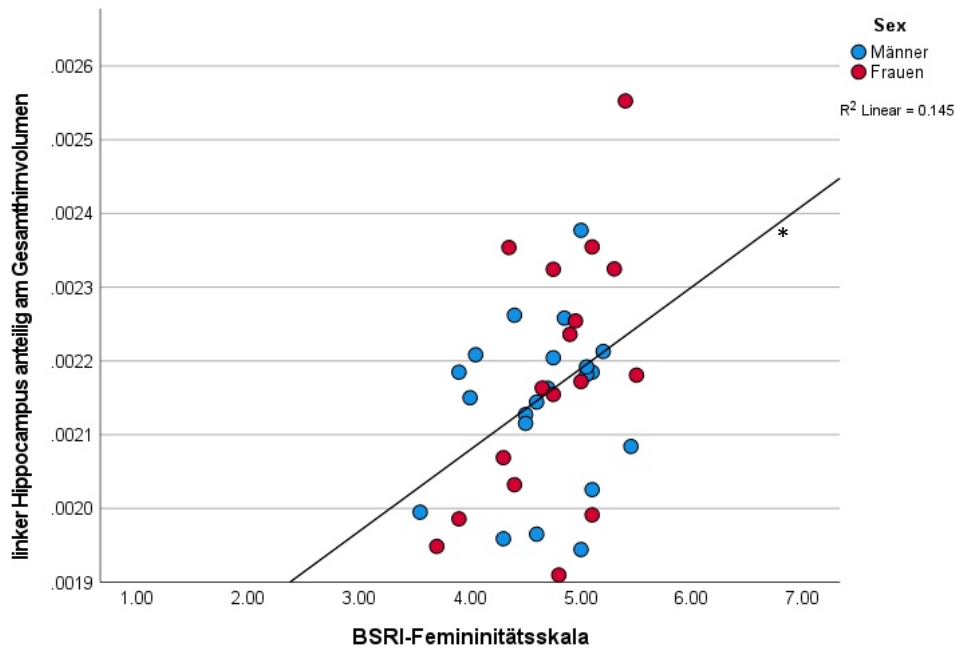


Abbildung 17 Lineare Regression: Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und BSRI-Femininitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * $p < .05$

Die BSRI-Androgynitätsskala bot eine signifikante Vorhersage, $F(1,36) = 6.86$, $p = .013$, $beta_{BSRI-Androgyn} = -0.00007$ (siehe **Abbildung 18**), mit einer Varianzaufklärung von 16.0 %. Ein niedrigerer Wert auf der BSRI-Androgynitätsskala ging mit einem größeren Volumen des linken Hippocampus einher. Das Regressionsmodell, welches Sex und die BSRI-Androgynitätsskala als Prädiktoren einschloss, erreichte statistische Signifikanz, $F(2,35) = 3.39$, $p = .045$, wobei ausschließlich die BSRI-Androgynitätsskala $beta_{BSRI-Androgyn} = -0.00007$, $p = 0.019$, nicht aber das Sex, $beta_{Sex} = 0.00001$, $p = .766$, als Koeffizient signifikant zur Prädiktion beitrug. Bei diesem Modell betrug die Varianzaufklärung 16.2 %.

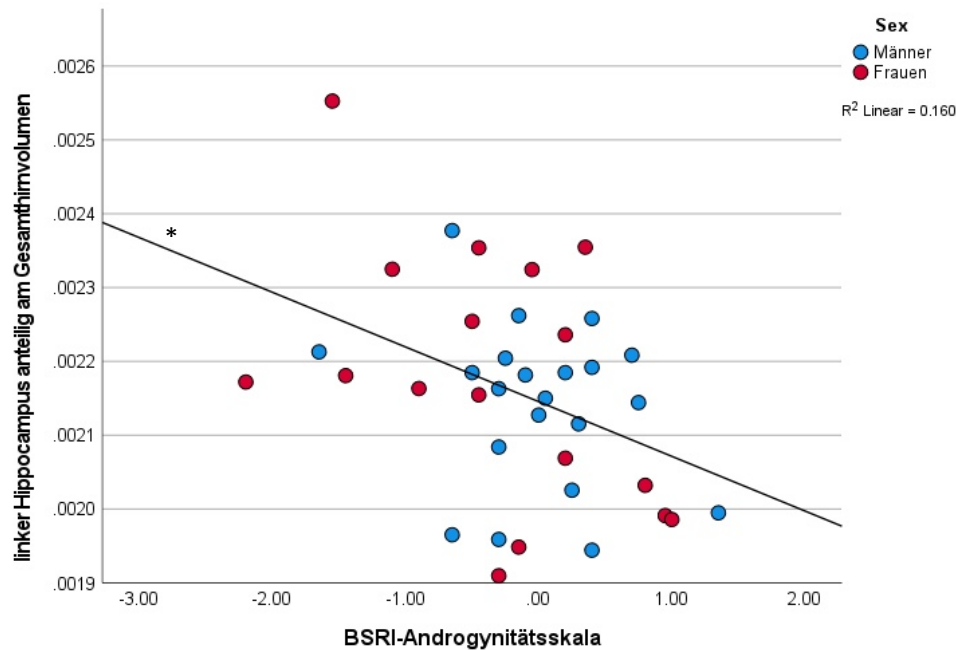


Abbildung 18 Lineare Regression: Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * $p < .05$

Wurde Sex, $F(1,36) = 0.63$, $p = .432$, oder Geschlechtshormone, $F < 1.78$, $p > .199$, als Regressionskoeffizient im Modell genutzt, wurde dieses nicht signifikant. Die detaillierten Ergebnisse finden sich in den **Tabellen A 13** bis **A 15** im Anhang.

Hippocampus rechts. Die GERAS-Maskulinitätsskala ergab eine signifikante Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen, $F(1,36) = 15.73$, $p < .001$, $beta_{GERAS-Maskulin} = -0.0001$, (**siehe Abbildung 19**). Hierbei war ein geringerer Wert auf der GERAS-Maskulinitätsskala mit einem größeren Volumen des rechten Hippocampus assoziiert. Die Varianzaufklärung betrug 30.4 %. Ebenso wurde das Modell mit Sex und der GERAS-Maskulinitätsskala signifikant, $F(2,35) = 7.74$, $p = .002$, allerdings zeigte sich nur die GERAS-Skala als Regressionskoeffizient signifikant, $beta_{GERAS-Maskulin} = -0.0001$, $p < .001$, während das Sex, $beta_{Sex} = -0.00002$, $p = .725$, nicht signifikant zur Prädiktion beitrug. Das Modell mit Sex und der GERAS-Maskulinitätsskala konnte 30.7 % der Varianz aufklären.

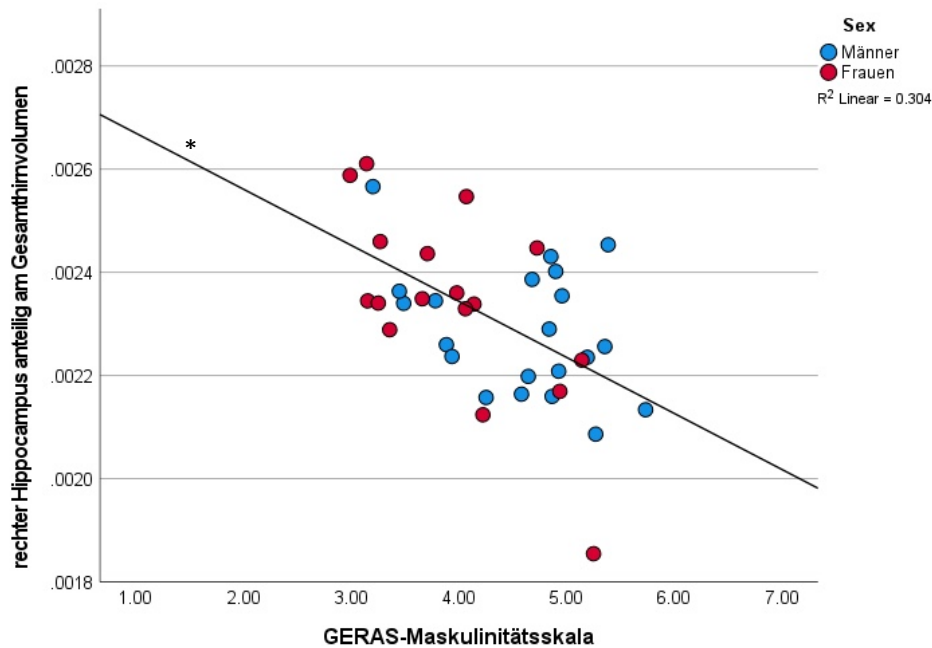


Abbildung 19 Lineare Regression: Volumen des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und GERAS-Masculinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * $p < .05$

Ebenso bot die BSRI-Androgynitätsskala eine signifikante Vorhersage des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen, $F(1,36) = 4.23$, $p = .047$, $beta_{BSRI-Androgynitätsskala} = -0.00007$, (**siehe Abbildung 20**) mit einer Varianzaufklärung von 10.5 %. Ein niedrigerer Wert auf der BSRI-Androgynitätsskala ging mit einem höheren Volumen des rechten Hippocampus einher.

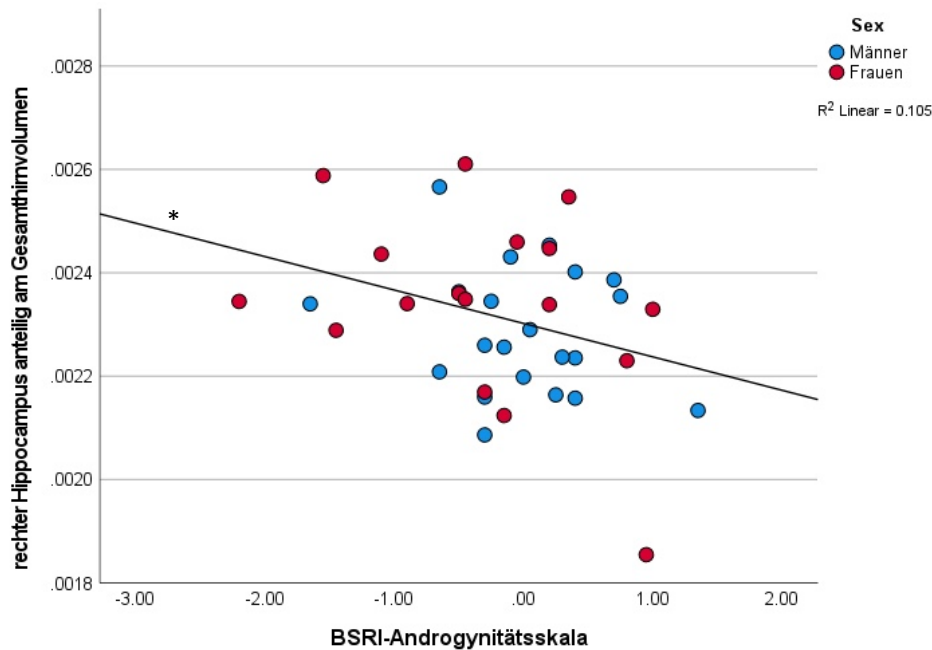


Abbildung 20 Lineare Regression: Volumen des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und BSRI-Androgynitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * $p < .05$

Alle anderen Modelle mit Sex, $F(1,36) = 1.23$, $p = .275$, den GERAS-, $F < 0.75$, $p > .486$, oder BSRI-Genderskalen, $F < 2.36$, $p > .110$, oder Geschlechtshormonen, $F < 2.33$, $p > .148$, zeigten keine signifikante Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen. Die **Tabellen A 16** bis **A 18** im Anhang führen die Ergebnisse detailliert auf.

4.8.2.3 MFG

Weder Sex, $F(1,36) = 1.05$, $p = .312$, noch die GERAS-, $F < 1.07$, $p > .356$, oder BSRI-Genderskalen, $F < 0.54$, $p > .591$, oder Geschlechtshormone, $F < 1.73$, $p > .204$, konnten das Volumen des MFG anteilig am Gesamthirnvolumen signifikant prädizieren. Für den linken MFG ergab sich noch die besondere Fragestellung, ob bei Männern eine femininere Selbsteinschätzung mit einem höheren Volumen des linken MFG einhergeht. Diese Assoziation berichtete Pletzer (2019). In der vorliegenden Stichprobe konnte diese Hypothese jedoch weder für die GERAS- $F(1,19) = 0.28$, $p = .602$, noch für die BSRI-Femininitätsskala, $F(1,19) = 0.03$, $p = .868$, bestätigt werden. Die detaillierten Ergebnisse finden sich in den **Tabellen A 19** bis **A 22** im Anhang.

4.8.2.4 Putamen

Putamen links. Ausschließlich die GERAS-Maskulinitätsskala ergab eine signifikante Prädiktion des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen, $F(1,38) = 5.13$, $p = .030$, $\beta_{GERAS-Maskulin} = -0.0001$ (siehe **Abbildung 21**) wobei ein niedrigerer Wert auf der GERAS-Maskulinitätsskala mit einem größeren Volumen des linken Putamen einhergingen. Durch dieses Modell konnten 12.5 % der Varianz des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen aufgeklärt werden.

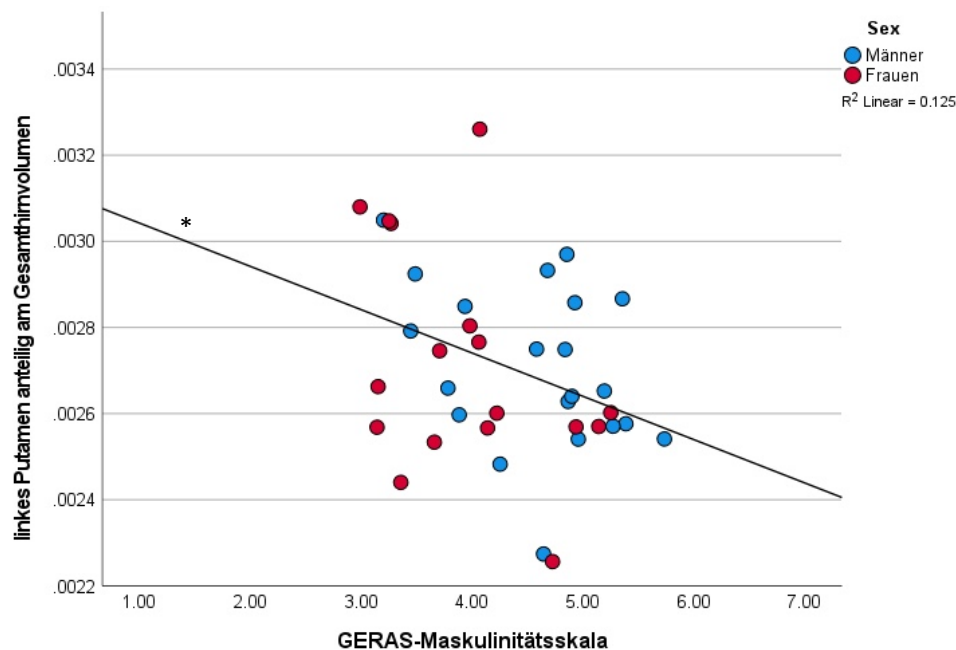


Abbildung 21 Lineare Regression: Volumen des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen und GERAS-Maskulinitätsskala mit Regressionsgeraden für die Gesamtkohorte, * $p < .05$

Sonst konnten weder Sex, $F(1,36) = 0.002$, $p = .967$, noch die GERAS-, $F < 3.05$, $p > .060$, oder BSRI-Genderskalen, $F < 1.69$, $p > .203$, oder Geschlechtshormone, $F < 2.04$, $p > .179$, das Volumen des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen signifikant prädizieren. Die detaillierten Ergebnisse finden sich in den **Tabellen A 23** bis **A 25** im Anhang.

Putamen rechts. Die Modelle zur Prädiktion des Volumens des rechten Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen wurden weder mit dem Prädiktor Sex, $F(1,36) = 0.12$, $p = .733$, noch GERAS-, $F < 3.52$, $p > .068$, oder BSRI-

Genderskalen, $F < 2.97$, $p > .093$, oder Geschlechtshormonen, $F < 2.97$, $p > .110$, signifikant. Die ausführlichen Ergebnisse finden sich in **Tabellen A 26** bis **A 28** im Anhang.

5 Diskussion

Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss von Geschlecht auf die Gehirnarchitektur und thematisiert dabei die Variablen Sex, Gender und Geschlechtshormone, wobei vor allem Wert auf die Differenzierung von Sex und Gender gelegt wird. Hierfür wurden zwei Fragebögen zur Erhebung des Genders der Proband:innen verwendet. Zum einen kam der schon länger etablierte Bem Sex Role Inventory (BSRI, Bem, 1974), zum anderen der kürzlich veröffentlichte Gender Role Attributes Survey (GERAS, Gruber et al., 2020) zum Einsatz. Außerdem wurde durch Blutentnahmen die Spiegel der Geschlechtshormone Testosteron, Progesteron und Östradiol bestimmt, wobei alle Proben nachmittags entnommen wurden und sich alle Probandinnen in der gleichen Zyklusphase befanden. Um die Beziehung zwischen Sex, Gender und Gehirnstruktur festzustellen, wurden T1-gewichtete MPRAGE-Sequenzen im MRT verwendet. Der Aufbau des Kapitels „Diskussion“ orientiert sich am Schema, welches bei der Hypothesenfindung vorgestellt und im Teil „Ergebnisse“ fortgeführt wurde.

5.1 Gruppenvergleiche: Sex, Gender, Geschlechtshormone und Hirnvolumina

5.1.1 Frauen und Männer unterscheiden sich bezüglich Maskulinität

Es wurde hypothetisiert, dass sich Männer und Frauen anhand der Fragebögen, die das Gender einer Person erfassen, selbst entsprechend ihrem Sex (Bem, 1974; Gruber et al., 2020; Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019; Reilly et al., 2016) einschätzen. Diese Hypothese wurde für Männer im Rahmen des GERAS erfüllt, da sich diese signifikant maskuliner einschätzten als Frauen. Darüber hinaus ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der Selbsteinschätzung von

Frauen und Männer bezüglich ihrer Maskulinität und Femininität hinsichtlich des GERAS und BSRI.

Mehrere Studien beschrieben für die GERAS-Maskulinitätsskala und auch für die GERAS-Femininitätsskala signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen (Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019). Reilly et al. (2016) zeigten anhand des BSRI signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen sowohl bezüglich der Femininität als auch der Maskulinität. Diese Studien verfügten allesamt über größere Stichproben von $N = 238$ (Pletzer, 2019), $N = 81$ (Pletzer et al., 2019) und $N = 309$ (Reilly et al., 2016), die den entsprechenden Genderfragebogen ausgefüllt haben, als in der in dieser Dissertation beschriebenen Stichprobe von $N = 38$. Zudem ist zu erwähnen, dass bei Pletzer et al. (2019) der Vergleich bezüglich der GERAS-Maskulinitäts- und Femininitätsskalen von Frauen, welche keine hormonellen Kontrazeptiva nutzten, und Männern angeführt wurde. Pletzer (2019) beschrieb drei Gruppen in ihrer Stichprobe: Frauen mit natürlichem Zyklus, Frauen, welche hormonelle Kontrazeptiva einnehmen, und Männer. Für die Auswertung des GERAS bezüglich Maskulinität und Femininität der Proband:innen wurde explizit zwischen Frauen mit natürlichem Zyklus und Männern, also kongruent zur vorliegenden Stichprobe, verglichen. Dahingegen wurde bei Reilly et al. (2016) keine Angabe über potenzielle Einnahme hormoneller Kontrazeptiva bei den in die Studie eingeschlossenen Frauen getroffen. Pletzer (2019) beschrieb jedoch bezugnehmend auf ein „Gender Role Self Assessment“ Unterschiede zwischen Frauen mit natürlichem Zyklus und Frauen, welche hormonelle Kontrazeptiva einnahmen. Hierbei schätzten sich Frauen mit Einnahme von hormonellen Kontrazeptiva signifikant femininer und signifikant weniger maskulin ein als Frauen mit natürlichem Zyklus. Dies zeigt, dass auch bezüglich der Erfassung und Auswertung von Gender auf die potenziell vorliegenden hormonellen Verschiedenheiten in der Stichprobe geachtet werden sollte, was in der vorliegenden Studie erfüllt wurde. Pletzer (2019) berichtete auch die Subskalen des GERAS und stellte den stärksten Unterschied zwischen Männern und Frauen in der Subskala „Aktivitäten und Interessen“, den schwächsten in der Kategorie „Kognition“ fest. In der vorliegenden Studie zeigte sich ausschließlich

in der Subskala „Aktivitäten und Interessen“ ein signifikanter Sex-Unterschied. In der aktuellen Stichprobe schätzten sich Frauen und Männer in den Subskalen „Persönlichkeit“ und „Kognition“ sehr ähnlich ein und replizierten die Stereotypen, welche Personen je nach Gender zugewiesen werden nur geringfügig. Dies mag daran liegen, dass die beschriebene Stichprobe eine geringe Varianz hinsichtlich des Alters aufweist, sich vor allem aus Studierenden zusammensetzt und somit nicht dem gesellschaftlichen Querschnitt entspricht. Trotz dieser Ähnlichkeit bezüglich der Selbsteinschätzung in Kognition und Persönlichkeit, ordnen sich die Proband:innen selbst bezugnehmend auf ihre Aktivitäten und Interessen konform ihres Sex dem maskulinen oder femininen Kategorien zu, was in einem signifikanten Unterschied resultiert. Daraus lässt sich schließen, dass sich Aktivitäten und Interessen bei Frauen und Männer stärker unterscheiden als die selbst eingeschätzten Fähigkeiten der Kognition und Persönlichkeitsmerkmale und dass die Subskala „Aktivität und Interessen“ des GERAS von großer Wichtigkeit zu sein scheint, wenn es darum geht Frauen und Männer bezüglich ihrer Maskulinität und Femininität zu unterscheiden. Es könnte vermutet werden, dass der Unterschied in Aktivitäten und Interessen am stärksten ist, da dieses Kriterium für Außenstehende sichtbarer ist als die Persönlichkeit oder kognitive Eigenschaften und Personen sich somit Fremden gegenüber innerhalb der Stereotypen ihres Sexes bewegen möchten, um in die gesellschaftliche Norm zu passen (Ellemers, 2018; Haines et al., 2016).

Weitere Studien beschrieben ausschließlich signifikante Unterschiede in der Maskulinitätsskala zwischen Männern und Frauen (Compere et al., 2021; Hornung et al., 2019). Allerdings wurde bei beiden Studien der BSRI genutzt, während in der aktuellen Studie kein Unterschied zwischen Männern und Frauen im BSRI, sondern nur im GERAS festgestellt werden konnte, was die Vergleichbarkeit mit den angeführten Ergebnissen einschränkt. Mit $N = 50$ (Compere et al., 2021) und $N = 41$ (Hornung et al., 2019) ähneln die Anzahl der Proband:innen dieser Studien der in dieser Arbeit ausgewerteten Stichprobe. Weder Compere et al. (2021) noch Hornung et al. (2019) schlossen Frauen, die hormonelle Verhütungsmethoden einsetzen von der Studie aus, was ein Unterschied zu der vorliegenden Studie darstellt. Durch die fehlende Betrachtung

der Unterschiede, die je nach hormonellen Status unter anderem verändert durch hormonelle Kontrazeptiva, vorliegen können, ist eine Verzerrung der Ergebnisse möglich. Du et al. (2020) berichteten anhand des BSRI, dass sich Frauen signifikant femininer einschätzten als Männer. Allerdings zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen bezüglich der Maskulinität oder Androgynität. Es handelte sich bei Du et al. (2020) mit $N = 272$ um eine wesentlich größere Stichprobe als in der vorliegenden Studie. Außerdem wurde nicht über einen Ausschluss von Frauen mit hormoneller Kontrazeption berichtet. Das Alter der Proband:innen der vorgestellten Stichprobe (Gesamtkohorte $M = 24.58 \pm 6.54$, Männer $M = 23.71 \pm 4.19$, Frauen $M = 25.65 \pm 8.65$) war sehr ähnlich zu dem der Kohorte von Compere et al. (2021) (Männer $M = 25.26 \pm 3.23$, Frauen $M = 24.22 \pm 4.57$). Hingegen waren die Proband:innen der Stichprobe von Du et al. (2020) insgesamt etwas jünger ($M = 20.458 \pm 0.9$) während die Personen bei Hornung et al. (2019) etwas älter waren (Männer $M = 33.47 \pm 11.27$, Frauen $M = 33.71 \pm 13.09$).

Deskriptiv schätzte sich der Großteil der Proband:innen in der aktuellen Studie bei Erhebung des BSRI Selbstbildes selbst als androgyn ein, wobei sowohl einige Männer im femininen und einige Frauen im maskulinen Spektrum lagen. Männer und Frauen gaben ausschließlich die Kategorien androgyn, maskulin, hoch maskulin und sehr hoch maskulin als Wunschbild des BSRI an, wobei sich kein signifikanter Unterschied je nach Sex der Proband:innen bezüglich des Wunschbildes der eigenen Person, erhoben durch den BSRI, ergab. In der vorliegenden Stichprobe gab keine einzige Person ein feminines Wunschbild an. Hornung et al. (2019) berichteten ebenso über das Fehlen eines signifikanten Unterschieds zwischen Männern und Frauen im Wunschbild des BSRI. Wie auch in der aktuell beschriebenen Studie tendierten Männer und Frauen bei Hornung et al. (2019) zur Angabe eines maskulinen Selbstbildes. Die deskriptiven Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass sowohl Männer als auch Frauen präferieren als maskulin gesehen, also mit stereotyp maskulinen Charakteristika assoziiert zu werden. Dies mag weniger daran liegen, dass die Proband:innen wirklich maskulin sein wollen, was ihr Sex anbelangt. Vielmehr zeigt es, dass die maskulinen Stereotypen, welche durch den Fragebogen repliziert werden,

favorisiert werden und gesellschaftlich der Eindruck entsteht, dass diese maskulinen Beschreibungen und Persönlichkeitszüge erstrebenswerter sind als das feminine Pendant. Es handelt sich also hierbei um eine vermutlich gesellschaftlich begründete Dynamik, welche sich auf das gewünschte Gender einer Person auswirkt. Beispielsweise sind Adjektive wie „selbständig“, „unabhängig“ und „ambitioniert“ im BSRI als maskuline Items codiert (Bem, 1974). Frauen werden im akademischen, wissenschaftlichen und medizinischen Bereich sowie in Führungspositionen benachteiligt (Carnes et al., 2015; Ellemers, 2018; Leslie et al., 2015). So werden bei identischen Bewerbungen für ein Stelle für Studierende in einem Labor, also in einem wissenschaftlichen Umfeld, sowohl von weiblichen als auch männlichen Vorgesetzten männliche Interessenten eher in Betracht gezogen als weibliche (Moss-Racusin et al., 2012). Trotz derselben Bewerbungsunterlagen werden Frauen als weniger kompetent eingestuft (Moss-Racusin et al., 2012). Ein Wunsch der Benachteiligung zu entgehen, könnte ein Grund sein, weshalb sich in der vorliegenden Stichprobe Proband:innen allgemein eher mit maskulinen Charakteristika identifizieren. Allerdings sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass auch Männer benachteiligt werden, wenn sie sich im beruflichen Kontext auf Stellen in Bereichen, welche eher von Frauen dominiert werden, beispielsweise Kinderbetreuung oder Haushaltstätigkeiten, bewerben (Croft et al., 2015).

5.1.2 Hirnvolumina

5.1.2.1 Männer zeigen ein größeres Gesamthirnvolumen als Frauen

Die Hypothese, dass das Gesamthirnvolumen bei Männern größer als bei Frauen ist, wurde durch unsere Ergebnisse gestützt. Das signifikant größere Gesamthirnvolumen von Männern im Vergleich zu Frauen, welches in der vorliegenden Stichprobe deutlich wurde, beschrieben ebenso viele andere (Barnes et al., 2010; Groeschel et al., 2010; Gur et al., 1991; Gur et al., 1999; Luders et al., 2009; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014). Zusätzlich wurde in einer großen Metaanalyse von Eliot et al. (2021) das größere Gesamthirnvolumen von Männern im Vergleich zu Frauen als konstante Erkenntnis der gegenwärtigen Forschung beschrieben, obwohl in dieser

Metaanalyse vorrangig gegen Unterschiede bezüglich des Gehirns von Frauen und Männern argumentiert wurde.

Bisherige Studien (Chen et al., 2007; Gennatas et al., 2017; Groeschel et al., 2010; Gur et al., 1999; Ruigrok et al., 2014; Wood et al., 2008a) berichteten ein größeres absolutes Volumen der grauen Substanz bei Männern im Vergleich zu Frauen, was in Einklang mit den vorgestellten Ergebnissen dieser Studie steht. Die Replikation der Ergebnisse vorheriger Studien erscheint vor dem Hintergrund, dass die aktuelle Stichprobe mit $N = 38$ eher klein ausfällt wichtig, da somit die Grundlage dafür, dass Ergebnisse und Folgerungen, welche durch diese Stichprobe gewonnen werden, vergleichbar sind und an Verlässlichkeit gewinnen, gegeben ist.

Deskriptiv zeigten Frauen in der vorliegenden Stichprobe einen höheren Volumenanteil von grauer Substanz am Gesamthirnvolumen im Vergleich zu Männern. Dieser Unterschied erreichte jedoch keine statistische Signifikanz. Die Hypothese, dass Frauen einen größeren Anteil an Volumen der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen als Männer aufweisen, konnte nicht bestätigt werden. Dahingegen beschrieben Gur et al. (1999) ein signifikant größeres anteiliges Volumen der grauen Substanz von Frauen im Vergleich zu Männern. Allgemein lag der Anteil der grauen Substanz in der Stichprobe von Gur et al. (1999) mit 55.4 % bei Frauen und 50.8 % bei Männern höher als in der beschriebenen Studie, in welcher Frauen 49.25 % und Männer 47.93 % erreichten. Beide Stichproben liegen, was das Alter der Proband:innen anbelangt, in einem ähnlichen Bereich. So waren die Männer der Stichprobe von Gur et al. (1999) 27.0 ± 5.7 Jahre und die Frauen 25.0 ± 5.3 Jahre alt. In der aktuellen Studie lag das Alter der Probanden bei 23.71 ± 4.19 und das der Probandinnen bei 25.65 ± 8.65 Jahren. Mit ansteigendem Alter kann ein Abfallen des Volumens der grauen Substanz beschrieben werden (Passe et al., 1997; Smith et al., 2007; Taki et al., 2011). Dies stellt allerdings keine potentielle Erklärung des geringeren Volumenanteils in der aktuellen Stichprobe im Vergleich zu Gur et al. (1999) dar, da die Proband:innen der Stichproben ähnlich alt waren und zudem die vorliegende Stichprobe deskriptiv jünger war. Chen et al. (2007) beschrieben einen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen bezüglich des

Verhältnisses von grauer Substanz zum Gesamthirnvolumen, wobei Frauen ein größeres Verhältnis aufwiesen. Unter der Anwendung einer ANCOVA, in welcher unter anderem für das Gesamthirnvolumen kontrolliert wurde, fanden Chen et al. (2007) keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Frauen und Männern ihrer Stichprobe bezüglich des Volumens der grauen Substanz. Die Stichprobe von Chen et al. (2007) unterschied sich allerdings, mit einem Alter der Proband:innen von 44 bis 48 Jahren, stark vom Altersspektrum der hier aufgeführten Stichprobe. Pletzer (2019) beschrieb, dass Männer und Frauen sich nach Kontrolle des Gesamthirnvolumens nicht signifikant bezüglich des Volumens der grauen Substanz unterschieden. Allerdings wurde im Studiendesign für die statistische Auswertung eine ANCOVA genutzt und nicht das Verhältnis der grauen Substanz zum Gesamthirnvolumen berechnet und mit *t*-Test für unabhängige Stichproben verglichen, was in der aktuellen Studie der Fall ist, weshalb die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der hier beschriebenen Studie mit den Ergebnissen von Pletzer (2019) nur eingeschränkt möglich ist. Nichtsdestotrotz sollte beachtet werden, dass trotz unterschiedlicher statistischer Verfahren für den Gruppenvergleich, Stichproben in bestehender Literatur beschrieben werden, in denen Frauen und Männer sich nicht signifikant voneinander im Volumen der grauen Substanz unter Beachtung des Gesamthirnvolumens unterscheiden. In einer Stichprobe bestehend aus neun bis 20 jährigen Proband:innen beschrieben Groeschel et al. (2010), dass weibliche Individuen größere Volumina von grauer Substanz relativ zum Gesamthirnvolumen haben als männliche. Mangelnde Vergleichbarkeit zu der vorliegenden Studie entstehen durch die unterschiedlichen Altersgruppen der Proband:innen.

Es ist zu beachten, dass meist Unterschiede in einzelnen Bereichen des Gehirns betrachtet wurden (Chen et al., 2007; Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018). Regionen ohne signifikante Unterschiede werden oft nicht oder nur knapp berichtet. So wurde beispielsweise bei Ritchie et al. (2018) aufgegriffen, dass die Mehrheit der betrachteten Hirnregionen nach Korrektur für das Gesamthirnvolumen keine signifikanten Unterschiede je nach Sex mehr aufwiesen. Es wird somit möglicherweise ausführlich von Unterschieden in

kleinen Hirnregionen gesprochen, wobei Gemeinsamkeiten respektive nicht signifikante Unterschiede weniger beachtet werden. In der vorliegenden Studie wurde die graue Substanz zunächst insgesamt unter Berücksichtigung des Gesamthirnvolumens betrachtet. Dadurch ist es möglich, dass kleinere Unterschiede in Anbetracht der vielen Gemeinsamkeiten nach Miteinbeziehen des Gesamthirnvolumens nicht ausreichend prominent sind, um signifikant hervorzutreten.

5.1.2.2 Hoch maskuline Gruppen zeigen größere Hirnvolumina

Wurde die vorliegende Stichprobe in eine hoch maskuline und niedrig maskuline Gruppe eingeteilt, basierend auf den BSRI bzw. GERAS-Werten, zeigten sich signifikant größere Gesamthirnvolumina für die hoch maskuline Gruppe. Zum einen könnte dies darauf hindeuten, dass sich viele Männer in der hoch maskulinen Gruppe befanden, zum anderen wäre aber auch zu vermuten, dass sich Personen, welche sich selbst maskulin einschätzen ein größeres Gesamthirnvolumen besitzen als Personen mit einer weniger maskulinen Selbstauffassung. Da sich in der hoch maskulinen Gruppe des BSRI allerdings sechs weibliche und elf männliche Personen und in der hoch maskulinen Gruppe des GERAS vier weibliche und 15 männliche Personen befanden, zeigt dies, dass der Mediansplit der Genderskalen nicht ausschließlich die Einteilung je nach Sex replizierte und somit von einem Effekt des Genders auf das Gesamthirnvolumen ausgegangen werden kann. Die hoch maskuline Gruppe des GERAS wies signifikant höhere Volumina der grauen Substanz als die niedrig maskuline Gruppe auf. Bezüglich des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen hatte jedoch die niedrig maskuline Gruppe des GERAS signifikant größere Werte als die hoch maskuline Gruppe. Der BSRI zeigte hier keine signifikanten Differenzen auf. Wie bereits gezeigt, unterscheidet der BSRI in der beschriebenen Stichprobe weniger stark bezüglich Maskulinität und Femininität im Gegensatz zum GERAS. Der BSRI ist der ältere der beiden Fragebögen und wurde bereits 1974 veröffentlicht. Der GERAS stammt hingegen von 2020 und ist somit wesentlich aktueller. Es wäre denkbar, dass der neuere Fragebogen besser auf die hier beschriebene Stichprobe junger Menschen zugeschnitten ist und deren Lebensrealitäten gezielter erfassen kann. Besonders

hervorzuheben ist, dass sich die hoch und niedrig maskulinen Gruppen des GERAS bezüglich des Volumenanteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen voneinander unterscheiden, was bei der Gruppeneinteilung nach Sex nicht der Fall war. Hierbei zeigten Proband:innen der niedrig maskulinen Gruppe größere Anteile grauer Substanz auf als die der hoch maskulinen Gruppe. Dies veranschaulicht, dass das Gender möglicherweise Effekte auf die graue Substanz ausübt. Es wurde hypothetisiert, dass Frauen einen größeren Anteil an grauer Substanz am Gesamthirnvolumen haben als Männer, was sich in dieser Stichprobe nicht bestätigt hat. Allerdings wiesen Frauen der untersuchten Kohorte dem GERAS zufolge durchschnittlich eine geringere Maskulinität als Männer auf. Dass die Einteilung nach hoch und niedrig maskuliner Gruppe den erwarteten, aber in dieser Studie nicht erbrachten Unterschied je nach Sex bezüglich des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen hervorbrachte, unterstreicht, dass das Gender eine wichtige Variable darstellt. Zum einen könnte argumentiert werden, dass Studien, welche ausschließlich das Sex beachten und das Gender nicht erfassen, eigentlich Effekte des Genders messen, dieses aber als Effekt je nach Sex interpretieren. Zum anderen könnte ein komplexes Zusammenspiel von Sex und Gender vorliegen, in welchem die zwei Variablen miteinander interagieren und gemeinsam für Unterschiede ursächlich sind. Wierenga et al. (2024) bestätigten diese These in ihrem Manuskript und beschrieben, dass Sex und Gender nicht unabhängig voneinander sind, sondern auf verschiedene Weisen miteinander reagieren. Es wird hervorgehoben, dass oft unklar ist, ob Effekte auf die Variable Sex oder Gender zurückzuführen sind, unter anderem, weil Sex eine große Korrelation zu sozio-kulturelle Unterschieden je nach Gender aufweist. Auch ein Dokument der Europäischen Union beschrieb, zum einen, dass Sex und Gender interagieren, zum anderen, dass Gender-spezifische Verhaltensweisen erlernt, veränderbar, nicht allgemeingültig sind und auch die Biologie beeinflussen können (European-Commission, 2020).

Es kann, auf Grundlage der bestehenden Unterschiede in den Gruppen je nach Maskulinität bei fehlender Unterscheidung je nach Sex, vermutet werden, dass männliche Personen mit einer niedrigen selbst eingeschätzten Maskulinität sowie

weibliche Personen einen größeren Anteil an grauer Substanz am Gesamthirnvolumen haben. Dieses Ergebnis zeigt, dass Unterschiede, die sich auf Grundlage der selbst eingeschätzten Maskulinität ergeben im Gegensatz zum Sex statistische Signifikanz erlangen und somit Gender, insbesondere die Maskulinität bei der Beurteilung von Gehirnstruktur relevant ist.

5.2 Beeinflussung des Gesamthirnvolumens durch Sex, Gender und Geschlechtshormone

5.2.1 Sex und Maskulinität beeinflussen das Gesamthirnvolumen

Deckend mit den zu Beginn formulierten Hypothesen veranschaulichen unsere Ergebnisse, dass das Gesamthirnvolumen durch Sex und die Maskulinitätsskala sowohl des GERAS als auch des BSRI mittels linearer Regressionsanalyse prädiziert werden konnte. Dies zeigt, dass sowohl Sex als auch Maskulinität einer Person positiv mit dem Gesamthirnvolumen assoziiert werden kann. Was besonders in dieser Studie neu ist, ist die Beachtung und Analyse des Einflusses des Genders einer Person. Wie schon im vorherigen Absatz ausführlich beschrieben ergab sich für den Gruppenunterschied des anteiligen Volumens der grauen Substanz bei der Gruppeneinteilung je nach hoher und niedriger Maskulinität ein signifikanter Unterschied, was bei der Gruppeneinteilung je nach Sex nicht der Fall war. Ebenso konnte nun in der linearen Regressionsanalyse die Varianz des Gesamthirnvolumens in dieser Stichprobe durch die GERAS-Maskulinitätsskala umfassender aufgeklärt werden als durch das Sex. Dies ist beachtlich, da bisher in der Literatur jeweils nach Sex Gruppenunterschiede beschrieben wurden, in dieser Stichprobe aber der Einfluss von Maskulinität auf das Gesamthirnvolumen nicht zu vernachlässigen ist. Eliot et al. (2021) argumentierten zum einen, dass es wenig zuverlässige Unterschiede zwischen den Gehirnen von Frauen und Männer gab, bis auf den Größenunterschied bezüglich des Gesamthirnvolumens. Zudem wurde beschrieben, dass der Größenunterschied des Gesamthirnvolumens für die meisten bisher gefundenen Unterschiede in weiteren Strukturen verantwortlich war. Der Größenunterschied im Gesamthirnvolumen wurde allerdings auf Sex zurückgeführt. In der beschriebenen Studie wird deutlich, dass das Gender ebenso einen Einfluss auf

das Gesamthirnvolumen ausübt. Am besten gelang die Varianzaufklärung, wenn sowohl Sex als auch Gender in die Regressionsanalyse miteinbezogen wurden. Dies impliziert, dass Sex und Gender zusammen betrachtet und in Analysen, welche das Gesamthirnvolumen thematisieren, miteinbezogen werden sollten.

Wurde die Maskulinität, erhoben durch die Genderfragebögen, separat bei Frauen und Männern in Regressionsmodellen eingebracht, zeigte sich, dass Maskulinität vor allem bei Frauen unterschiedliche Gesamthirnvolumina erklären konnte. So war die Varianzaufklärung durch die GERAS-Maskulinitätsskala bezüglich des Gesamthirnvolumens bei Frauen höher als bei Männern. Dies zeigt, dass die GERAS-Maskulinitätsskala bei Frauen das Gesamthirnvolumen in einem größeren Maß präzisieren kann. Man könnte daraus schließen, dass Maskulinität bei Frauen, also wenn die Genderskala und Sex in gewisser Weise gegensätzlich zueinander gerichtet sind, größere Assoziationen zur Gehirnarchitektur aufweist im Vergleich zu Männern, bei welchen Genderskala und Sex kongruent zueinander sind. Da die GERAS-Femininitätsskala weder bei Frauen oder Männern eine signifikante Prädiktion des Gesamthirnvolumens erreichen konnte, lässt sich dieser Zusammenhang bei Männern und der GERAS-Femininitätsskala in dieser Studie nicht überprüfen. Allerdings berichtete Pletzer (2019), dass eine positive Assoziation zwischen dem durch die Probanden berichteten Gender und dem Volumen des linken MFG ausschließlich in Männern bestand. Der Vergleich ist hier vorsichtig zu betrachten, da bei Pletzer (2019) nur eine Hirnregion betrachtet und nicht die GERAS-Genderskala verwendet wurde. Nichtsdestotrotz zeigt sich hier ein Zusammenhang, in dem wiederum die Genderskala eine Prädiktion beim in gewisser Weise gegensätzlichem Sex hervorruft, während bei Kongruenz der Richtung der Genderskala und dem Sex keine Signifikanz vorliegt. Für den BSRI ergab sich bei Männern kein signifikantes Regressionsmodell, während bei Frauen die Maskulinität das Gesamthirnvolumen signifikant prädierte. Es wird also deutlich, dass die Maskulinität eine Variable ist, welche bei Frauen mit dem Gesamthirnvolumen positiv assoziiert ist, was bei Männern bezüglich des BSRI nicht oder hinsichtlich des GERAS nicht mit derselben umfassenden Varianzaufklärung gegeben war. Die Maskulinität spielt dementsprechend

besonders bei Frauen bezugnehmend auf des Gesamthirnvolumens eine Rolle, was bei Männern weniger der Fall zu sein scheint.

Die BSRI-Androgynitätsskala zeigte als alleiniger Regressionskoeffizient, aber ebenso in der Kombination mit Sex signifikante Regressionsmodelle zur Erklärung des Gesamthirnvolumens. Es ist zu beachten, dass nur eine Androgynitätsskala um den Wert null auch tatsächlich androgyn meint. Nimmt die Skala positive Werte an, steht dies für ein eher maskulines Selbstbild, weshalb diese Regressionsanalyse prinzipiell bestätigte, dass je maskuliner sich Proband:innen selbst einschätzten, umso größer war das Gesamthirnvolumen. Somit liefert die Androgynitätsskala in diesem Fall zunächst ähnliche Erkenntnisse wie die Maskulinitätsskala.

5.2.2 *Femininität beeinflusst das Gesamthirnvolumen nicht*

Die Modelle mit der Femininitätsskala erreichten keine statistische Signifikanz. Die Femininität nimmt dementsprechend in dieser Stichprobe weniger Einfluss auf das Gesamthirnvolumen als die Maskulinität. Auch konnte kein Unterschied zwischen Männern und Frauen bezüglich der Femininität, erhoben durch den GERAS und BSRI, erkannt werden. Es wäre möglich, dass die Fragen, deren Ergebnisse die Femininitätsskala ergeben, durch die Proband:innen weniger eindeutig beantwortet werden können und demzufolge Proband:innen dazu tendieren mittlere Werte auf der Likert-Skala auszuwählen. Ebenso ist in Betracht zu ziehen, dass die Items Eigenschaften, Interessen und Fähigkeiten abfragen, mit welchen sich in dieser Kohorte sowohl Frauen als auch Männern identifizieren konnten und diese als erstrebenswert angesehen haben. Diese Vermutung passt zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie: so fanden sich unter den Items des GERAS mit den höchsten femininen Ergebnissen bei Männern und Frauen die Aktivität „Spaziergehen“ und die Eigenschaft „warmherzig“. In unserer Stichprobe überlappen sich also die Angaben von Frauen und Männern bei der Femininitätsskala und diese konnte nicht gut die zwei Gruppen voneinander trennen. Außerdem ist zu bedenken, dass es sich in der Stichprobe vor allem um Studierende handelte, welche sich möglicherweise aufgrund ihres Studienganges, jedoch unabhängig von ihrem Sex oder Gender, entweder viel

mit mathematischen Themen oder eher mit Sprache auseinandersetzen. Der GERAS erfragt beispielsweise, wie leicht den Proband:innen die Lösung eines Problems fällt, dabei werden die Aussagen „Synonyme für ein Wort finden, um Wiederholungen zu vermeiden“ oder „Texte formulieren“ den femininen und „Gleichungen zu lösen“ oder „ein Computerprogramm zu schreiben“ den maskulinen Eigenschaften zugeordnet (Gruber et al., 2020). Falls nun also ein Mann sich im Alltag eher mit Sprache beschäftigt, würde der GERAS ihm eine höhere Femininität zuweisen als einer Frau, welche sich eher mit Mathematik und Technik auseinandersetzt und deshalb weniger hohe Werte in den Angaben für die Ermittlung der Femininität erreicht. Wenn dies in unserer Stichprobe von nur 38 Proband:innen gehäuft vorkam, könnte das ein zusätzlicher Faktor zu den oben genannten darstellen, der zum Fehlen von Unterschieden bezüglich der Femininitätsskala zwischen Frauen und Männern beiträgt.

5.2.3 Hormone beeinflussen das Gesamthirnvolumen nicht

Wie erwartet zeigten Männer in dieser Stichprobe signifikant höhere Spiegel von Testosteron und freiem Testosteron, während Frauen signifikant höhere Östradiol- und Progesteronwerte hatten. Dies steht in Einklang mit der aktuellen Literatur (Pedain, 2021b; Pletzer, 2019; Pletzer et al., 2019), wodurch die Interpretationen und Schlüsse, welche auf Basis der hormonellen Daten vorgenommen werden, an Plausibilität und Vergleichbarkeit gewinnen.

Die Werte von Testosteron, freiem Testosteron, Östradiol und Progesteron wurden im Regressionsmodell weder bei Frauen noch bei Männern signifikant. Somit ist die Hypothese, dass Geschlechtshormone das Gesamthirnvolumen prädizieren, nicht erfüllt worden. Da Testosteron schon in der Gehirnentwicklung eine große Rolle spielt (Finegan et al., 1989; Karaismailoglu & Erdem, 2013; Quigley, 2002; Swaab, 2007), lag die Überlegung nahe, dass Testosteron und das Gesamthirnvolumen miteinander assoziiert sind. Das gleiche gilt für Östradiol und die Hirnentwicklung (Karaismailoglu & Erdem, 2013; Quigley, 2002). Eine mögliche Begründung, wieso keine Assoziation zwischen Höhe des Geschlechtshormonspiegels und Größe des Gesamthirnvolumens in der vorgestellten Studie darstellbar war, könnten geringe Schwankungen und ein

nahes Zusammenliegen der Hormonwerte bei Frauen und Männern sein. Es sollte bedacht werden, dass die betrachtete Gruppe eine geringe Anzahl von Männern $N = 21$ und Frauen $N = 17$ aufwies. Es wäre möglich, dass die betrachtete Stichprobe nicht groß genug war, um einen signifikanten Effekt zu zeigen. Andererseits wurden schon Zusammenhänge von Geschlechtshormonen und Hirnvolumina berichtet (Barth et al., 2016; De Bondt et al., 2016; Hagemann et al., 2011; Lisofsky et al., 2015; Neufang et al., 2008; Ossewaarde et al., 2013; Pletzer et al., 2018; Witte et al., 2010). Allerdings wurden hier Zusammenhänge zwischen Testosteron, Östrogen und Progesteron und einzelnen Hirnregionen oder nur dem Volumen der grauen Substanz beschrieben. Dies stellt einen wichtigen Unterschied zu der vorgestellten Fragestellung dar, welche Geschlechtshormone und das Gesamthirnvolumen betrachtet.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass vor allem das männliche Geschlecht und Maskulinität positiv mit dem Gesamthirnvolumen assoziiert sind. Frauen scheinen besonders sensibel für den Einfluss der Maskulinität hinsichtlich des Gesamthirnvolumens zu sein.

5.3 Beeinflussung des Volumens der grauen Substanz durch Sex, Gender und Geschlechtshormone

5.3.1 Beeinflussung des Volumens der grauen Substanz

5.3.1.1 Sex und Maskulinität beeinflussen das Volumen der grauen Substanz
Das Gesamtvolumen der grauen Substanz konnte durch das Sex sowie die BSRI- respektive GERAS-Maskulinitätsskalen und die BSRI-Androgynitätsskala prädiziert werden. Besonders auffällig ist hierbei, dass bei einer Kombination von Sex und GERAS-Maskulinitätsskala, das Modell insgesamt signifikant wurde, allerdings als Regressionskoeffizient ausschließlich die GERAS-Maskulinitätsskala und nicht das Sex Signifikanz erreichte. In der beschriebenen Stichprobe ist demnach die Maskulinität hinsichtlich des Gesamtvolumens der grauen Substanz von Bedeutung und zeigt einen deutlicheren Einfluss als das Sex einer Person, was, vor dem Hintergrund, dass bisher vor allem das Sex zur Differenzierung genutzt wurde, beachtlich ist. Simon et al. (2013) beschrieben,

dass Unterschiede in regionalen Volumina der grauen Substanz bei trans*gender Personen vor dem Beginn einer Hormontherapie im Vergleich zu cisgender Personen und untereinander, also zwischen Male-to-Female (MtF) und Female-to-Male (FtM) Personen, bestanden. Trans*gender Personen zeigten hierbei signifikante Unterschiede zu Personen mit dem gleichen Sex, aber keine signifikanten Verschiedenheiten zu Personen mit dem gleichen Gender. So hatten Männer und FtM höhere Volumina grauer Substanz in Clustern, welche im linken prä- und postcentralen Gyrus, linken posterioren Cingulum, calcarinen Gyrus und dem Precuneus lagen, als Frauen und MtF Personen. Im rechten okzipitalen Lappen und rechten inferioren temporalen Gyrus lagen Cluster, in denen die regionalen Volumina der grauen Substanz größer bei MtF trans*gender Personen und Frauen im Vergleich zu FtM trans*gender Personen und Männern waren. Diese Erkenntnisse unterstützen, dass das Gender Auswirkungen auf die graue Substanz und dabei sogar mehr Einfluss als das Sex hat, was in der beschriebenen Stichprobe ebenso der Fall war. Dies äußerte sich in der vorliegenden Studie im Sinne einer positiven Assoziation von Maskulinität mit dem Gesamtvolumen der grauen Substanz ohne einen signifikanten Einfluss des Regressionskoeffizienten Sex im betreffenden Regressionsmodell mit Sex und der GERAS-Maskulinitätsskala. Die Maskulinität war in der Stichprobe von Simon et al. (2013) vor allem positiv mit dem Cingulum, Precuneus, calcarinen Gyrus sowie prä- und postcentralen Gyrus assoziiert, da dort Männer und FtM trans*gender Personen, welche ihr Gender als maskulin beschreiben, größere Volumina von grauer Substanz zeigten. Sollten diese Regionen, in denen Männer und FtM trans*gender Personen größere Volumina haben, wesentlich mehr ins Gewicht fallen, was das Gesamtvolumen der grauen Substanz anbelangt, würde dies den Trend des größeren Gesamtvolumens der grauen Substanz bei höherer Maskulinität und männlichem Sex unterstützen.

5.3.1.2 Bei Frauen ist der Einfluss der Maskulinität besonders prominent

Bei der gesonderten Betrachtung von Frauen und Männern konnte ausschließlich bei Frauen das Volumen der grauen Substanz durch die Skalen Maskulinität und Androgynität des BSRI prädiziert werden. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den Ergebnissen bezüglich des Gesamthirnvolumens. Sowohl hinsichtlich des

Gesamthirnvolumens als auch des Gesamtvolumens der grauen Substanz war die Maskulinität mit größeren Hirnvolumina bei Frauen assoziiert, was bei Männern nicht der Fall war, wodurch vermutet werden könnte, dass Frauen hinsichtlich der Gehirnstruktur sensibler auf Gender und besonders auf Maskulinität reagieren als Männer. Hierbei ist zu beachten, dass alle Frauen in dieser Stichprobe während der Lutealphase ihres Menstruationszyklus gemessen wurden. Dass Unterschiede im Gehirnvolumen, je nach Phase des Menstruationszyklus vorliegen, wurden schon vielfach berichtet (Barth et al., 2016; De Bondt et al., 2016; Hagemann et al., 2011; Lisofsky et al., 2015; Ossewaarde et al., 2013; Pletzer et al., 2018). Inwiefern die Maskulinität je nach Zyklusphase fluktuiert und ob respektive welchen Einfluss dies auf die Gehirnstruktur hat, ist eine interessante Fragestellung für zukünftige Forschungsvorhaben. Beim Vergleich von FtM, welche sich noch keiner Hormontherapie oder geschlechtsangleichenden Operationen unterzogen hatten, mit cisgender Frauen berichteten Fukao et al. (2022) von einige Regionen grauer Substanz, welche bei FtM trans*gender Personen ein höheres Volumen aufwiesen. Dabei handelte es sich um den rechten posterioren cingulären Gyrus und den linken okzipitalen Pol. Der linke mittlere temporale Gyrus wurde hingegen bei FtM als kleiner berichtet (Fukao et al., 2022). Die größeren Volumina des rechten posterior cingulären Gyrus und des linken okzipitalen Pols bei FtM trans*gender Personen im Vergleich zu cisgender Frauen lässt die Vermutung zu, dass das Gender, speziell die Maskulinität einer Person, für den Volumenunterschied eine Rolle spielen könnte, da die zwei Gruppen dasselbe Sex bei Geburt zugewiesen bekommen haben, sich jedoch bezüglich ihres Genders unterscheiden. Allerdings ist zu vermerken, dass Fukao et al. (2022) nur einzelne Hirnregionen betrachteten. Volumina einzelner Regionen haben zwar einen Einfluss auf das Gesamtvolumen der grauen Substanz, nichtsdestotrotz lassen kleine Volumenveränderungen oder -unterschiede in definierten Arealen nicht auf Unterschiede in Gesamtvolumina schließen.

5.3.1.3 Geschlechtshormone beeinflussen das Volumen der grauen Substanz nicht

Die Regressionsmodelle, welche Testosteron, freies Testosteron, Östradiol und Progesteron als Regressionskoeffizienten für Frauen und Männer getrennt betrachteten, erreichten keine Signifikanz. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen zum Gesamthirnvolumen. Demnach könnte geschlussfolgert werden, dass das Volumen der grauen Substanz nicht vermehrt oder signifikant unterschiedlich von Geschlechtshormonen im Vergleich zum Gesamthirnvolumen beeinflusst wird. Allerdings berichteten Hagemann et al. (2011) bei menstruierenden Personen von einer Zunahme des Volumens der grauen Substanz zum Zeitpunkt der Ovulation. Da die Ovulation ein durch Hormone hervorgerufener Vorgang darstellt, kann man dies als Hormon-abhängige Zunahme der grauen Substanz interpretieren. In der vorgestellten Studie wurden die Probandinnen allerdings in der Lutealphase gemessen, was die unterschiedlichen Ergebnisse erklären könnte. Weitere Studien (Barth et al., 2016; De Bondt et al., 2016; Lisofsky et al., 2015; Neufang et al., 2008; Ossewaarde et al., 2013; Pletzer et al., 2018; Witte et al., 2010) berichteten ebenso von hormonabhängigen Veränderungen von Hirnvolumina, allerdings wurden hier einzelne Hirnregionen betrachtet und nicht das Gesamtvolumen der grauen Substanz.

5.3.2 Beeinflussung des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen

Bei der Analyse des Volumens der grauen Substanz wurde keine Kontrolle für das Gesamthirnvolumen vorgenommen. Das Gesamthirnvolumen konnte allerdings in dieser Stichprobe 86.4 % des Volumens der grauen Substanz erklären und es zeigt sich eine nahezu perfekte positive Korrelation. Gur et al. (1999) beschrieben, dass ein Anstieg des Gesamthirnvolumens mit einem proportionalen Anstieg des Volumens der grauen Substanz einherging. Dies würde implizieren, dass das absolute Volumen der grauen Substanz das Gesamthirnvolumen abbildet und somit das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen bestimmt werden sollte, was in dieser Studie durchgeführt wurde.

Die Regressionsmodelle mit dem Anteil der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen als abhängige Variable wurde bei keiner der Koeffizienten Sex, Maskulinitätsskala, Femininitätsskala, oder einer Kombination ebenjener für die Gesamtkohorte signifikant. Die Regressionsmodelle wurden auch bei einer getrennten Betrachtung von Frauen und Männern nicht signifikant. Ebenso wenig konnten Geschlechtshormone das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern oder Frauen präzisieren. Demnach wurde die Hypothese, dass Sex, Gender und Geschlechtshormone einen Einfluss auf das Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen haben in dieser Stichprobe nicht erfüllt. Somit sollte angemerkt werden, dass nach Korrektur der grauen Substanz durch das Gesamthirnvolumen kein Effekt vom Volumen der grauen Substanz bleibt. Es kann vermutet werden, dass die Effekte, die für das Gesamtvolumen der grauen Substanz ohne Miteinbeziehen des Gesamthirnvolumens gefunden wurden, maßgeblich durch das Gesamthirnvolumen bedingt sind.

5.4 ROI-Analysen

5.4.1 Keine Unterschiede je nach Sex aber in der Lateralität

Die auf vorbestehende Literatur gestützte Hypothese, dass Männer größere Volumina der Amygdala (Lotze et al., 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014; Witte et al., 2010), des Hippocampus (Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ruigrok et al., 2014) und des Putamen (Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018; Ruigrok et al., 2014) als Frauen und Frauen größere Volumina des MFG (Pletzer, 2019) als Männer aufweisen, konnte nicht repliziert werden. Es ergab sich allerdings eine Signifikanz im Seitenvergleich, wobei der rechte Hippocampus größer als der linke und das linke Putamen größer als das rechte war. Giedd et al. (1996) untersuchten Kinder in einer Altersspanne von 4.7 bis 17.8 Jahren bezüglich Lateralität des Hippocampus und beschrieben in dieser Kohorte größere Volumina des rechten im Vergleich zum linken Hippocampus. Auch Woolard und Heckers (2012) berichteten ein größeres Volumen des rechten im Vergleich zum linken Hippocampus. Nachdem eine Aufteilung in anterioren und posterioren Hippocampus erfolgte, konnte nur ein signifikant

größeres Volumen des rechten Hippocampus für den anterioren Teil, nicht aber für den posterioren festgestellt werden. Zu beachten ist, dass die Stichprobe bei Woolard und Heckers (2012) $N = 110$ betrug und das Alter der Proband:innen im Mittel ($M = 32.3 \pm 10.7$) höher lag als das in der vorgestellten Kohorte ($M = 24.58 \pm 6.54$). Die Ergebnisse bezüglich des Putamen sind mit Vorsicht zu interpretieren, da in der Analyse mit der Kovariate Standort kein signifikanter Unterschied je nach Lateralität gefunden werden konnte. Entsprechend passt die Studie von Shankar et al. (2017), welche keine signifikanten Unterschiede in der Lateralität in ihrer Stichprobe von $N = 98$ fanden. Deskriptiv war allerdings sowohl bei Frauen als auch bei Männern das linke Putamen größer als das rechte. Diese deskriptive Unterschiedsbeschreibung deckt sich mit den Erkenntnissen der vorliegenden Analyse ohne die Kovariate Standort, welche allerdings nur einen signifikanten Unterschied in der Gesamtkohorte beschrieb. Nicht zu vernachlässigen ist jedoch die Erkenntnis, dass in der beschriebenen Stichprobe keine Unterschiede je nach Sex festgestellt werden konnten und so die untersuchten Gruppen eher Gemeinsamkeiten bezüglich der Volumina der verschiedenen Hirnregionen aufweisen, was eine ebenso wichtige Aussage ist wie das Auffinden von Unterschieden. Es ist möglich, dass das Gesamthirnvolumen in der beschriebenen Kohorte maßgeblich die Größe der einzelnen Hirnregionen beeinflusst, weswegen durch die Korrektur des Gesamthirnvolumens keine Unterschiede statistische Signifikanz erreichten. Zudem könnte die, im Vergleich zu anderen Studien (Lotze et al., 2019; Pletzer, 2019; Ritchie et al., 2018), kleinere Stichprobe ebenso ein Faktor sein, weswegen keine Unterschiede je nach Sex in dieser Stichprobe berichtet werden konnten. Eliot et al. (2021) zeigten in einer Metaanalyse jedoch, dass die Datenlage noch nicht eindeutig ist, was Unterschiede je nach Sex der Volumina einzelner Hirnregionen anbelangt. So wurden für die Amygdala zwar Studien aufgeführt, welche beschrieben, dass Männer größere Volumina der Amygdala aufwiesen als Frauen. Es wurden aber ebenso Studien dargestellt, bei denen kein signifikanter Unterschied gefunden werden konnte oder Frauen größere Volumina aufwiesen als Männer. Dies gilt ebenso für den Hippocampus und das Putamen. Eliot et al. (2021) führten für den MFG Studien auf, welche ein größeres

Volumen bei Frauen als bei Männern zeigten, allerdings auch einige, bei denen sich kein signifikanter Unterschied ergab. Es bleibt folglich eine interessante Forschungsfrage, wieso Unterschiede mit größeren Volumina bei Frauen einerseits und bei Männern andererseits oder auch gar keine signifikanten Unterschiede gefunden werden und welche Variablen mit dieser Variation assoziiert sind. Außerdem wäre zukünftig die Rolle des Genders miteinzubeziehen, da bereits Pletzer (2019) zeigte, dass bei Männern eine femininere Selbsteinschätzung mit einem größeren Volumen des linken mittleren frontalen Gyri assoziiert war. Das Gender wurde in dieser Dissertation explizit miteinbezogen. Die Ergebnisse der zugehörigen Analysen werden im nächsten Abschnitt eingeordnet.

5.4.2 Beeinflussung der ROI-Volumina durch Sex, Gender und Geschlechtshormone

Die Hypothese, dass hinsichtlich des linken MFG bei Männern ein größeres Volumen in Assoziation mit einer höheren femininen Einschätzung, gemessen durch die BSRI- und GERAS-Feminitätsskala vorliegt, konnte nicht bestätigt werden. Die Studie von Pletzer (2019), welche als Grundlage für diese Hypothese diente, berichtete allerdings ebenso, dass der Zusammenhang für die GERAS-Genderskalen nicht signifikant wurden. In der Studie wurde zusätzlich zum GERAS das Gender auch durch Selbsteinschätzung abgefragt. Diese Selbsteinschätzung wies einen signifikanten positiven Zusammenhang von Volumen des linken MFG und der femininen Selbsteinschätzung bei Männern auf. Somit wurden die lineare Regressionsmodelle mit der GERAS- respektive der BSRI-Feminitätsskala zur Prädiktion des MFG in unserer Stichprobe zwar nicht signifikant, dieses Ergebnis ist allerdings wie vorhergehend beschrieben für den GERAS deckungsgleich zur Studie von Pletzer (2019). Die aufgestellte Hypothese, dass Frauen in Zusammenhang mit höheren Östradiolspiegeln ein größeres Hippocampusvolumen aufweisen, wurde in dieser Stichprobe für den rechten und linken Hippocampus widerlegt. Allerdings wurde in der Arbeit von Pletzer et al. (2018) der Effekt von Östradiol auf das Volumen des Hippocampus zwar als signifikant, aber klein beschrieben. Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied bezüglich der Signifikanz der Ergebnisse könnte sein, dass die

vorgestellte Stichprobe nur aus 18 Probandinnen bestand, während die Analysen von Pletzer et al. (2018) 55 Probandinnen umfasste.

Zusätzlich konnte für die Volumina verschiedener ROIs Zusammenhänge zu Geschlechtshormonen und Genderskalen beschrieben werden. So hing ein größeres Volumen der Amygdala bei Männern positiv mit höheren Werten von Testosteron und freiem Testosteron zusammen. Weder für das Gesamthirnvolumen noch für die graue Substanz oder der Anteil derer am Gesamthirnvolumen konnte in der vorgestellten Stichprobe eine Assoziation zu Testosteronwerten berichtet werden. Dies zeigt, dass Effekte von Geschlechtshormonen signifikant für einzelne Hirnregionen werden können, sich diese jedoch nicht im Gesamthirnvolumen oder dem Volumen der grauen Substanz widerspiegeln. Gender spielt in linearen Regressionsmodellen zur Prädiktion des Volumens von ROIs ebenso eine signifikante Rolle. So bestand ein negativer Zusammenhang zwischen der GERAS-Maskulinitätsskala sowie der BSRI-Androgynitätsskala und dem Volumen des linken respektive rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen. Auffällig ist, dass die Modelle, welche Sex und die GERAS-Maskulinitätsskala oder die BSRI-Androgynitätsskala für den linken Hippocampus und für den rechten Hippocampus Sex und die GERAS-Maskulinitätsskala als Regressionskoeffizienten nutzten Signifikanz erreichten. Sex wurde als Regressionskoeffizient allerdings nicht signifikant und ausschließlich die Genderskala sorgte jeweils für eine signifikante Prädiktion des Volumens des linken oder rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen. Diese Situation konnte auch schon für die Prädiktion der grauen Substanz durch Sex und die GERAS-Maskulinitätsskala beobachtet werden und unterstreicht die Bedeutung von Gender hinsichtlich Hirnvolumina. Ein positiver Zusammenhang zwischen dem Volumen des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen und der BSRI-Femininitätsskala sowie des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen und der GERAS-Maskulinitätsskala erreichte ebenso Signifikanz. Zusammenfassend kann also konstatiert werden, dass Gender auch hinsichtlich einzelner Hirnregionen von Bedeutung ist. Dieser Einfluss des Genders sollte nicht fälschlicherweise auf Sex zurückgeführt

werden. Eine Erfassung des Genders ist somit auch zukünftig von großer Wichtigkeit, um mehr über den Einfluss von Gender auf Gehirnstruktur zu erfahren.

5.5 Limitationen und Perspektiven

In der vorliegenden Studie sind folgende Limitationen zu beschreiben. Zum einen war die Stichprobe mit $N = 38$ klein, weshalb bei einer Generalisierung der Ergebnisse Vorsicht geboten ist. Es sollte ebenso beachtet werden, dass die Stichprobe sehr homogen war und zum Großteil aus Studierenden bestand. Zukünftige Forschungsbestrebungen sollten die Stichprobe vergrößern und eine repräsentativere Stichprobe hinsichtlich der Altersverteilung der Proband:innen wählen, welche sich nicht vorwiegend aus Studierenden zusammensetzt. Zum anderen ergibt sich eine Limitation aus dem fehlenden signifikanten Unterschied bezüglich der BSRI-Genderskalen und der GERAS-Femininitätsskala ebenso wie beim Volumen der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen. Perspektivisch könnten Gruppen mit jeweils sehr hoch femininen und hoch maskulinen Werten ausgewählt und verglichen werden, um mehr Gewicht auf die Komponente Gender zu legen. Es wäre auch interessant zu betrachten, inwiefern sich die Selbsteinschätzung des Genders je nach Alter ändert und demnach verschiedene Altersgruppen zu betrachten oder in einer Studie mit longitudinalem Ansatz Proband:innen über einige Jahre zu verfolgen. Weiterhin fehlte bei fünf Proband:innen der Albuminspiegel, weswegen das freie Testosteron nicht bei der gesamten Stichprobe bestimmt werden konnte und sich hierbei ein unvollständiges Bild ergibt. Das Gender sollte als Variable auch bezüglich des Auftretens und dem Verlauf von beispielsweise psychischen Erkrankungen weiterhin verfolgt werden. Dies zeigte schon die Arbeit von Pelletier et al. (2016), welche veranschaulichte, dass das Gender in Form der Maskulinität die Prognose nach einer Episode des akuten Koronarsyndroms vorhersagen konnte. Diese Studie zeigte, dass ebenso besonders die Maskulinität bei Frauen bezüglich der Gehirnstruktur eine Rolle spielte. Gender könnte bei Krankheitsprozessen wichtige Informationen liefern und Erkenntnisse, die diesbezüglich erlangt werden, in letzter Konsequenz in Zukunft die Patient:innenversorgung verbessern.

6 Zusammenfassung

Diese Studie wurde angefertigt, um den Einfluss von Sex, Gender und Geschlechtshormonen auf die Gehirnvolumina bei cisgender Personen zu betrachten. Zu diesem Zweck wurden anatomische Aufnahmen der Gehirnstruktur angefertigt, Blutentnahmen und Genderfragebögen durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigten, dass Männer sich auf der GERAS-Maskulinitätsskala signifikant maskuliner einschätzten als Frauen. Wie erwartet zeigten Männer signifikant höhere Spiegel an Testosteron und freiem Testosteron als Frauen; Frauen höhere Östradiol- und Progesteronspiegel als Männer. Männer wiesen außerdem ein signifikant größeres Gesamthirnvolumen und Gesamtvolumen der grauen Substanz auf als Frauen. Beachtlich ist, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Frauen und Männern bezüglich des Anteils des Volumens der grauen Substanz am Gesamtvolumen gab, allerdings die niedrig maskuline Gruppe des GERAS signifikant größere relative Volumina von grauer Substanz als die hoch maskuline Gruppe aufwies. Die linearen Regressionsmodelle, welche das Gesamthirnvolumen prädizierten, zeigten, dass Sex und beide Maskulinitätsskalen als Koeffizienten statistische Signifikanz erreichten. Bei Frauen konnte durch die Maskulinitätsskalen mehr Varianz aufgeklärt werden als bei Männern. Das Gesamtvolumen der grauen Substanz konnte durch Sex sowie beide Maskulinitätsskalen prädiziert werden. Die BSRI-Maskulinitätsskala spielte bei Frauen eine große Rolle in der Prädiktion des Gesamtvolumens der grauen Substanz. Die linearen Regressionsanalysen mit den Koeffizienten Sex, Gender und Geschlechtshormone zur Prädiktion des Volumens der grauen Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen ergaben keine signifikanten Ergebnisse. In der Stichprobe war das Volumen des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen signifikant größer als das des linken. Zudem spielte Testosteron und freies Testosteron in der Prädiktion des Volumens der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen und Genderskalen in der Prädiktion des Volumens des linken und rechten Hippocampus sowie des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen eine signifikante Rolle.

Zusammenfassend zeigt diese Arbeit, dass Gender, besonders Maskulinität bei Frauen, auch bei cisgender Personen von Wichtigkeit und mit dem Gesamthirnvolumen und dem Gesamtvolumen der grauen Substanz assoziiert ist. Zudem kommt dem Gender und auch den Geschlechtshormonen hinsichtlich einzelner Hirnregionen eine große Bedeutung zu. Abschließend soll hervorgehoben werden, dass eine Gruppeneinteilung ausschließlich nach dem Sex von Personen nicht die Komplexität und das Zusammenspiel von Sex, Gender und Geschlechtshormonen erfasst und somit einer Erhebung von Gender und Geschlechtshormonen neben dem Sex essenziell ist und in zukünftigen Forschungsprojekten berücksichtigt werden sollte.

7 Literaturverzeichnis

- Abraham, G. E., Odell, W. D., Swerdloff, R. S., & Hopper, K. (1972). Simultaneous radioimmunoassay of plasma FSH, LH, progesterone, 17-hydroxyprogesterone, and estradiol-17 beta during the menstrual cycle. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 34(2), 312-318. <https://doi.org/10.1210/jcem-34-2-312>
- Allen, J. S., Damasio, H., Grabowski, T. J., Bruss, J., & Zhang, W. (2003). Sexual dimorphism and asymmetries in the gray-white composition of the human cerebrum. *Neuroimage*, 18(4), 880-894. [https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00034-x](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00034-x)
- Ardekani, B. A., Figarsky, K., & Sidtis, J. J. (2013). Sexual dimorphism in the human corpus callosum: an MRI study using the OASIS brain database. *Cerebral Cortex*, 23(10), 2514-2520. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs253>
- Babchuk, W. A., Hames, R. B., & Thompson, R. A. (1985). Sex differences in the recognition of infant facial expressions of emotion: The primary caretaker hypothesis. *Ethology and Sociobiology*, 6(2), 89-101. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0162-3095\(85\)90002-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0162-3095(85)90002-0)
- Barnes, J., Ridgway, G. R., Bartlett, J., Henley, S. M., Lehmann, M., Hobbs, N., Clarkson, M. J., MacManus, D. G., Ourselin, S., & Fox, N. C. (2010). Head size, age and gender adjustment in MRI studies: a necessary nuisance? *Neuroimage*, 53(4), 1244-1255. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.06.025>
- Barth, C., Steele, C. J., Mueller, K., Rekkas, V. P., Arelin, K., Pampel, A., Burmann, I., Kratzsch, J., Villringer, A., & Sacher, J. (2016). In-vivo Dynamics of the Human Hippocampus across the Menstrual Cycle. *Scientific Reports*, 6, 32833. <https://doi.org/10.1038/srep32833>
- Beltz, A. M., Loviska, A. M., & Weigard, A. (2021). Daily gender expression is associated with psychological adjustment for some people, but mainly men. *Scientific Reports*, 11(1), 9114. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88279-4>
- Bem, S. L. (1974). The measurement of psychological androgyny. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 42(2), 155-162.
- Bourisly, A. K., Gejo, G., Hayat, A. A., Alsarraf, L., Dashti, F. M., & Di Paola, M. (2017). White Matter Sexual Dimorphism of the Adult Human Brain. *Translational Neuroscience*, 8, 49-53. <https://doi.org/10.1515/tnsci-2017-0009>
- Brambilla, D. J., Matsumoto, A. M., Araujo, A. B., & McKinlay, J. B. (2009). The Effect of Diurnal Variation on Clinical Measurement of Serum Testosterone and Other Sex Hormone Levels in Men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 94(3), 907-913. <https://doi.org/10.1210/jc.2008-1902>
- Cahill, L. (2006). Why sex matters for neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(6), 477-484. <https://doi.org/10.1038/nrn1909>

- Carnes, M., Bartels, C. M., Kaatz, A., & Kolehmainen, C. (2015). Why is John More Likely to Become Department Chair Than Jennifer? *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 126, 197-214.
- Chekroud, A. M., Ward, E. J., Rosenberg, M. D., & Holmes, A. J. (2016). Patterns in the human brain mosaic discriminate males from females. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(14), E1968-E1968. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.1523888113>
- Chen, X., Sachdev, P. S., Wen, W., & Anstey, K. J. (2007). Sex differences in regional gray matter in healthy individuals aged 44-48 years: a voxel-based morphometric study. *Neuroimage*, 36(3), 691-699. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.03.063>
- Clayton, J. A., & Tannenbaum, C. (2016). Reporting Sex, Gender, or Both in Clinical Research? *JAMA*, 316(18), 1863-1864. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.16405>
- Clemens, B., Derntl, B., Smith, E., Junger, J., Neulen, J., Mingoia, G., Schneider, F., Abel, T., Bzdok, D., & Habel, U. (2020). Predictive Pattern Classification Can Distinguish Gender Identity Subtypes from Behavior and Brain Imaging. *Cerebral Cortex*, 30(5), 2755-2765. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhz272>
- Compere, L., Charron, S., Gallarda, T., Rari, E., Lion, S., Nys, M., Anssens, A., Coussinoux, S., Machefaux, S., Oppenheim, C., & Piolino, P. (2021). Gender identity better than sex explains individual differences in episodic and semantic components of autobiographical memory: An fMRI study. *Neuroimage*, 225, 117507. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117507>
- Cortes, L. R., Cisternas, C. D., & Forger, N. G. (2019). Does Gender Leave an Epigenetic Imprint on the Brain? *Frontiers in Neuroscience*, 13, 173. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00173>
- Costanzo, M., & Archer, D. (1989). Interpreting the expressive behavior of others: The Interpersonal Perception Task. *Journal of Nonverbal Behavior*, 13(4), 225-245. <https://doi.org/10.1007/BF00990295>
- Croft, A., Schmader, T., & Block, K. (2015). An underexamined inequality: cultural and psychological barriers to men's engagement with communal roles. *Personality and social psychology review : an official journal of the Society for Personality and Social Psychology, Inc*, 19(4), 343-370. <https://doi.org/10.1177/1088868314564789>
- Cvencek, D., Meltzoff, A. N., & Greenwald, A. G. (2011). Math-gender stereotypes in elementary school children. *Child Development*, 82(3), 766-779. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01529.x>
- De Bondt, T., Pullens, P., Van Hecke, W., Jacquemyn, Y., & Parizel, P. M. (2016). Reproducibility of hormone-driven regional grey matter volume changes in women using SPM8 and SPM12. *Brain Structure & Function*, 221(9), 4631-4641. <https://doi.org/10.1007/s00429-016-1193-1>
- Derntl, B., Hack, R. L., Kryspin-Exner, I., & Habel, U. (2013). Association of menstrual cycle phase with the core components of empathy. *Hormones and Behavior*, 63(1), 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.10.009>
- Derntl, B., Kryspin-Exner, I., Fernbach, E., Moser, E., & Habel, U. (2008a). Emotion recognition accuracy in healthy young females is associated

- with cycle phase. *Hormones and Behavior*, 53(1), 90-95.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.09.006>
- Derntl, B., Windischberger, C., Robinson, S., Lamplmayr, E., Kryspin-Exner, I., Gur, R. C., Moser, E., & Habel, U. (2008b). Facial emotion recognition and amygdala activation are associated with menstrual cycle phase. *Psychoneuroendocrinology*, 33(8), 1031-1040.
<https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.04.014>
- Dotto, G. P. (2019). Gender and sex-time to bridge the gap. *EMBO Molecular Medicine*, 11(5). <https://doi.org/10.15252/emmm.201910668>
- Du, Y., Wang, Y., Yu, M., Tian, X., & Liu, J. (2020). Sex-Specific Functional Connectivity in the Reward Network Related to Distinct Gender Roles. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 593787.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.593787>
- Eagly, A. H., & Steffen, V. J. (1984). Gender stereotypes stem from the distribution of women and men into social roles. *Journal of Personality and Social Psychology*, 4(46), 735-754.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0022-3514.46.4.735>
- Eagly, A. H., & Wood, W. (2012). Social role theory. *Handbook of theories in social psychology*, 2, 458-476.
<https://doi.org/10.4135/9781446249222.n49>
- Eliot, L., Ahmed, A., Khan, H., & Patel, J. (2021). Dump the "dimorphism": Comprehensive synthesis of human brain studies reveals few male-female differences beyond size. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.02.026>
- Ellemers, N. (2018). Gender Stereotypes. *Annual Review of Psychology*, 69(1), 275-298. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011719>
- European-Commission. (2020). *Gendered innovations 2 – How inclusive analysis contributes to research and innovation – Policy review*. Publications Office of the European Union.
<https://doi.org/doi/10.2777/316197>
- Feis, D. L., Brodersen, K. H., von Cramon, D. Y., Luders, E., & Tittgemeyer, M. (2013). Decoding gender dimorphism of the human brain using multimodal anatomical and diffusion MRI data. *Neuroimage*, 70, 250-257.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.12.068>
- Finegan, J. A., Bartleman, B., & Wong, P. Y. (1989). A window for the study of prenatal sex hormone influences on postnatal development. *The Journal of genetic psychology*, 150(1), 101-112.
<https://doi.org/10.1080/00221325.1989.9914580>
- Fukao, T., Ohi, K., & Shioiri, T. (2022). Gray matter volume differences between transgender men and cisgender women: A voxel-based morphometry study. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 56(5), 535-541.
<https://doi.org/10.1177/0004867421998801>
- Gaser, C., Dahnke, R., Thompson, P. M., Kurth, F., Luders, E., & Initiative, A. s. D. N. (2022). CAT – A Computational Anatomy Toolbox for the Analysis of Structural MRI Data. *bioRxiv*, 2022.2006.2011.495736.
<https://doi.org/10.1101/2022.06.11.495736>
- Gennatas, E. D., Avants, B. B., Wolf, D. H., Satterthwaite, T. D., Ruparel, K., Ciric, R., Hakonarson, H., Gur, R. E., & Gur, R. C. (2017). Age-Related

- Effects and Sex Differences in Gray Matter Density, Volume, Mass, and Cortical Thickness from Childhood to Young Adulthood. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 37(20), 5065-5073. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3550-16.2017>
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., Paus, T., Evans, A. C., & Rapoport, J. L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience*, 2(10), 861-863. <https://doi.org/10.1038/13158>
- Giedd, J. N., Vaituzis, A. C., Hamburger, S. D., Lange, N., Rajapakse, J. C., Kaysen, D., Vauss, Y. C., & Rapoport, J. L. (1996). Quantitative MRI of the temporal lobe, amygdala, and hippocampus in normal human development: Ages 4–18 years. *Journal of Comparative Neurology*, 366(2), 223-230. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9861\(19960304\)366:2<223::AID-CNE3>3.0.CO;2-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9861(19960304)366:2<223::AID-CNE3>3.0.CO;2-7)
- Goldstein, J. M., Seidman, L. J., Horton, N. J., Makris, N., Kennedy, D. N., Caviness, V. S., Jr., Faraone, S. V., & Tsuang, M. T. (2001). Normal sexual dimorphism of the adult human brain assessed by in vivo magnetic resonance imaging. *Cerebral Cortex*, 11(6), 490-497. <https://doi.org/10.1093/cercor/11.6.490>
- Groeschel, S., Vollmer, B., King, M. D., & Connelly, A. (2010). Developmental changes in cerebral grey and white matter volume from infancy to adulthood. *International journal of developmental neuroscience: the official journal of the International Society for Developmental Neuroscience*, 28(6), 481-489. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2010.06.004>
- Gruber, F. M., Distlberger, E., Scherndl, T., Ortner, T. M., & Pletzer, B. (2020). Psychometric Properties of the Multifaceted Gender-Related Attributes Survey (GERAS). *European journal of psychological assessment : official organ of the European Association of Psychological Assessment*, 36(4), 612-623. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000528>
- Guapo, V. G., Graeff, F. G., Zani, A. C., Labate, C. M., dos Reis, R. M., & Del-Ben, C. M. (2009). Effects of sex hormonal levels and phases of the menstrual cycle in the processing of emotional faces. *Psychoneuroendocrinology*, 34(7), 1087-1094. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2009.02.007>
- Gur, R. C., Mozley, P. D., Resnick, S. M., Gottlieb, G. L., Kohn, M., Zimmerman, R., Herman, G., Atlas, S., Grossman, R., Berretta, D., & et al. (1991). Gender differences in age effect on brain atrophy measured by magnetic resonance imaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88(7), 2845-2849. <https://doi.org/10.1073/pnas.88.7.2845>
- Gur, R. C., Turetsky, B. I., Matsui, M., Yan, M., Bilker, W., Hughett, P., & Gur, R. E. (1999). Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adults: correlations with cognitive performance. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 19(10), 4065-4072.

- Hagemann, G., Ugur, T., Schleussner, E., Mentzel, H. J., Fitzek, C., Witte, O. W., & Gaser, C. (2011). Changes in brain size during the menstrual cycle. *PloS One*, 6(2), e14655. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014655>
- Haines, E. L., Deaux, K., & Lofaro, N. (2016). The Times They Are a-Changing ... or Are They Not? A Comparison of Gender Stereotypes, 1983–2014. *Psychology of Women Quarterly*, 40(3), 353-363. <https://doi.org/10.1177/0361684316634081>
- Hampson, E., van Anders, S., & Mullin, L. (2006). A female advantage in the recognition of emotional facial expressions: test of an evolutionary hypothesis. *Evolution and Human Behavior*, 27(6), 401-416. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2006.05.002>
- Hoppe, C., Fliessbach, K., Stausberg, S., Stojanovic, J., Trautner, P., Elger, C. E., & Weber, B. (2012). A key role for experimental task performance: effects of math talent, gender and performance on the neural correlates of mental rotation. *Brain and Cognition*, 78(1), 14-27. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.10.008>
- Hornung, J., Smith, E., Junger, J., Pauly, K., Habel, U., & Derntl, B. (2019). Exploring Sex Differences in the Neural Correlates of Self-and Other-Referential Gender Stereotyping. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 13, 31. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00031>
- Im, K., Lee, J. M., Lyttelton, O., Kim, S. H., Evans, A. C., & Kim, S. I. (2008). Brain size and cortical structure in the adult human brain. *Cerebral Cortex*, 18(9), 2181-2191. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm244>
- Joel, D. (2011). Male or Female? Brains are Intersex. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 5, 57. <https://doi.org/10.3389/fnint.2011.00057>
- Joel, D. (2021). Beyond the binary: Rethinking sex and the brain. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 122, 165-175. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.11.018>
- Joel, D., Berman, Z., Tavor, I., Wexler, N., Gaber, O., Stein, Y., Shefi, N., Pool, J., Urchs, S., Margulies, D. S., Liem, F., Hanggi, J., Jancke, L., & Assaf, Y. (2015). Sex beyond the genitalia: The human brain mosaic. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(50), 15468-15473. <https://doi.org/10.1073/pnas.1509654112>
- Joel, D., & Fausto-Sterling, A. (2016). Beyond sex differences: new approaches for thinking about variation in brain structure and function. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 371(1688), 20150451. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0451>
- Kajonius, P., & Mac Giolla, E. (2017). Personality traits across countries: Support for similarities rather than differences. *PloS One*, 12(6), e0179646. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179646>
- Kämmerer, U., Garnier, Y., & Singer, D. (2019). Menstruationszyklus. In H.-C. Pape, A. Kurtz, & S. Silbernagl (Eds.), *Physiologie* (9., vollständig überarbeitete Auflage ed.). Georg Thieme Verlag KG. <https://doi.org/10.1055/b-006-163285>
- Karaismailoglu, S., & Erdem, A. (2013). The effects of prenatal sex steroid hormones on sexual differentiation of the brain. *Journal of the Turkish*

- German Gynecological Association*, 14(3), 163-167.
<https://doi.org/10.5152/jtgga.2013.86836>
- Kim, H. J., Kim, N., Kim, S., Hong, S., Park, K., Lim, S., Park, J. M., Na, B., Chae, Y., Lee, J., Yeo, S., Choe, I. H., Cho, S. Y., & Cho, G. (2012). Sex differences in amygdala subregions: evidence from subregional shape analysis. *Neuroimage*, 60(4), 2054-2061.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.025>
- Kurth, F., Cherbuin, N., & Luders, E. (2019). Age but no sex effects on subareas of the amygdala. *Human Brain Mapping*, 40(6), 1697-1704.
<https://doi.org/10.1002/hbm.24481>
- Leslie, S.-J., Cimpian, A., Meyer, M., & Freeland, E. (2015). Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science*, 347(6219), 262-265.
<https://doi.org/doi:10.1126/science.1261375>
- Lisofsky, N., Martensson, J., Eckert, A., Lindenberger, U., Gallinat, J., & Kuhn, S. (2015). Hippocampal volume and functional connectivity changes during the female menstrual cycle. *Neuroimage*, 118, 154-162.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.012>
- Lotze, M., Domin, M., Gerlach, F. H., Gaser, C., Lueders, E., Schmidt, C. O., & Neumann, N. (2019). Novel findings from 2,838 Adult Brains on Sex Differences in Gray Matter Brain Volume. *Scientific Reports*, 9(1), 1671.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-38239-2>
- Luders, E., Gaser, C., Narr, K. L., & Toga, A. W. (2009). Why sex matters: brain size independent differences in gray matter distributions between men and women. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 29(45), 14265-14270.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2261-09.2009>
- Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., Woods, R. P., Rex, D. E., Jancke, L., Steinmetz, H., & Toga, A. W. (2005). Mapping cortical gray matter in the young adult brain: effects of gender. *Neuroimage*, 26(2), 493-501.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.02.010>
- Mac Giolla, E., & Kajonius, P. J. (2019). Sex differences in personality are larger in gender equal countries: Replicating and extending a surprising finding. *International journal of psychology: Journal international de psychologie*, 54(6), 705-711. <https://doi.org/10.1002/ijop.12529>
- Mauvais-Jarvis, F., Bairey Merz, N., Barnes, P. J., Brinton, R. D., Carrero, J. J., DeMeo, D. L., De Vries, G. J., Epperson, C. N., Govindan, R., Klein, S. L., Lonardo, A., Maki, P. M., McCullough, L. D., Regitz-Zagrosek, V., Regensteiner, J. G., Rubin, J. B., Sandberg, K., & Suzuki, A. (2020). Sex and gender: modifiers of health, disease, and medicine. *Lancet*, 396(10250), 565-582. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31561-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31561-0)
- Mense, S. (2020a). Großhirnmark mit Fasersystemen. In G. Aumüller, G. Aust, A. Conrad, J. Engele, J. Kirsch, G. Maio, A. Mayerhofer, S. Mense, D. Reißig, J. Salvetter, W. Schmidt, F. Schmitz, E. Schulte, K. Spanel-Borowski, G. Wennemuth, W. Wolff, & L. J. Wurzinger (Eds.), *Duale Reihe Anatomie* (5., korrigierte Auflage ed.). Georg Thieme Verlag.
<https://doi.org/10.1055/b-007-170976>

- Mense, S. (2020b). Hippocampus. In G. Aumüller, G. Aust, A. Conrad, J. Engele, J. Kirsch, G. Maio, A. Mayerhofer, S. Mense, D. Reißig, J. Salvetter, W. Schmidt, F. Schmitz, E. Schulte, K. Spanel-Borowski, G. Wennemuth, W. Wolff, & L. J. Wurzinger (Eds.), *Duale Reihe Anatomie* (5., korrigierte Auflage ed.). Georg Thieme Verlag.
<https://doi.org/10.1055/b-007-170976>
- Mense, S. (2020c). Limbisches System. In G. Aumüller, G. Aust, A. Conrad, J. Engele, J. Kirsch, G. Maio, A. Mayerhofer, S. Mense, D. Reißig, J. Salvetter, W. Schmidt, F. Schmitz, E. Schulte, K. Spanel-Borowski, G. Wennemuth, W. Wolff, & L. J. Wurzinger (Eds.), *Duale Reihe Anatomie* (5., korrigierte Auflage ed.). Georg Thieme Verlag.
<https://doi.org/10.1055/b-007-170976>
- Moss-Racusin, C. A., Dovidio, J. F., Brescoll, V. L., Graham, M. J., & Handelsman, J. (2012). Science faculty's subtle gender biases favor male students. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(41), 16474-16479.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1211286109>
- Neufang, S., Specht, K., Hausmann, M., Güntürkün, O., Herpertz-Dahlmann, B., Fink, G. R., & Konrad, K. (2008). Sex Differences and the Impact of Steroid Hormones on the Developing Human Brain. *Cerebral Cortex*, *19*(2), 464-473. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn100>
- Newman, S. D. (2016). Differences in cognitive ability and apparent sex differences in corpus callosum size. *Psychological Research*, *80*(5), 853-859. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0688-3>
- Nosek, B. A., Smyth, F. L., Sriram, N., Lindner, N. M., Devos, T., Ayala, A., Bar-Anan, Y., Bergh, R., Cai, H., Gonsalkorale, K., Kesebir, S., Maliszewski, N., Neto, F., Olli, E., Park, J., Schnabel, K., Shiomura, K., Tulbure, B. T., Wiers, R. W., . . . Greenwald, A. G. (2009). National differences in gender-science stereotypes predict national sex differences in science and math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(26), 10593-10597.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0809921106>
- Nostro, A. D., Muller, V. I., Reid, A. T., & Eickhoff, S. B. (2017). Correlations Between Personality and Brain Structure: A Crucial Role of Gender. *Cerebral Cortex*, *27*(7), 3698-3712.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhw191>
- Ossewaarde, L., van Wingen, G. A., Rijpkema, M., Backstrom, T., Hermans, E. J., & Fernandez, G. (2013). Menstrual cycle-related changes in amygdala morphology are associated with changes in stress sensitivity. *Human Brain Mapping*, *34*(5), 1187-1193.
<https://doi.org/10.1002/hbm.21502>
- Passe, T. J., Rajagopalan, P., Tupler, L. A., Byrum, C. E., MacFall, J. R., & Krishnan, K. R. (1997). Age and sex effects on brain morphology. *Progress in neuropsychopharmacology & biological psychiatry*, *21*(8), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/s0278-5846\(97\)00160-7](https://doi.org/10.1016/s0278-5846(97)00160-7)
- Pedain, C. (2021a). Geschlechtsdeterminierung. In J. Behrends, J. Bischofberger, R. Deutzmann, H. Ehmke, S. Frings, S. Grissmer, M. Hoth, A. Kurtz, J. Leipziger, F. Müller, C. Pedain, J. Rettig, C. Wagner, &

- E. Wischmeyer (Eds.), *Duale Reihe Physiologie* (4., unveränderte Auflage ed.). Georg Thieme Verlag KG.
<https://doi.org/10.1055/b000000462>
- Pedain, C. (2021b). Hypothalamisch-hypophysär-gonadale Steuerung der Sexualfunktion. In J. Behrends, J. Bischofberger, R. Deutzmann, H. Ehmke, S. Frings, S. Grissmer, M. Hoth, A. Kurtz, J. Leipziger, F. Müller, C. Pedain, J. Rettig, C. Wagner, & E. Wischmeyer (Eds.), *Duale Reihe Physiologie* (4., unveränderte Auflage ed.). Georg Thieme Verlag KG.
<https://doi.org/10.1055/b000000462>
- Pedain, C. (2021c). Menstruationszyklus. In J. Behrends, J. Bischofberger, R. Deutzmann, H. Ehmke, S. Frings, S. Grissmer, M. Hoth, A. Kurtz, J. Leipziger, F. Müller, C. Pedain, J. Rettig, C. Wagner, & E. Wischmeyer (Eds.), *Duale Reihe Physiologie* (4., unveränderte Auflage ed.). Georg Thieme Verlag KG.
<https://doi.org/10.1055/b000000462>
- Pelletier, R., Ditto, B., & Pilote, L. (2015). A composite measure of gender and its association with risk factors in patients with premature acute coronary syndrome. *Psychosomatic Medicine*, 77(5), 517-526.
<https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000186>
- Pelletier, R., Khan, N. A., Cox, J., Daskalopoulou, S. S., Eisenberg, M. J., Bacon, S. L., Lavoie, K. L., Daskupta, K., Rabi, D., Humphries, K. H., Norris, C. M., Thanassoulis, G., Behloul, H., Pilote, L., & Investigators, G.-P. (2016). Sex Versus Gender-Related Characteristics: Which Predicts Outcome After Acute Coronary Syndrome in the Young? *Journal of the American College of Cardiology*, 67(2), 127-135.
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.067>
- Penning, M. J., & Wu, Z. (2016). Caregiver Stress and Mental Health: Impact of Caregiving Relationship and Gender. *The Gerontologist*, 56(6), 1102-1113.
<https://doi.org/10.1093/geront/gnv038>
- Perlaki, G., Orsi, G., Plozer, E., Altbacker, A., Darnai, G., Nagy, S. A., Horvath, R., Toth, A., Doczi, T., Kovacs, N., Bogner, P., Schwarcz, A., & Janszky, J. (2014). Are there any gender differences in the hippocampus volume after head-size correction? A volumetric and voxel-based morphometric study. *Neuroscience Letters*, 570, 119-123.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.04.013>
- Persson, J., Spreng, R. N., Turner, G., Herlitz, A., Morell, A., Stening, E., Wahlund, L. O., Wikstrom, J., & Soderlund, H. (2014). Sex differences in volume and structural covariance of the anterior and posterior hippocampus. *Neuroimage*, 99, 215-225.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.05.038>
- Pletzer, B. (2019). Sex Hormones and Gender Role Relate to Gray Matter Volumes in Sexually Dimorphic Brain Areas. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 592.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00592>
- Pletzer, B., Harris, T., & Hidalgo-Lopez, E. (2018). Subcortical structural changes along the menstrual cycle: beyond the hippocampus. *Scientific Reports*, 8(1), 16042.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-34247-4>
- Pletzer, B., Petasis, O., Ortner, T., & Cahill, L. (2015). Interactive effects of culture and sex hormones on the sex role self-concept [Original

- Research]. *Frontiers in Neuroscience*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00240>
- Pletzer, B., Steinbeisser, J., van Laak, L., & Harris, T. (2019). Beyond Biological Sex: Interactive Effects of Gender Role and Sex Hormones on Spatial Abilities. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 675.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00675>
- Poppenk, J., Evensmoen, H. R., Moscovitch, M., & Nadel, L. (2013). Long-axis specialization of the human hippocampus. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(5), 230-240. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.03.005>
- Quigley, C. A. (2002). The Postnatal Gonadotropin and Sex Steroid Surge—Insights from the Androgen Insensitivity Syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87(1), 24-28.
<https://doi.org/10.1210/jcem.87.1.8265>
- Regitz-Zagrosek, V. (2012). Sex and gender differences in health. Science & Society Series on Sex and Science. *EMBO reports*, 13(7), 596-603.
<https://doi.org/10.1038/embor.2012.87>
- Rehbein, E., Hornung, J., Sundstrom Poromaa, I., & Derntl, B. (2021). Shaping of the Female Human Brain by Sex Hormones: A Review. *Neuroendocrinology*, 111(3), 183-206. <https://doi.org/10.1159/000507083>
- Reilly, D., Neumann, D. L., & Andrews, G. (2016). Sex and sex-role differences in specific cognitive abilities. *Intelligence*, 54, 147-158.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.intell.2015.12.004>
- Ritchie, S. J., Cox, S. R., Shen, X., Lombardo, M. V., Reus, L. M., Alloza, C., Harris, M. A., Alderson, H. L., Hunter, S., Neilson, E., Liewald, D. C. M., Auyeung, B., Whalley, H. C., Lawrie, S. M., Gale, C. R., Bastin, M. E., McIntosh, A. M., & Deary, I. J. (2018). Sex Differences in the Adult Human Brain: Evidence from 5216 UK Biobank Participants. *Cerebral Cortex*, 28(8), 2959-2975. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhy109>
- Ruigrok, A. N., Salimi-Khorshidi, G., Lai, M. C., Baron-Cohen, S., Lombardo, M. V., Tait, R. J., & Suckling, J. (2014). A meta-analysis of sex differences in human brain structure. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 39, 34-50. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.12.004>
- Rushton, J. P., & Ankney, C. D. (2009). Whole Brain Size and General Mental Ability: A Review. *International Journal of Neuroscience*, 119(5), 692-732. <https://doi.org/10.1080/00207450802325843>
- SARSTEDT. Gebrauchshinweis SARSTEDT S-Monovette®
 Blutentnahmesystem
https://www.sarstedt.com/fileadmin/user_upload/99_Gebrauchshinweise_IFU/GB_506/gb_506_a_s_monovette_0722.pdf letzter Zugriff: 03.11.2023. SARSTEDT AG & Co. KG.
- Satterthwaite, T. D., Wolf, D. H., Roalf, D. R., Ruparel, K., Erus, G., Vandekar, S., Gennatas, E. D., Elliott, M. A., Smith, A., Hakonarson, H., Verma, R., Davatzikos, C., Gur, R. E., & Gur, R. C. (2015). Linked Sex Differences in Cognition and Functional Connectivity in Youth. *Cerebral Cortex*, 25(9), 2383-2394. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu036>
- Scheim, A. I., & Bauer, G. R. (2015). Sex and gender diversity among transgender persons in Ontario, Canada: results from a respondent-

- driven sampling survey. *Journal of Sex Research*, 52(1), 1-14.
<https://doi.org/10.1080/00224499.2014.893553>
- Schild, H. (1990). *MRI made easy (...well almost)*. Schering AG.
- Shankar, S. H., Ballal, S., & Shubha, R. (2017). Study of normal volumetric variation in the putamen with age and sex using magnetic resonance imaging. *Clinical Anatomy*, 30(4), 461-466.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ca.22869>
- Shiino, A., Chen, Y. W., Tanigaki, K., Yamada, A., Vigers, P., Watanabe, T., Tooyama, I., & Akiguchi, I. (2017). Sex-related difference in human white matter volumes studied: Inspection of the corpus callosum and other white matter by VBM. *Scientific Reports*, 7, 39818.
<https://doi.org/10.1038/srep39818>
- Simon, L., Kozak, L. R., Simon, V., Czobor, P., Unoka, Z., Szabo, A., & Csukly, G. (2013). Regional grey matter structure differences between transsexuals and healthy controls--a voxel based morphometry study. *PloS One*, 8(12), e83947. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083947>
- Sisk, C. L., Richardson, H. N., Chappell, P. E., & Levine, J. E. (2001). In vivo gonadotropin-releasing hormone secretion in female rats during peripubertal development and on proestrus. *Endocrinology*, 142(7), 2929-2936. <https://doi.org/10.1210/endo.142.7.8239>
- Sisk, C. L., & Zehr, J. L. (2005). Pubertal hormones organize the adolescent brain and behavior. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 26(3-4), 163-174.
<https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2005.10.003>
- Smith, C. D., Chebrolu, H., Wekstein, D. R., Schmitt, F. A., & Markesbery, W. R. (2007). Age and gender effects on human brain anatomy: a voxel-based morphometric study in healthy elderly. *Neurobiology of Aging*, 28(7), 1075-1087. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2006.05.018>
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Tessner, K. D., & Toga, A. W. (2001). Mapping continued brain growth and gray matter density reduction in dorsal frontal cortex: Inverse relationships during postadolescent brain maturation. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 21(22), 8819-8829.
- Spence, J. T., Helmreich, R., & Stapp, J. (1975). Ratings of self and peers on sex role attributes and their relation to self-esteem and conceptions of masculinity and femininity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 32, 29-39. <https://doi.org/10.1037/h0076857>
- Steinmetz, H., Staiger, J. F., Schlaug, G., Huang, Y., & Jancke, L. (1995). Corpus callosum and brain volume in women and men. *Neuroreport*, 6(7), 1002-1004. <https://doi.org/10.1097/00001756-199505090-00013>
- Stroessner, S. J. (1996). Social categorization by race or sex: Effects of perceived non-normalcy on response times. *Social Cognition*, 14(3), 247-276. [https://doi.org/DOI 10.1521/soco.1996.14.3.247](https://doi.org/DOI%2010.1521/soco.1996.14.3.247)
- Sublette, M. E., Galfalvy, H. C., Oquendo, M. A., Bart, C. P., Schneck, N., Arango, V., & Mann, J. J. (2016). Relationship of recent stress to amygdala volume in depressed and healthy adults. *Journal of Affective Disorders*, 203, 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.05.036>
- Sullivan, E. V., Rosenbloom, M. J., Desmond, J. E., & Pfefferbaum, A. (2001). Sex differences in corpus callosum size: relationship to age and

- intracranial size. *Neurobiology of Aging*, 22(4), 603-611.
[https://doi.org/10.1016/s0197-4580\(01\)00232-9](https://doi.org/10.1016/s0197-4580(01)00232-9)
- Swaab, D. F. (2007). Sexual differentiation of the brain and behavior. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, 21(3), 431-444. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2007.04.003>
- Taki, Y., Thyreau, B., Kinomura, S., Sato, K., Goto, R., Kawashima, R., & Fukuda, H. (2011). Correlations among brain gray matter volumes, age, gender, and hemisphere in healthy individuals. *PloS One*, 6(7), e22734. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022734>
- Tannenbaum, C., Ellis, R. P., Eyssel, F., Zou, J., & Schiebinger, L. (2019). Sex and gender analysis improves science and engineering. *Nature*, 575(7781), 137-146. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1657-6>
- Todorov, A., Olivola, C. Y., Dotsch, R., & Mende-Siedlecki, P. (2015). Social attributions from faces: determinants, consequences, accuracy, and functional significance. *Annual Review of Psychology*, 66, 519-545. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143831>
- Tübingen, U. *Leistungsverzeichnis Zentrallaboratorium Universitätsklinikum Tübingen* <https://labor.medizin.uni-tuebingen.de/index.php> letzter Zugriff: 14.12.2022. <https://labor.medizin.uni-tuebingen.de/index.php>
- van der Plas, E. A., Boes, A. D., Wemmie, J. A., Tranel, D., & Nopoulos, P. (2010). Amygdala volume correlates positively with fearfulness in normal healthy girls. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 5(4), 424-431. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq009>
- van Eijk, L., Hansell, N. K., Strike, L. T., Couvy-Duchesne, B., de Zubicaray, G. I., Thompson, P. M., McMahon, K. L., Zietsch, B. P., & Wright, M. J. (2020). Region-specific sex differences in the hippocampus. *Neuroimage*, 215, 116781. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116781>
- van Tetering, M., van der Donk, M., de Groot, R. H. M., & Jolles, J. (2019). Sex Differences in the Performance of 7-12 Year Olds on a Mental Rotation Task and the Relation With Arithmetic Performance. *Frontiers in Psychology*, 10, 107. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00107>
- Vermeulen, A., Verdonck, L., & Kaufman, J. M. (1999). A critical evaluation of simple methods for the estimation of free testosterone in serum. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 84(10), 3666-3672. <https://doi.org/10.1210/jcem.84.10.6079>
- Voyer, D., & Jansen, P. (2016). Sex differences in chronometric mental rotation with human bodies. *Psychological Research*, 80(6), 974-984. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0701-x>
- Watson, T. L., Otsuka, Y., & Clifford, C. W. (2016). Who are you expecting? Biases in face perception reveal prior expectations for sex and age. *Journal of vision*, 16(3), 5. <https://doi.org/10.1167/16.3.5>
- Weis, S., Patil, K. R., Hoffstaedter, F., Nostro, A., Yeo, B. T. T., & Eickhoff, S. B. (2020). Sex Classification by Resting State Brain Connectivity. *Cerebral Cortex*, 30(2), 824-835. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhz129>
- Whetton, C., & Swindells, T. (1977). A factor analysis of the Bem Sex-Role Inventory. *Journal of Clinical Psychology*, 33(1), 150-153.

- [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(197701\)33:1+<150::aid-jclp2270330131>3.0.co;2-f](https://doi.org/10.1002/1097-4679(197701)33:1+<150::aid-jclp2270330131>3.0.co;2-f)
- Wierenga, L. M., Ruigrok, A., Aksnes, E. R., Barth, C., Beck, D., Burke, S., Crestol, A., van Drunen, L., Ferrara, M., Galea, L. A. M., Goddings, A.-L., Hausmann, M., Homanen, I., Klinge, I., de Lange, A.-M., Ouwerkerk, L., van der Miesen, A., Proppert, R., Rieble, C., . . . Bos, M. G. N. (2024). Recommendations for a Better Understanding of Sex and Gender in the Neuroscience of Mental Health. *Biological Psychiatry Global Open Science*, 4(2), 100283.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bpsgos.2023.100283>
- Winter, S., Diamond, M., Green, J., Karasic, D., Reed, T., Whittle, S., & Wylie, K. (2016). Transgender people: health at the margins of society. *Lancet*, 388(10042), 390-400. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00683-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00683-8)
- Wittchen, H.-U., Wunderlich, U., Gruschwitz, S., & Zaudig, M. (1997). *SKID I. Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV. Achse I: Psychische Störungen. Interviewheft und Beurteilungsheft. Eine deutschsprachige, erweiterte Bearb. d. amerikanischen Originalversion des SKID I* Hogrefe.
<https://hdl.handle.net/11858/00-001M-0000-000E-AAB0-6>
- Witte, A. V., Savli, M., Holik, A., Kasper, S., & Lanzenberger, R. (2010). Regional sex differences in grey matter volume are associated with sex hormones in the young adult human brain. *Neuroimage*, 49(2), 1205-1212. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.046>
- Wolffhechel, K., Fagertun, J., Jacobsen, U. P., Majewski, W., Hemmingsen, A. S., Larsen, C. L., Lorentzen, S. K., & Jarmer, H. (2014). Interpretation of appearance: the effect of facial features on first impressions and personality. *PloS One*, 9(9), e107721.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107721>
- Wood, J. L., Heitmiller, D., Andreasen, N. C., & Nopoulos, P. (2008a). Morphology of the ventral frontal cortex: relationship to femininity and social cognition. *Cerebral Cortex*, 18(3), 534-540.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhm079>
- Wood, J. L., Murko, V., & Nopoulos, P. (2008b). Ventral frontal cortex in children: morphology, social cognition and femininity/masculinity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 3(2), 168-176.
<https://doi.org/10.1093/scan/nsn010>
- Woolard, A. A., & Heckers, S. (2012). Anatomical and functional correlates of human hippocampal volume asymmetry. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 201(1), 48-53.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2011.07.016>
- Zschocke, J. (2018). Molekulare Grundlagen. In *Basiswissen Humangenetik* (pp. 7-38). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56147-8_2

8 Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie des Universitätsklinikum Tübingen unter Betreuung von Frau Professorin Dr. Birgit Derntl und Melina Grahlow, MSc durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Prof. Dr. Birgit Derntl und Prof. Dr. Ute Habel.

Die Versuche wurden von mir sowie von Melina Grahlow, MSc und Carolin Lewis, MSc in Tübingen und von Sarah Friedrich, MSc in Aachen durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig durch mich.

Ich versichere, die Doktorarbeit selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den

9 Veröffentlichungen

Götz, J., Lewis, C., Grahlow, M., Friedrich, S., Hüpen, P., Habel, U., Derntl, B.,
Using sex and gender for grey matter and total intracranial volume prediction
provides best results. Poster presented at: Organization of Human Brain
Mapping; June 19-23, 2022; Glasgow, UK

10 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank allen, die mich im Verlauf meiner Dissertation begleitet haben, aussprechen.

Im Besonderen möchte ich meiner Betreuerin Melina Grahlow für ihre durchgehend große Unterstützung bei der Ausführung der Studie, der Datenauswertung und der Anfertigung der Dissertation danken. Ich weiß die umgehenden Rückmeldungen und ausführlichen, ermutigenden Gespräche, welche mich immer wieder motiviert haben, sehr zu schätzen. Außerdem möchte ich ein großes Dankeschön an meine Doktormutter Professorin Dr. Birgit Derntl, die mich in der Zeit der Promotion hervorragend betreut hat und stets unterstützend zur Seite stand, aussprechen. Ebenso möchte ich für die Möglichkeit an der OHBM teilzunehmen und die Förderung diesbezüglich ausdrücklich bedanken. Ich schätze diese Erfahrung sehr.

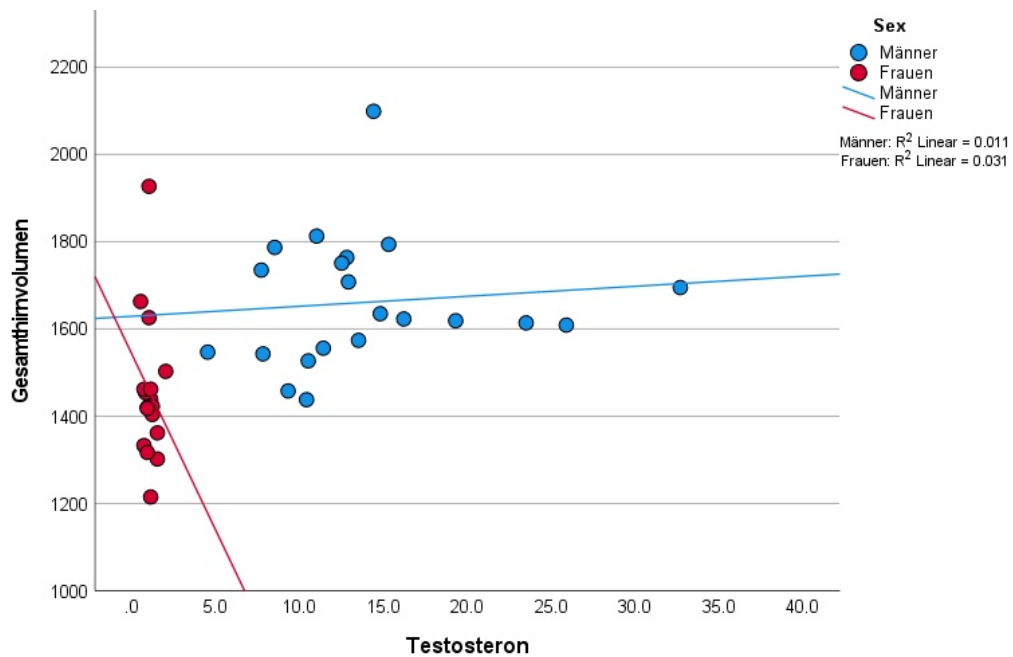
Ebenso möchte ich mich bei allen, die mich während der MRT-Messungen, im Besonderen den Gruppenmitgliedern der Arbeitsgruppe, und bei der Ausbildung zur Super-Userin, hier auch dem Team der Biomedizinischen Magnetresonanz, unterstützt haben, danken.

Ein weiteres Dankeschön geht an die gesamten Arbeitsgruppe Psychische Gesundheit & Gehirnfunktion von Frauen. Ich habe mich während meiner Zeit in der Gruppe sehr angekommen gefühlt, durfte anregende und inspirierende Gespräche führen und habe durch die Gruppentreffen wertvolle Rückmeldung erhalten.

Für die finanzielle und ideelle Unterstützung möchte ich dem Interdisziplinärem Promotionskolleg Medizin der Medizinischen Fakultät Tübingen danken.

Zuletzt möchte in einen großen Dank meiner Familie und meinen Freund:innen aussprechen, die immer ein offenes Ohr hatten, mich ermutigt und motiviert haben und mich so auf meinem gesamten Weg unterstützend begleitet haben.

11 Anhang A



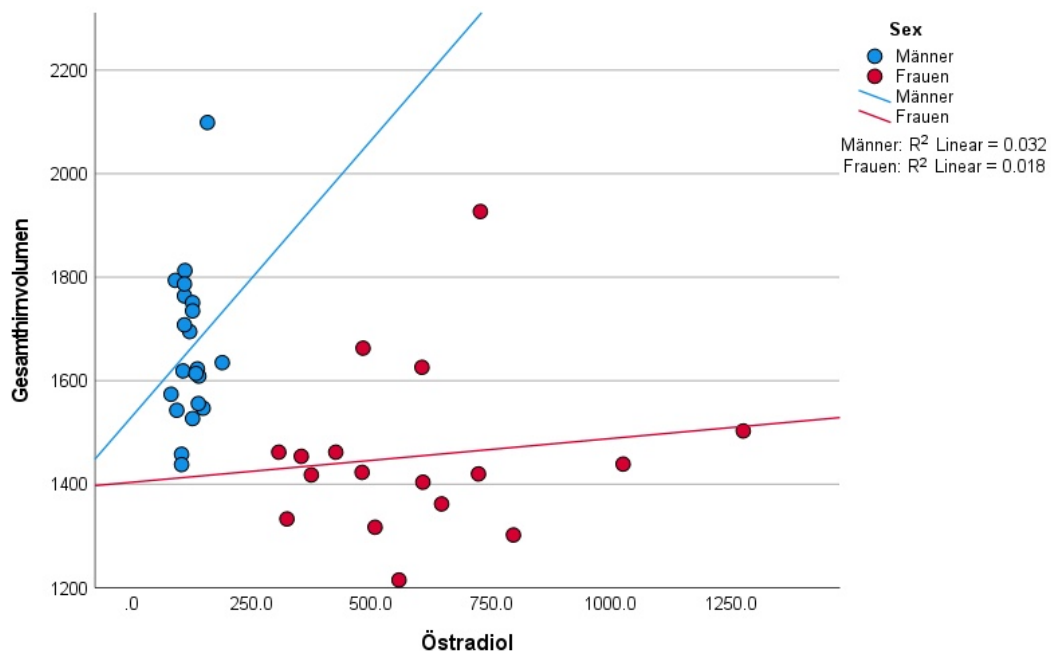


Abbildung A 3 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm³] und Östradiol [pmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

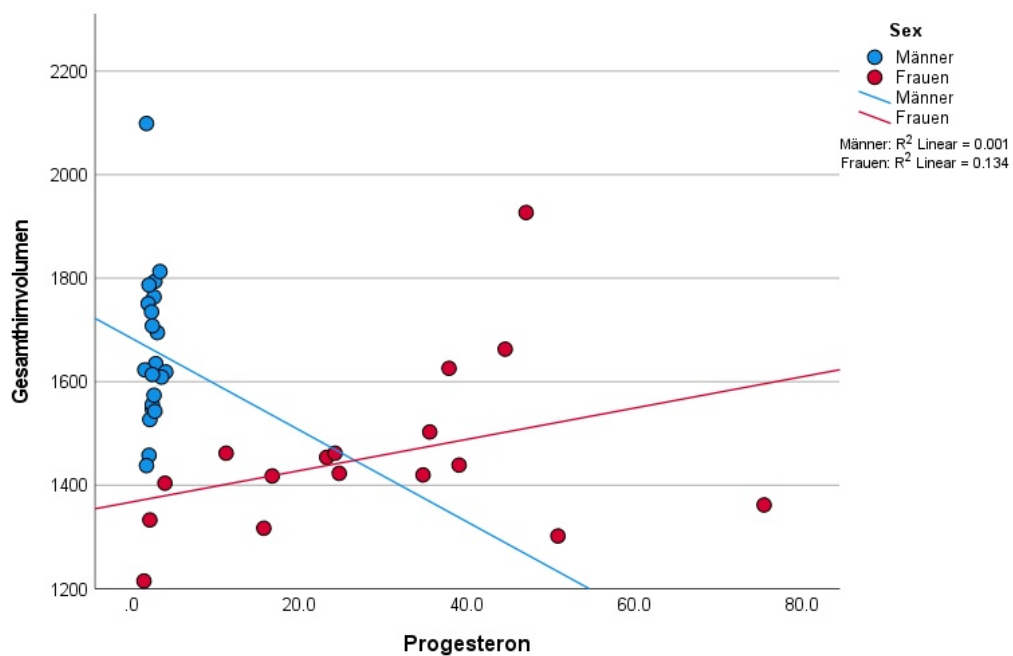


Abbildung A 4 Lineare Regression: Gesamthirnvolumen [cm³] und Progesteron [nmol/l] mit Regressionsgeraden für Frauen (rot) und Männer (blau) separat, * $p < .05$

Table A 1 Prädiktion des Gesamthirnvolumens unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	1534.71	228.48		6.72	< .001
GERAS-Feminin	7.52	49.78	0.03	0.15	0.88
$N = 38; R^2 = 0.001; R^2_{korrigiert} = -0.03; F(1,36) = 0.02; p = .881$					
Konstante	1844.96	294.50		6.27	< .001
BSRI-Feminin	-58.76	62.37	-0.16	-0.94	0.35
$N = 38; R^2 = 0.02; R^2_{korrigiert} = -0.003; F(1,36) = 0.89; p = .352$					

Table A 2 Prädiktion des Gesamthirnvolumens bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	1357.03	252.08		5.38	< .001
GERAS-Feminin	69.09	56.76	0.27	1.22	.238
$N = 21; R^2 = 0.07; R^2_{korrigiert} = 0.02; F(1,19) = 1.48; p = 0.238$					
Konstante	1297.06	240.83		5.39	< .001
BSRI-Maskulin	78.39	51.38	0.33	1.53	.144
$N = 21; R^2 = 0.11; R^2_{korrigiert} = 0.06; F(1,19) = 2.33; p = .144$					
Konstante	1632.88	325.87		5.01	< .001
BSRI-Feminin	6.13	69.71	0.02	0.09	0.931
$N = 21; R^2 = 0.0004; R^2_{korrigiert} = -0.05; F(1,19) = 0.01; p = .931$					
Konstante	1661.56	31.48		52.78	< .001
BSRI-Androgyn	75.33	51.88	0.32	1.45	.163
$N = 21; R^2 = 0.10; R^2_{korrigiert} = 0.05; F(1,19) = 2.11; p = .163$					
Konstante	1629.24	78.70		20.70	< .001
Testosteron	2.29	5.09	0.10	0.45	.658
$N = 21; R^2 = 0.01; R^2_{korrigiert} = -0.04; F(1,19) = 0.20; p = .658$					
Konstante	1632.96	92.46		17.67	< .001
Freies Testosteron	125.98	305.74	0.10	0.41	.685

$N = 19; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,17) = 0.17; p = .685$					
Konstante	1531.67	166.75		9.19	< .001
Östradiol	1.08	1.35	0.18	0.80	.437
$N = 21; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(1,19) = 0.63; p = .437$					
Konstante	1683.32	139.60		12.06	< .001
Progesteron	-8.86	54.76	-0.04	-0.16	.873
$N = 21; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.03; p = .873$					

Tabelle A 3 Prädiktion des Gesamthirnvolumens bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	1259.75	309.70		4.07	0.001
GERAS-Feminin	41.24	64.96	0.16	0.64	.535
$N = 17; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.04; F(1,15) = 0.40; p = .535$					
Konstante	1864.66	390.44		4.78	< .001
BSRI-Feminin	-86.20	81.68	-0.26	-1.06	.308
$N = 17; R^2 = 0.07; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.01; F(1,15) = 1.11; p = .308$					
Konstante	1540.60	130.34		11.82	< .001
Testosteron	-80.67	116.42	-0.18	-0.69	.499
$N = 17; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,15) = 0.48; p = .499$					
Konstante	1414.51	89.90		15.73	< .001
Freies Testosteron	1444.84	6403.02	0.07	0.23	.825
$N = 14; R^2 = 0.004; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.08; F(1,12) = 0.05; p = .825$					
Konstante	1403.94	106.01		13.24	< .001
Östradiol	0.09	0.16	0.13	0.52	.612
$N=17; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,15) = 0.27; p = .612$					
Konstante	1367.93	68.48		19.98	< .001
Progesteron	3.02	1.98	0.37	1.53	.148
$N = 17; R^2 = 0.13; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.08; F(1,15) = 2.33; p = .148$					

Table A 4 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Absolutes Volumen der grauen Substanz					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	768.33	114.70		6.70	< .001
GERAS-Feminin	-1.65	24.99	-0.01	-0.07	0.948
$N = 38; R^2 = 0.0001; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(1,36) = 0.004; p = .948$					
Konstante	883.50	148.19		5.96	< .001
BSRI-Feminin	-26.11	31.38	-0.14	-0.83	0.411
$N = 38; R^2 = 0.02; R^2_{\text{koriert}} = -0.01; F(1,36) = 0.69; p = .411$					

Table A 5 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Absolutes Volumen der grauen Substanz					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	571.97	117.23		4.88	< .001
GERAS-Maskulin	49.13	25.31	0.41	1.94	0.067
$N = 21; R^2 = 0.17; R^2_{\text{koriert}} = 0.12; F(1,19) = 3.77; p = .067$					
Konstante	687.03	148.98		4.59	< .001
GERAS-Feminin	25.63	33.54	0.17	0.76	0.454
$N = 21; R^2 = 0.03; R^2_{\text{koriert}} = -0.02; F(1,19) = 0.58; p = 0.45$					
Konstante	627.784	142.16		4.42	< .001
BSRI-Maskulin	36.40	30.33	0.27	1.20	.245
$N = 21; R^2 = 0.07; R^2_{\text{koriert}} = 0.02; F(1,19) = 1.44; p = 0.245$					
Konstante	821.35	188.26		4.36	< .001
BSRI-Feminin	-5.25	40.28	-0.03	-0.13	0.898
$N = 21; R^2 = 0.001; R^2_{\text{koriert}} = -0.05; F(1,19) = 0.02; p = 0.898$					
Konstante	797.05	18.35		43.44	< .001
BSRI-Androgyn	39.96	30.24	0.29	1.32	0.202
$N = 21; R^2 = 0.08; R^2_{\text{koriert}} = 0.04; F(1,19) = 1.75; p = 0.202$					
Konstante	775.33	45.39		17.08	< .001

Testosteron	1.54	2.93	0.12	0.53	.606
$N = 21; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.04; F(1,19) = 0.28; p = .606$					
Konstante	763.72	53.36		14.31	< .001
Freies Testosteron	115.86	176.46	0.16	0.66	.520
$N = 19; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,17) = 0.43; p = .520$					
Konstante	721.30	96.33		7.49	< .001
Östradiol	0.62	0.78	0.18	0.80	.433
$N = 21; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(1,19) = 0.64; p = .433$					
Konstante	849.91	79.75		10.66	< .001
Progesteron	-21.39	31.29	-0.16	-0.68	.503
$N = 21; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,19) = 0.47; p = .503$					

Table A 6 Prädiktion des absoluten Volumens der grauen Substanz bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Absolutes Volumen der grauen Substanz					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	499.43	104.16		4.80	< .001
GERAS-Maskulin	54.97	25.99	0.48	2.12	0.052
$N = 17; R^2 = 0.23; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.18; F(1,15) = 4.47; p = .052$					
Konstante	680.41	159.99		4.25	.001
GERAS-Feminin	7.58	33.56	0.06	0.23	.824
$N = 17; R^2 = 0.003; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.06; F(1,15) = 0.051; p = .824$					
Konstante	866.31	202.95		4.27	.001
BSRI-Feminin	-31.56	42.46	-0.19	-0.74	0.469
$N = 17; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,15) = 0.55; p = .469$					
Konstante	742.22	67.25		11.04	< .001
Testosteron	-24.41	60.07	-0.10	-0.41	.690
$N = 17; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.06; F(1,15) = 0.17; p = .690$					
Konstante	676.38	51.01		13.26	< .001
Freies Testosteron	2513.60	3632.60	0.20	0.69	.502
$N = 14; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.04; F(1,12) = 0.48; p = .502$					
Konstante	691.95	54.20		12.77	< .001
Östradiol	0.04	0.08	0.12	0.49	.635

$N = 17; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korr}} = -0.05; F(1,15) = 0.24; p = .635$

Konstante	683.45	36.15		18.90	< .001
Progesteron	1.15	1.05	0.27	1.10	.288

$N = 17; R^2 = 0.08; R^2_{\text{korr}} = 0.01; F(1,15) = 1.21; p = .288$

Tabelle A 7 Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	47.93	0.47		100.79	< .001
Sex	1.32	0.71	0.30	1.86	.071
$N = 38; R^2 = 0.09; R^2_{\text{korr}} = 0.06; F(1,36) = 3.47; p = .071$					
Konstante	52.31	2.01		26.07	< .001
GERAS- Maskulin	-0.88	0.46	-0.31	-1.92	.063
$N = 38; R^2 = 0.09; R^2_{\text{korr}} = 0.07; F(1,36) = 3.68; p = .063$					
Konstante	49.95	2.77		18.05	<.001
GERAS- Feminin	-0.32	0.60	-0.09	-0.52	.605
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korr}} = -0.02; F(1,36) = 0.27; p = .605$					
Konstante	50.85	2.35		21.67	< .001
Sex	0.92	0.77	0.21	1.19	.243
GERAS- Maskulin	-0.64	0.50	-0.22	-1.27	.231
$N = 38; R^2 = 0.13; R^2_{\text{korr}} = 0.08; F(2,35) = 2.57; p = .091$					
Konstante	50.75	2.68		18.97	< .001
Sex	1.53	0.74	0.34	2.08	.045
GERAS- Feminin	-0.64	0.60	-0.18	-1.07	.291
$N = 38; R^2 = 0.12; R^2_{\text{korr}} = 0.07; F(2,35) = 2.32; p = .114$					
Konstante	49.62	2.47		20.11	< .001
BSRI- Maskulin	-0.21	0.54	-0.08	-0.45	.656
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korr}} = -0.02; F(1,36) = 0.20; p = .656$					
Konstante	47.18	3.62		13.04	< .001
BSRI- Feminin	0.29	0.77	0.06	0.37	.712
$N = 38; R^2 = 0.004; R^2_{\text{korr}} = -0.02; F(1,36) = 0.14; p = .712$					

Konstante	48.47	0.38		129.25	< .001
BSRI-Androgyn	-0.32	0.49	-0.11	-0.65	.521
$N = 38; R^2 = 0.012; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(1,36) = 0.42; p = .521$					
Konstante	48.35	2.50		19.35	< .001
Sex	1.30	0.73	0.29	1.79	.083
BSRI-Maskulin	-0.09	0.53	-0.03	-0.17	.865
$N = 38; R^2 = 0.09; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.04; F(2,35) = 1.70; p = .197$					
Konstante	47.29	3.51		13.48	< .001
Sex	1.31	0.73	0.29	1.81	.079
BSRI-Feminin	0.14	0.75	0.03	0.19	.855
$N = 38; R^2 = 0.09; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.04; F(2,35) = 1.71; p = .196$					
Konstante	47.93	0.48		99.49	.001
Sex	1.28	0.74	0.29	1.74	.091
BSRI-Androgyn	-0.13	0.48	-0.05	-0.28	.783
$N = 38; R^2 = 0.09; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.04; F(2,35) = 1.73; p = .192$					

Tabelle A 8 Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen bei Männern unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	48.90	2.89		16.92	< .001
GERAS-Maskulin	-0.21	0.62	-0.08	-0.34	.737
$N = 21; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.12; p = .737$					
Konstante	50.01	3.39		14.78	< .001
GERAS-Feminin	-0.47	0.76	-0.14	-0.62	.543
$N = 21; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,19) = 0.38; p = .543$					
Konstante	48.26	3.33		14.49	< .001
BSRI-Maskulin	-0.07	0.71	-0.02	-0.10	.922
$N = 21; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.01; p = .922$					
Konstante	50.49	4.21		11.98	< .001
BSRI-	-0.55	0.90	-0.14	-0.61	.549

Feminin

$N = 21; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,19) = 0.37; p = .549$					
Konstante	47.93	0.43		111.04	< .001
BSRI-Androgyn	0.27	0.71	0.09	0.38	.712
$N = 21; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.14; p = .712$					
Konstante	47.57	1.03		46.23	< .001
Testosteron	0.03	0.07	0.09	0.04	.708
$N = 21; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.15; p = .708$					
Konstante	46.76	1.07		43.57	< .001
Freies Testosteron	3.25	3.55	0.22	0.92	.373
$N = 19; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.01; F(1,17) = 0.84; p = .373$					
Konstante	47.55	2.21		21.50	< .001
Östradiol	0.003	0.02	0.04	0,18	.863
$N = 21; R^2 = 0.002; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.03; p = .863$					
Konstante	50.09	1.75		28.60	< .001
Progesteron	-0.87	0.69	-0.28	-1.27	.220
$N = 21; R^2 = ;0.08 R^2_{\text{korrigiert}} = 0.03; F(1,19) = 1.61; p = .220$					

Tabelle A 9 Prädiktion des Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen bei Frauen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Anteils der grauen Substanz am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	53.75	3.23		16.40	< .001
GERAS-Maskulin	-1.14	0.82	-0.34	-1.40	.184
$N = 17; R^2 = 0.12; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.06; F(1,15) = 1.94; p = .184$					
Konstante	53.08	4.60		11.55	< .001
GERAS-Feminin	-0.81	0.96	-0.21	-0.84	.414
$N = 17; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(1,15) = 0.71; p = .414$					
Konstante	49.72	3.64		13.66	< .001
BSRI-Maskulin	-0.11	0.81	-0.03	-0.13	.898
$N = 17; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.06; F(1,15) = 0.02; p = .898$					
Konstante	44.69	5.95		7.51	< .001

BSRI-Feminin	0.96	1.24	0.20	0.77	.452
$N = 17; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,15) = 0.60; p = .452$					
Konstante	49.13	0.65		75.63	< .001
BSRI-Androgyn	-0.37	0.69	-0.14	-0.54	.600
$N = 17; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,15) = 0.29; p = .600$					
Konstante	48.13	1.96		25.54	< .001
Testosteron	0.98	1.75	0.14	0.56	.586
$N = 17; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,15) = ;0.31 p = .586$					
Konstante	47.80	1.98		24.13	< .001
Freies Testosteron	127.38	141.12	0.25	0.90	.384
$N = 14; R^2 = 0.06; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.01, F(1,12) = 0.82; p = .384$					
Konstante	49.33	1.60		30.78	< .001
Östradiol	-0.0001	0.002	-0.01	-0.05	.959
$N = 17; R^2 = 0.0002; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.07, F(1,15) = 0.003; p = .959$					
Konstante	49.91	1.08		46.04	< .001
Progesteron	-0.02	0.03	-0.19	-0.73	.476
$N = 17; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,15) = 0.53; p = .476$					

Tabelle A 10 Prädiktion des Volumens der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.001	0.00002		63.59	< .001
Sex	-0.000011	0.00003	-0.06	-0.36	.725
$N = 38; R^2 = 0.003; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,36) = 0.13; p = .725$					
Konstante	0.001	0.000086		14.77	< .001
GERAS-Maskulin	0.000004	0.000020	0.03	0.18	.857
$N = 38; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,36) = 0.03; p = .857$					
Konstante	0.001	0.000111		12.91	< .001
GERAS-Feminin	-0.000032	0.000024	-0.22	-1.32	.195
$N = 38; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.02; F(1,36) = 1.74; p = .195$					
Konstante	0.001	0.000102		12.56	< .001

Sex	-0.000010	0.000034	-0.06	-0.30	.763
GERAS-Maskulin	$8.26 * 10^{-7}$	0.000022	0.01	0.04	.970
$N = 38; R^2 = 0.004; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(2,35) = 0.06; p = .940$					
Konstante	0.001	0.000113		12.60	< .001
Sex	$-5.77 * 10^{-7}$	0.000031	-0.003	-0.02	.986
GERAS-Feminin	-0.000032	0.000025	-0.21	-1.25	.219
$N = 38; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.01; F(2,35) = 0.85; p = .437$					
Konstante	0.001	0.000100		12.15	< .001
BSRI-Maskulin	0.000014	0.000022	0.11	0.66	.516
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(1,36) = 0.43; p = .516$					
Konstante	0.001	0.000148		8.90	< .001
BSRI-Feminin	-0.000007	0.000031	-0.035	-0.21	.836
$N = 38; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,36) = 0.04; p = .836$					
Konstante	0.001	0.000015		84.24	< .001
BSRI-Androgyn	0.000014	0.000020	0.12	0.73	.469
$N = 38; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.01; F(1,36) = 0.54; p = .469$					
Konstante	0.001	0.000106		11.57	< .001
Sex	-0.000008	0.000031	-0.04	-0.25	.803
BSRI-Maskulin	0.000013	0.000022	0.10	0.60	.553
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.04; F(2,35) = 0.24; p = .787$					
Konstante	0.001	0.000150		8.79	< .001
Sex	-0.000010	0.000031	-0.06	-0.33	.744
BSRI-Feminin	-0.000005	0.000032	-0.03	-0.17	.867
$N = 38; R^2 = 0.004; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(2,35) = 0.08; p = .927$					
Konstante	0.001	0.000020		63.09	< .001
Sex	-0.000006	0.000031	-0.04	-0.20	.841
BSRI-Androgyn	0.000014	0.000021	0.11	0.66	.513
$N = 38; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.04; F(2,35) = 0.28; p = .757$					

Table A 11 Prädiktion des Volumens der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Amygdala relativ am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.001	0.000044		27.16	< .001
Testosteron	0.000007	0.000003	0.50	2.54	.020
$N = 21; R^2 = 0.25; R^2_{\text{koriert}} = 0.21; F(1,19) = 6.45; p = .020$					
Konstante	0.001	0.000049		23.73	< .001
Freies Testosteron	0.000016	0.000007	0.500	2.38	.029
$N = 19; R^2 = 0.25; R^2_{\text{koriert}} = 0.21; F(1,17) = 5.66; p = .029$					
Konstante	0.001	0.0001		11.12	< .001
Östradiol	0.000002	$7.95 \cdot 10^{-7}$	0.42	2.01	.059
$N = 21; R^2 = 0.175; R^2_{\text{koriert}} = 0.132; F(1,19) = 4.03; p = .059$					
Konstante	0.001	0.000088		13.87	< .001
Progesteron	0.000029	0.000034	0.19	0.83	.417
$N = 21; R^2 = 0.04; R^2_{\text{koriert}} = -0.02; F(1,19) = 0.69; p = .417$					

Table A 12 Prädiktion des Volumens der Amygdala anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Amygdala relativ am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.001	0.000073		17.15	< .001
Testosteron	0.000029	0.000065	0.11	0.44	.666
$N = ;17 R^2 = 0.11; R^2_{\text{koriert}} = 0.01; F(1,15) = 0.19; p = .666$					
Konstante	0.001	0.000070		18.22	< .001
Freies Testosteron	$-8,08 \cdot 10^{-7}$	0.000220	-0.001	-0.004	.997
$N = 14; R^2 = 0.000001; R^2_{\text{koriert}} = -0.08; F(1,12) = 0.00001; p = .997$					
Konstante	0.001	0,000059		21.99	< .001
Östradiol	$-2.95 \cdot 10^{-8}$	$9.06 \cdot 10^{-8}$	-0.08	-0.33	.749
$N = 17; R^2 = 0.08; R^2_{\text{koriert}} = 0.02; F(1,15) = 0.11; p = .749$					
Konstante	0.001	0.000038		35.26	< .001
Progesteron	-0.000002	0.000001	-0.38	-1.59	.133
$N = 17; R^2 = 0.14; R^2_{\text{koriert}} = 0.09; F(1,15) = 2.52; p = .133$					

Tabelle A 13 Prädiktion des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: linker Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.002	0.00003		68.71	< .001
Sex	0.00004	0.00005	0.13	0.79	.432
$N = 38; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korr}} = -0.01; F(1,36) = 0.63; p = .432$					
Konstante	0.003	0.0001		22.73	< .001
GERAS- Maskulin	-0.0001	0.00003	-0.53	-3.71	< .001
$N = 38; R^2 = 0.28; R^2_{\text{korr}} = 0.26; F(136,) = 13.79; p < .001$					
Konstante	0.003	0.0001		19.53	< .001
Sex	-0.00003	0.00004	-0.10	-0.66	.515
GERAS- Maskulin	-0.0001	0.00003	-0.57	-3.63	< .001
$N = 38; R^2 = 0.29; R^2_{\text{korr}} = 0.25; F(2,35) = 7.00; p = .003$					
Konstante	0.002	0.0002		11.50	< .001
GERAS- Feminin	0.00004	0.00004	0.16	0.98	.334
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korr}} = -0.001; F(1,36) = 0.96; p = .334$					
Konstante	0.002	0.0002		11.35	< .001
Sex	0.00003	0.00005	0.10	0.56	.582
GERAS- Feminin	0.00003	0.00004	0.14	0.79	.435
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korr}} = -0.02; F(2,35) = 0.63; p = .542$					
Konstante	0.002	0.0002		15.07	< .001
BSRI-Maskulin	-0.00004	0.00003	-0.17	-1.06	.298
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korr}} = 0.003; F(1,36) = 1.12; p = .298$					
Konstante	0.002	0.0002		14.15	< .001
Sex	0,00003	0.00005	0.11	0.63	.531
BSRI-Maskulin	-0.00003	0.00003	-0.16	-0.93	.357
$N = 38; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korr}} = -0.01; F(2,35) = 0.749; p = .480$					
Konstante	0.002	0.0002		7.74	< .001
BSRI- Feminin	0.0001	0.00005	0.38	2.47	.018
$N = 38; R^2 = 0.15; R^2_{\text{korr}} = 0.12; F(1,36) = 6.09; p = .018$					

Konstante	0.002	0.00002		98.36	< .001
BSRI-Androgyn	-0.00007	0.00003	-0.40	-2.62	.013
<i>N</i> = 38; <i>R</i> ² = 0.16; <i>R</i> ² _{korrigiert} = 0.14; <i>F</i> (1,36) = 6.86; <i>p</i> = .013					
Konstante	0.002	0.0002		7.68	< .001
Sex	0.00003	0.00004	0.09	0.58	.566
BSRI-Feminin	0.0001	0.00005	0.37	2.37	.024
<i>N</i> = 38; <i>R</i> ² = 0.15; <i>R</i> ² _{korrigiert} = 0.010; <i>F</i> (2,35) = 3.16; <i>p</i> = .055					
Konstante	0.002	0.00003		73.37	< .001
Sex	0.00001	0.00005	0.05	0.30	.766
BSRI-Androgyn	-0.00007	0.00003	-0.39	-2.46	.019
<i>N</i> = 38; <i>R</i> ² = 0.16; <i>R</i> ² _{korrigiert} = 0.11; <i>F</i> (2,35) = 3.39; <i>p</i> = .045					

Table A 14 Prädiktion des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: linker Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz <i>p</i>
Konstante	0.002	0.00006		35.95	< .001
Testosteron	0.000003	0.000004	0.206	0.92	.370
<i>N</i> = 21; <i>R</i> ² = 0.04; <i>R</i> ² _{korrigiert} = - 0.01; <i>F</i> (1,19) = 0.84; <i>p</i> = .370					
Konstante	0.002	0.00007		30.39	< .001
Freies Testosteron	0.000009	0.000009	0.239	1.02	.324
<i>N</i> = 19; <i>R</i> ² = 0.06; <i>R</i> ² _{korrigiert} = 0.002; <i>F</i> (1,17) = 1.03; <i>p</i> = .324					
Konstante	0.002	0.0001		16.26	< .001
Östradiol	0.000001	9.84* 10 ⁻⁷	0.29	1.33	.200
<i>N</i> = 21; <i>R</i> ² = 0.09; <i>R</i> ² _{korrigiert} = 0.04; <i>F</i> (1,19) = 1.77; <i>p</i> = .200					
Konstante	0.002	0.0001		19.99	< .001
Progesteron	0.00003	0.00004	0.14	0.61	.547
<i>N</i> = 21; <i>R</i> ² = 0.02; <i>R</i> ² _{korrigiert} = - 0.03; <i>F</i> (1,19) = 0.38; <i>p</i> = .547					

Tabelle A 15 Prädiktion des Volumens des linken Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: linker Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.002	0.0001		15.01	< .001
Testosteron	0.0001	0.0001	0.19	0.77	.455
$N = 17; R^2 = 0.04; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(1,15) = 0.59; p = .455$					
Konstante	0.002	0.0001		15.45	< .001
Freies Testosteron	0.00004	0.0004	0.03	0.09	.932
$N = 14; R^2 = 0.001; R^2_{\text{koriert}} = -0.08; F(1,12) = 0.01; p = .932$					
Konstante	0.002	0.000109		21.14	< .001
Östradiol	$-2.02 \cdot 10^{-7}$	$1.67 \cdot 10^{-7}$	-0.30	-1.21	.245
$N = 17; R^2 = 0.09; R^2_{\text{koriert}} = 0.03; F(1,15) = 1.47; p = .245$					
Konstante	0.002	0.00008		30.14	< .001
Progesteron	-0.000003	0.000002	-0.30	-1.22	.241
$N = ;17 R^2 = 0.09; R^2_{\text{koriert}} = 0.03; F(1,15) = 1.49; p = .241$					

Tabelle A 16 Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: rechter Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.002	0.00003		68.68	< .001
Sex	0.00006	0.00005	0.18	1.11	.275
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{koriert}} = 0.01; F(1,36) = 1.23; p = .275$					
Konstante	0.003	0.0001		23.24	< .001
GERAS-Maskulin	-0.0001	0.00003	-0.55	-3.97	< .001
$N = 38; R^2 = 0.30; R^2_{\text{koriert}} = 0.29; F(1,36) = 15.73; p < .001$					
Konstante	0.003	0.0001		19.71	< .001
Sex	-0.00002	0.00005	-0.06	-0.36	.725
GERAS-Maskulin	-0.0001	0.00003	-0.58	-3.72	< .001
$N = 38; R^2 = 0.31; R^2_{\text{koriert}} = 0.27; F(2,35) = 7.74; p = .002$					
Konstante	0.002	0.0002		12.45	< .001

GERAS-Feminin	-0.000009	0.00004	-0.04	-0.21	.836
$N = 38; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,36) = 0.04; p = .836$					
Konstante	0.002	0.0002		12.56	< .001
Sex	0.00006	0.00005	0.21	1.19	.241
GERAS-Feminin	-0.00002	0.00004	-0.09	-0.52	.610
$N = 39; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(2,35) = 0.74; p = .487$					
Konstante	0.003	0.0002		15.46	< .001
BSRI-Maskulin	-0.00005	0.00004	-0.22	-1.38	.177
$N = 38; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.02; F(1,36) = 1.89; p = .177$					
Konstante	0.002	0.0002		8.40	< .001
BSRI-Feminin	0.00006	0.00005	0.19	1.16	0.25
$N = 38; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.01; F(1,36) = 1.34; p = .254$					
Konstante	0.002	0.00002		94.86	< .001
BSRI-Androgyn	-0.00007	0.00003	-0.324	-2.06	.047
$N = 38; R^2 = 0.11; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.08; F(1,36) = 4.23; p = .047$					
Konstante	0.002	0.0002		14.52	< .001
Sex	0.00005	0.00005	0.15	0.91	.370
BSRI-Maskulin	-0.00004	0.00004	-0.20	-1.21	.234
$N = 38; R^2 = 0.07; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.02; F(2,35) = 1.36; p = .271$					
Konstante	0.002	0.0002		8.41	< .001
Sex	0.00005	0.00005	0.16	0.99	.329
BSRI-Feminin	0.00005	0.00005	0.17	1.04	.304
$N = 38; R^2 = 0.06; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.01; F(2,35) = 1.16; p = .325$					
Konstante	0.002	0.00003		70.91	< .001
Sex	0.00004	0.00005	0.12	0.72	.475
BSRI-Androgyn	-0.00006	0.00003	-0.30	-1.84	.074
$N = 38; R^2 = 0.12; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.07; F(2,35) = 2.35; p = .111$					

Tabelle A 17 Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: rechter Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.002	0.00007		34.90	< .001
Testosteron	$9.30 \cdot 10^{-7}$	0.000004	0.05	0.22	.828
$N = 21; R^2 = 0.003; R^2_{\text{koriert}} = -0.05; F(1,19) = 0.05; p = .828$					
Konstante	0.002	0.00008		29.80	< .001
Freies Testosteron	0.000002	0.00001	0.04	0.86	.863
$N = 19; R^2 = 0.002; R^2_{\text{koriert}} = -0.06; F(1,17) = 0.03; p = .863$					
Konstante	0.002	0.0001		15.83	< .001
Östradiol	0.000002	0.000001	0.32	1.48	.155
$N = 21; R^2 = 0.10; R^2_{\text{koriert}} = 0.06; F(1,19) = 2.20; p = .155$					
Konstante	0.002	0.0001		19.40	< .001
Progesteron	0.00004	0.00004	0.21	0.93	.368
$N = 21; R^2 = 0.04; R^2_{\text{koriert}} = -0.01; F(1,19) = 0.85; p = .368$					

Tabelle A 18 Prädiktion des Volumens des rechten Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: rechter Hippocampus anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.002	0.00015		15.34	< .001
Testosteron	0.00009	0.0001	0.18	0.69	.500
$N = 17; R^2 = 0.03; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(1,15) = 0.48; p = .500$					
Konstante	0.002	0.0001		20.96	< .001
Freies Testosteron	-0.00005	0.0004	-0.04	-0.14	.892
$N = 14; R^2 = 0.002; R^2_{\text{koriert}} = -0.08; F(1,12) = 0.02; p = .892$					
Konstante	0.002	0.0001		20.71	< .001
Östradiol	$-1.50 \cdot 10^{-7}$	$1.81 \cdot 10^{-7}$	-0.21	-0.83	.419
$N = 17; R^2 = 0.04; R^2_{\text{koriert}} = -0.02; F(1,15) = 0.69; p = .419$					
Konstante	0.002	0.00008		37.71	< .001
Progesteron	-0.000003	0.000002	-0.37	-1.52	.149
$N = 17; R^2 = 0.13; R^2_{\text{koriert}} = 0.08; F(1,15) = 2.32; p = .149$					

Tabelle A 19 Prädiktion des Volumens des MFG anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: MFG anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.02	0.0004		55.93	< .001
Sex	0.001	0.001	0.17	1.03	.312
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{koriert}} = 0.001; F(1,36) = 1.05; p = .312$					
Konstante	0.03	0.002		13.44	< .001
GERAS-Maskulin	-0.00104	0.0004	-0.04	-0.24	.809
$N = 38; R^2 = 0.002; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(1,36) = 0.06; p = .809$					
Konstante	0.03	0.002		10.79	< .001
GERAS-Feminin	-0.0004	0.001	-0.12	-0.72	.475
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{koriert}} = -0.01; F(1,36) = 0.52; p = .475$					
Konstante	0.02	0.002		10.90	< .001
Sex	0.001	0.001	0.183	1.00	.324
GERAS-Maskulin	0.00009	0.0005	0.035	0.19	.851
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(2,35) = 0.53; p = .593$					
Konstante	0.03	0.002		10.95	< .001
Sex	0.001	0.001	0.21	1.26	.216
GERAS-Feminin	-0.001	0.001	-0.18	-1.03	.309
$N = 38; R^2 = 0.07; R^2_{\text{koriert}} = 0.003; F(2,35) = 1.06; p = .357$					
Konstante	0.02	0.002		11.20	< .001
BSRI-Maskulin	0.00002	0.0005	0.005	0.03	.975
$N = 38; R^2 = 0.00003; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(1,36) = 0.001; p = .975$					
Konstante	0.024	0.003		7.42	< .001
BSRI-Feminin	0.000174	0.001	0.04	0.26	.798
$N = 38; R^2 = 0.002; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(1,36) = 0.07; p = .798$					
Konstante	0.024	0.0003		73.65	< .001
BSRI-Androgyn	-0.00006	0.0004	-0.02	-0.14	.893
$N = 38; R^2 = 0.001; R^2_{\text{koriert}} = -0.03; F(1,36) = 0.02; p = .893$					
Konstante	0.02	0.002		10.45	< .001
Sex	0.001	0.001	0.17	1.03	.310

BSRI-Maskulin	0.00009	0.0005	0.03	0.20	.846
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(2,35) = 0.53; p = .592$					
Konstante	0.03	0.003		7.43	< .001
Sex	0.001	0.001	0.17	0.99	.329
BSRI-Feminin	0.0001	0.001	0.03	0.15	.883
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(2,35) = 0.52; p = .597$					
Konstante	0.02	0.0004		55.15	< .001
Sex	0.001	0.001	0.17	1.01	.321
BSRI-Androgyn	0.00004	0.0004	0.01	0.08	.933
$N = 38; R^2 = 0.03; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(2,35) = 0.52; p = .602$					

Tabelle A 20 Prädiktion des Volumens des linken MFG anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch GERAS- und BSRI-Femininitätsskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen

Abhängige Variable: MFG anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.01	0.002		6.91	< .001
GERAS-Feminin	0.0002	0.0004	0.12	0.53	.602
$N = 21; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.04; F(1,19) = 0.28; p = .602$					
Konstante	0.01	0.002		5.77	< .001
BSRI-Feminin	0.00007	0.0004	0.04	0.17	.868
$N = 21; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.03; p = .868$					

Tabelle A 21 Prädiktion des Volumens des MFG anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: MFG anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.02	0.001		24.13	< .001
Testosteron	0.00006	0.00006	0.23	1.03	.316
$N = 21; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.003; F(1,19) = 1.06; p = .316$					
Konstante	0.02	0.001		20.50	< .001
Freies Testosteron	0.0001	0.0001	0.23	0.97	.345

$N = 19; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.003; F(1,17) = 0.94; p = .345$					
Konstante	0.02	0.002		11.16	< .001
Östradiol	0.000004	000002	0.06	0.25	.807
$N = 21; R^2 = 0.003; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(1,19) = 0.06; p = .807$					
Konstante	0.03	0.002		15.70	< .001
Progesteron	-0.001	0.001	-0.29	-1.31	.205
$N = 21; R^2 = 0.08; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.04; F(1,19) = 1.72; p = .205$					

Tabelle A 22 Prädiktion des Volumens des MFG anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: MFG anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.03	0.002		14.35	< .001
Testosteron	0.0001	0.002	0.02	0.08	.938
$N = 17; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.0004; F(1,15) = 0.01; p = .938$					
Konstante	0.02	0.002		13.98	< .001
Freies Testosteron	0.01	0.005	0.33	1.19	.256
$N = 14; R^2 = 0.11; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.03; F(1,12) = 1.42; p = .256$					
Konstante	0.03	0.001		17.73	< .001
Östradiol	$3.22 \cdot 10^{-7}$	0.000002	0.04	0.15	.882
$N = 17; R^2 = 0.002; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.07; F(1,15) = 0.02; p = .882$					
Konstante	0.03	0.001		27.05	< .001
Progesteron	-0.00002	0.00003	-0.19	-0.75	.467
$N = 17; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,15) = 0.56; p = .467$					

Tabelle A 23 Prädiktion des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Putamen links anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.003	0.00005		55.35	< .001
Sex	0.000003	0.00007	0.01	0.04	.967
$N = 38; R^2 = 0.00005; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,36) = 0.002; p = .967$					
Konstante	0.003	0.0002		16.22	< .001

GERAS-Maskulin	-0.0001	0.00004	-0.35	-2.27	.030
$N = 38; R^2 = 0.13; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.10; F(1,36) = 5.13; p = .030$					
Konstante	0.003	0.0002		14.29	< .001
Sex	-0.00007	0.00008	-0.17	-0.98	.336
GERAS-Maskulin	-0.0001	0.00005	-0.42	-2.46	.019
$N = 38; R^2 = 0.15; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.10; F(2,35) = 3.04; p = .061$					
Konstante	0.003	0.0003		9.96	< .001
GERAS-Feminin	-0.000002	0.00006	-0.01	-0.03	.975
$N = 38; R^2 = 0.00003; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,36) = 0.001; p = .975$					
Konstante	0.003	0.0003		9.72	< .001
Sex	0.000004	0.00008	0.01	0.05	.960
GERAS-Feminin	-0.000003	0.00006	-0.01	-0.04	.965
$N = 38; R^2 = 0.0001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.06; F(2,35) = 0.002; p = .998$					
Konstante	0.003	0.0002		12.16	< .001
BSRI-Maskulin	-0.00005	0.00005	-0.15	-0.90	.374
$N = 38; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.01; F(1,36) = 0.81; p = .374$					
Konstante	0.002	0.0004		6.95	< .001
BSRI-Feminin	0.00005	0.00008	0.12	0.72	.476
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.01; F(1,36) = 0.52; p = .476$					
Konstante	0.003	0.00004		74.52	< .001
BSRI-Androgyn	-0.00006	0.00005	-0.21	-1.29	.204
$N = 38; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.02; F(1,36) = 1.68; p = .204$					
Konstante	0.003	0.0003		11.52	< .001
Sex	-0.000008	0.00007	-0.02	-0.10	.919
BSRI-Maskulin	-0.00005	0.00005	-0.15	-0.89	.378
$N = 38; R^2 = 0.02; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(2,35) = 0.40; p = .674$					
Konstante	0.002	0.0004		6.85	< .001
Sex	-0.000003	0.00007	-0.01	-0.04	.971
BSRI-Feminin	0.00005	0.00008	0.12	0.71	.482
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.04; F(2,35) = 0.25; p = .778$					
Konstante	0.003	0.00005		55.87	< .001
Sex	-0.00002	0.00007	-0.04	-0.24	.813

BSRI-Androgyn	-0.00006	0.00005	-0.22	-1.30	.203
$N = 38; R^2 = 0.05; R^2_{\text{korr}} = -0.01; F(2,35) = 0.84; p = .439$					

Tabelle A 24 Prädiktion des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Putamen links anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.002	0.0001		26.58	< .001
Testosteron	0.000007	0.000006	0.239	0.30	.297
$N = 21; R^2 = 0.06; R^2_{\text{korr}} = 0.01; F(1,19) = 1.15; p = .297$					
Konstante	0.003	0.0001		23.31	< .001
Freies Testosteron	0.00002	0.00002	0.26	1.09	.292
$N = 19; R^2 = 0.07; R^2_{\text{korr}} = 0.01; F(1,17) = 1.18; p = .292$					
Konstante	0.003	0.0002		13.04	< .001
Östradiol	$-8.45 \cdot 10^{-7}$	0.000002	-0.11	-0.49	.633
$N = 21; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korr}} = -0.04; F(1,17) = 0.24; p = .633$					
Konstante	0.003	0.0002		15.11	< .001
Progesteron	0.000003	0.00007	0.01	0.04	.969
$N = 21; R^2 = 0.00008; R^2_{\text{korr}} = -0.05; F(1,19) = 0.002; p = .969$					

Tabelle A 25 Prädiktion des Volumens des linken Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Putamen links relativ am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.003	0.0002		12.34	< .001
Testosteron	0.0001	0.0002	0.20	0.77	.451
$N = 17; R^2 = 0.04; R^2_{\text{korr}} = -0.03; F(1,15) = 0.60; p = .451$					
Konstante	0.002	0.0002		12.51	< .001
Freies Testosteron	0.001	0.001	0.38	1.42	.180
$N = 14; R^2 = 0.14; R^2_{\text{korr}} = 0.07; F(1,12) = 2.03; p = .180$					
Konstante	0.003	0.0002		15.91	< .001

Östradiol	$-1.05 \cdot 10^{-8}$	$2.63 \cdot 10^{-7}$	-0.01	-0.04	.969
$N = 17; R^2 = 0.0001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.07; F(1,15) = 0.002; p = .969$					
Konstante	0.003	0.0001		23.22	< .001
Progesteron	$-5.63 \cdot 10^{-7}$	0.000003	-0.04	-0.17	.871
$N = 17; R^2 = 0.002; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.07; F(1,15) = 0.03; p = .871$					

Table A 26 Prädiktion des Volumens des rechten Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen durch GERAS- und BSRI-Genderskalen unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Putamen rechts anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.003	0.00005		58.68	< .001
Sex	-0.000023	0.00007	-0.06	-0.34	.733
$N = 38; R^2 = 0.003; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(1,36) = 0.12; p = .733$					
Konstante	0.003	0.0002		16.29	< .001
GERAS- Maskulini	-0.00008	0.00004	-0.30	-1.87	.069
$N = 38; R^2 = 0.09; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.06; F(1,36) = 3.51; p = .069$					
Konstante	0.003	0.0003		10.25	< .001
GERAS- Feminin	0.00001	0.00006	0.04	0.22	.828
$N = 38; R^2 = 0.001; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.03; F(1,36) = 0.05; p = .828$					
Konstante	0.003	0.0002		14.62	< .001
Sex	-0.00009	0.00001	-0.22	-1.25	.219
GERAS- Maskulin	-0.0001	0.00005	-0.39	-2.24	.032
$N = 38; R^2 = 0.13; R^2_{\text{korrigiert}} = 0.08; F(2,35) = 2.57; p = .091$					
Konstante	0.003	0.0003		10.00	< .001
Sex	-0.00003	0.00007	-0.07	-0.41	.684
GERAS- Feminin	0.00002	0.00006	0.06	0.32	.754
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.05; F(2,35) = 0.11; p = .898$					
Konstante	0.003	0.0002		12.30	< .001
BSRI-Maskulin	-0.00003	0.00005	-0.09	-0.52	.607
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{korrigiert}} = -0.02; F(1,36) = 0.27; p = .607$					
Konstante	0.002	0.0003		6.63	< .001
BSRI- Feminin	0.0001	0.00007	0.28	1.72	.094

$N = 38; R^2 = 0.08; R^2_{\text{koriert}} = 0.05; F(1,36) = 2.96; p = .094$					
Konstante	0.003	0.00003		79.34	< .001
BSRI-Androgyn	-0.00007	0.00004	-0.25	-1.58	.124
$N = 38; R^2 = 0.07; R^2_{\text{koriert}} = 0.04; F(1,36) = 2.49; p = .124$					
Konstante	0.003	0.0002		11.78	< .001
Sex	-0.00003	0.00007	-0.07	-0.43	.671
BSRI-Maskulin	-0.00003	0.00005	-0.10	-0.58	.569
$N = 38; R^2 = 0.01; R^2_{\text{koriert}} = -0.04; F(2,35) = 0.22; p = .801$					
Konstante	0.002	0.0003		6.55	< .001
Sex	-0.00004	0.00007	-0.09	-0.54	.590
BSRI-Feminin	0.0001	0.00007	0.29	1.75	.088
$N = 38; R^2 = 0.08; R^2_{\text{koriert}} = 0.03; F(2,35) = 1.60; p = .216$					
Konstante	0.003	0.00004		60.15	< .001
Sex	-0.00005	0.00007	-0.12	-0.71	.485
BSRI-Androgyn	-0.00008	0.00005	-0.28	-1.68	.102
$N = 38; R^2 = 0.08; R^2_{\text{koriert}} = 0.03; F(2,35) = 1.48; p = .243$					

Tabelle A 27 Prädiktion des Volumens des rechten Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Männern durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Putamen rechts anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.003	0.00009		27.79	< .001
Testosteron	0.000009	0.000006	0.34	1.56	.134
$N = 21; R^2 = 0.11; R^2_{\text{koriert}} = 0.07; F(1,19) = 2.44; p = .134$					
Konstante	0.003	0.0001		23.37	< .001
Freies Testosteron	0.00002	0.00001	0.31	1.34	.198
$N = 19; R^2 = 0.10; R^2_{\text{koriert}} = 0.04; F(1,17) = 1.79; p = .198$					
Konstante	0.003	0.0002		13.08	< .001
Östradiol	$-3.84 \cdot 10^{-7}$	0.000002	-0.05	-0.23	.821
$N = 21; R^2 = 0.003; R^2_{\text{koriert}} = -0.05; F(1,19) = 0.05; p = .821$					
Konstante	0.003	0.0002		15.38	< .001
Progesteron	0.00002	0.00007	0.05	0.22	.827
$N = 21; R^2 = 0.003; R^2_{\text{koriert}} = -0.05; F(1,19) = 0.05; p = .827$					

Tabelle A 28 Prädiktion des Volumens des rechten Putamen anteilig am Gesamthirnvolumen bei Frauen durch Geschlechtshormone unter Anwendung von multiplen linearen Regressionsanalysen, nicht signifikante Ergebnisse

Abhängige Variable: Putamen rechts anteilig am Gesamthirnvolumen					
Koeffizienten	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Standard. Koeffizienten β	T	Signifikanz p
Konstante	0.002	0.0002		13.25	< .001
Testosteron	0.0002	0.0002	0.25	1.00	.333
$N = 17; R^2 = 0.06; R^2_{\text{koriert}} = 0.0002; F(1,15) = 1.00; p = .333$					
Konstante	0.002	0.0002		13.43	< .001
Freies Testosteron	0.001	0.001	0.45	1.72	.111
$N = 14; R^2 = 0.20; R^2_{\text{koriert}} = 0.13; F(1,12) = 2.96; p = .111$					
Konstante	0.003	0.0002		17.24	< .001
Östradiol	$-4.89 \cdot 10^{-8}$	$2.38 \cdot 10^{-7}$	-0.05	-0.21	.840
$N = 17; R^2 = 0.003; R^2_{\text{koriert}} = -0.06; F(1,15) = 0.04; p = .840$					
Konstante	0.003	0.0001		24.69	< .001
Progesteron	$2.28 \cdot 10^{-7}$	0.000003	0.02	0.07	.924
$N = 17; R^2 = 0.0004; R^2_{\text{koriert}} = -0.01; F(1,15) = 0.01; p = .942$					

12 Anhang B

Tabelle B 1 Gruppenvergleiche je nach Standort (Tübingen - Aachen) für die Gesamtkohorte

N = 38	Standort			
	Tübingen N = 26		Aachen N = 12	
	M	SD	M	SD
Graue Substanz [cm ³]	742.54	76.45	800.50	115.12
$t(36) = -1.85, p = .073$				
Graue Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen [%]	48.40	2.53	48.78	1.53

	$t(36) = -0.47, p = .643$			
GERAS-Maskulinitätsskala	4.25	0.83	4.38	0.66
	$t(36) = -0.47, p = .639$			
GERAS-Femininitätsskala	4.55	0.58	4.56	0.73
	$t(36) = -0.05, p = .963$			
GERAS Aktivitäten und Interessen maskulin	3.92	1.10	3.52	1.44
	$t(36) = 0.95, p = .348$			
GERAS Aktivitäten und Interessen feminin	4.30	0.87	4.10	0.72
	$t(36) = 0.69, p = .497$			
GERAS Kognition maskulin	4.77	1.11	5.38	1.28
	$t(36) = -1.49, p = .144$			
GERAS Kognition feminin	4.64	1.30	4.80	1.36
	$t(36) = -0.34, p = .739$			
GERAS Persönlichkeit maskulin	4.07	0.93	4.25	0.85
	$t(36) = -0.59, p = .562$			
GERAS Persönlichkeit feminin	4.69	0.63	4.77	0.78
	$t(36) = -0.31, p = .756$			
BSRI-Maskulinitätsskala Selbstbild	4.49	0.69	4.68	0.74
	$t(36) = -0.75, p = .456$			
BSRI-Femininitätsskala Selbstbild	4.76	0.46	4.55	0.53
	$t(36) = 1.24, p = .225$			
BSRI-Androgynitätsskala Selbstbild	-0.27	0.78	0.12	0.69
	$t(36) = -1.50, p = .143$			
Estradiol [pmol/l]	345.73	327.58	314.42	220.28
	$t(36) = 0.30, p = .766$			
Progesteron [nmol/l]	13.57	19.31	15.58	17.56

	$t(36) = -0.31, p = .762$			
SHBG [nmol/l]	47.03	29.64	47.50	23.51
	$t(36) = -0.05, p = .962$			
	Tübingen N = 26		Aachen N = 7	
Albumin [g/dl]	4.42	0.36	4.40	0.22
	$t(31) = 0.16, p = .872$			
Freies Testosteron [nmol/l]	0.16	0.15	0.20	0.20
	$t(31) = -0.63, p = .533$			
	Tübingen N = 26		Aachen N = 12	
	Mdn		Mdn	
BSRI Selbstbild	4		4	
	$U = 114.00, Z = -1.60, p = .109$			
BSRI Wunschbild	4		4	
	$U = 152.50, Z = -0.13, p = .900$			
	Mittlerer Rang		Mittlerer Rang	
Gesamthirnvolumen	17.90		22.96	
	$U = 114.50, Z = -1.30, p = .192$			
Alter	19.23		20.08	
	$U = 149.00, Z = -0.22, p = .825$			
Testosteron [nmol/l]	19.73		19.00	
	$U = 150.00, Z = -0.19, p = .850$			

Tabelle B 2 Gruppenvergleiche je nach Standort (Tübingen - Aachen) für Männer

N = 21	Standort			
	Tübingen N = 15		Aachen N = 6	
	M	SD	M	SD

Graue Substanz [cm ³]	780.80	66.42	837.33	119.36
	$t(19) = -1.40, p = .178$			
Graue Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen [%]	47.55	1.78	48.88	2.14
	$t(19) = -1.47, p = .158$			
GERAS-Maskulinitätsskala	4.51	0.80	4.74	0.43
	$t(16.84) = -0.85, p = .410$			
GERAS-Femininitätsskala	4.46	0.51	4.26	0.76
	$t(19) = 0.72, p = .482$			
GERAS Aktivitäten und Interessen maskulin	4.18	1.20	4.27	1.05
	$t(19) = -0.16, p = .879$			
GERAS Aktivitäten und Interessen feminin	4.07	0.82	3.79	0.67
	$t(19) = 0.73, p = .477$			
GERAS Kognition maskulin	5.09	0.81	5.36	1.42
	$t(19) = -0.56, p = .584$			
GERAS Kognition feminin	4.81	0.76	4.36	1.48
	$t(19) = 0.94, p = .360$			
GERAS Persönlichkeit maskulin	4.27	0.92	4.60	0.98
	$t(19) = -0.72, p = .478$			
GERAS Persönlichkeit feminin	4.51	0.61	4.63	0.87
	$t(19) = -0.36, p = .722$			
BSRI-Maskulinitätsskala Selbstbild	4.55	0.66	4.89	0.50
	$t(19) = -1.14, p = .268$			
BSRI-Femininitätsskala Selbstbild	4.69	0.51	4.54	0.46
	$t(19) = 0.63, p = .533$			
BSRI-Androgynitätsskala Selbstbild	-0.14	0.66	0.35	0.34
	$t(19) = -1.72, p = .101$			

Estradiol [pmol/l]	118.53	24.84	128.67	25.54
	$t(19) = -0.84, p = .0412$			
Progesteron [nmol/l]	2.53	0.60	2.33	0.71
	$t(19) = 0.66, p = .519$			
SHBG [nmol/l]	30.80	12.27	34.33	15.17
	$t(19) = -0.56, p = .583$			
	Tübingen		Aachen	
	N = 15		N = 4	
Albumin [g/dl]	4.61	0.28	4.53	0.17
	$t(17) = 0.55, p = .0588$			
Freies Testosteron [nmol/l]	0.26	0.12	0.34	0.12
	$t(17) = -1.19, p = .251$			
	Tübingen		Aachen	
	N = 15		N = 6	
	Mittlerer Rang		Mittlerer Rang	
Alter	10.47		12.33	
	$U = 37.00, Z = -0.63, p = .529$			
Gesamthirnvolumen	10.67		11.83	
	$U = 40.00, Z = -0.39, p = .697$			
BSRI Selbstbild	9.93		13.67	
	$U = 29.00, Z = -1.67, p = .095$			
BSRI Wunschbild	11.10		10.75	
	$U = 43.50, Z = -0.13, p = .896$			
Testosteron [nmol/l]	9.73		14.17	
	$U = 26.00, Z = -1.48, p = .139$			

Tabelle B 3 Gruppenvergleiche je nach Standort (Tübingen - Aachen) für Frauen

N =	Standort
------------	-----------------

	Tübingen N = 11		Aachen N = 6	
	M	SD	M	SD
Graue Substanz [cm ³]	690.36	56.95	763.67	107.94
	$t(6.56) = -1.55, p = .168$			
Graue Substanz anteilig am Gesamthirnvolumen [%]	49.57	3.00	48.67	0.77
	$t(15) = 0.72, p = .484$			
GERAS- Maskulinitätsskala	3.90	0.78	4.03	0.69
	$t(15) = -0.33, p = .747$			
GERAS-Femininitätsskala	4.66	0.67	4.85	0.62
	$t(15) = -0.58, p = .571$			
GERAS Aktivitäten und Interessen maskulin	3.57	0.87	2.77	1.45
	$t(7.01) = 1.23, p = .258$			
GERAS Aktivitäten und Interessen feminin	4.63	0.88	4.42	0.68
	$t(15) = 0.50, p = .622$			
GERAS Kognition maskulin	4.35	1.35	5.40	1.26
	$t(15) = -1.58, p = .136$			
GERAS Kognition feminin	4.42	1.83	5.24	1.19
	$t(15) = -0.99, p = .339$			
GERAS Persönlichkeit maskulin	3.78	0.90	3.90	0.58
	$t(15) = -0.29, p = .777$			
GERAS Persönlichkeit feminin	4.94	0.61	4.90	0.73
	$t(15) = 0.11, p = .914$			
BSRI-Maskulinitätsskala Selbstbild	4.41	0.75	4.46	0.91
	$t(15) = -0.12, p = .906$			
BSRI-Femininitätsskala Selbstbild	4.86	0.40	4.57	0.64
	$t(15) = 1.17, p = .261$			

BSRI-Androgynitätsskala Selbstbild	-0.45	0.92	-0.11	0.90
	$t(15) = -0.74, p = .474$			
Estradiol [pmol/l]	655.55	290.51	500.17	152.60
	$t(15) = 1.21, p = .245$			
Progesteron [nmol/l]	28.63	22.34	28.82	16.04
	$t(15) = -0.02, p = .986$			
SHBG [nmol/l]	69.18	32.41	60.67	23.87
	$t(15) = 0.56, p = .582$			
	Tübingen N = 11		Aachen N = 3	
Albumin [g/dl]	4.17	0.30	4.23	0.15
	$t(12) = -0.34, p = .744$			
Freies Testosteron [nmol/l]	0.01	0.01	0.01	0.01
	$t(12) = 0.60, p = .558$			
	Tübingen N = 11		Aachen N = 6	
	Mittlerer Rang		Mittlerer Rang	
Alter	9.41		8.25	
	$U = 28.50, Z = -0.46, p = .648$			
Gesamthirnvolumen	7.50		11.75	
	$U = 16.50, Z = -1.66, p = .097$			
BSRI Selbstbild	8.36		10.17	
	$U = 26.00, Z = -0.79, p = .430$			
BSRI Wunschbild	9.00		9.00	
	$U = 33.00, Z = 0.00, p = 1.00$			
Testosteron [nmol/l]	10.18		6.83	
	$U = 20.00, Z = -1.32, p = .188$			

Tabelle B 4 Ergebnisse Gruppenvergleiche ROI mit der Kovariate Standort (Tübingen - Aachen)

Region	Effekt	F-Wert	Signifikanz p
	Interaktion Lateralität*Standort	0.00	1.00
	Interaktion Lateralität*Sex	0.08	.786
Amygdala	Haupteffekt Lateralität	0.24	.626
	Haupteffekt Standort	0.75	.391
	Haupteffekt Sex	0.73	.400
	Interaktion Lateralität*Standort	2.83	.101
Hippocampus	Interaktion Lateralität*Sex	0.29	.594
	Haupteffekt Lateralität	4.31	.045
	Haupteffekt Standort	0.28	.598
	Haupteffekt Sex	0.33	.568
	Interaktion Lateralität*Standort	0.06	.810
MFG	Interaktion Lateralität*Sex	1.56	.220
	Haupteffekt Lateralität	0.33	.571
	Haupteffekt Standort	1.71	.200
	Haupteffekt Sex	0.15	.706
	Interaktion Lateralität*Standort	1.82	.186
Putamen	Interaktion Lateralität*Sex	0.07	.787
	Haupteffekt Lateralität	0.02	.898
	Haupteffekt Standort	0.01	.924
	Haupteffekt Sex	1.98	.168