

Aus der Nuklearmedizinischen Klinik
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. BA (open) H.-W. Müller

Vergleich der kortikalen Konnektivität der Brodmann-Area 42 während
auditiver und visueller Einzelwort-Wahrnehmung

Dissertation

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

vorgelegt von
Amir Farokh Ansari Pirsarai
(2015)

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

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr.med. Joachim Windolf

Erstgutachter: Univ.-Prof. Dr. med. BA (open) H.-W. Müller

Zweitgutachter: Priv.-Doz. Dr. med. Martin Südmeyer

Zusammenfassung

Diese Arbeit bedient sich des Prinzips der funktionellen Konnektivität, um die funktionelle Einbindung des sekundär akustischen Kortex, die zytoarchitektonisch der BA 42 entspricht, zu den restlichen Hirnregionen zu untersuchen.

Anhand der Präsentation von zweisilbigen Substantiven entweder visuell über einen Bildschirm oder akustisch über Kopfhörer wurde die passive auditive und visuelle Einzelwort-Wahrnehmung untersucht. Dazu wurden fMRT und anatomische MRT Daten von sieben Probanden akquiriert. In mehreren Schritten der Datenvorbereitung wurden die Datensätze geglättet, gefiltert und räumlich aufeinander angepasst. Letzteres war nötig, um die Datensätze auf eine einheitliche Vorlage im MNI-Raum zu übertragen. Nach Grenzziehung und flächendeckender Absteckung der BA 42 auf den anatomischen und funktionellen MRTs, erfolgte eine voxel-basierte funktionelle Konnektivitätsanalyse. Die sich daraus ergebenden Korrelationswerte wurden für die Gesamtheit einer BA 42 Seite gemittelt und in einer Individualanalyse sowie darauf aufbauend in einer Gruppenanalyse für die rechte und linke BA 42 gesondert unter zwei Aspekten ausgewertet. Erster Fokus war die Identifizierung von Zielregionen mit starker funktioneller Einbindung beider BA 42. Zweiter Fokus war die Identifizierung von Zielregionen mit modalitätsabhängig abweichender Einbindung beider BA 42.

Beide BA 42 sind in der Modulation von akustischen und visuellen Einzelwörtern funktionell in ein neuronales Netzwerk eingebunden. Für beide Modalitäten konnte eine lokoregionale Einbindung innerhalb der Temporallappen sowie eine lappenübergreifende Einbindung zu den Frontal- und Parietallappen, jedoch weniger zu den Okzipitallappen nachgewiesen werden. Für beide Modalitäten zeigt sich die höchste Konnektivität der BA 42 zum kontralateralen Gyrus temporalis superior. Dies legt eine interhemisphärische Konnektivität nahe. Weiterhin zeigt sich für beide Modalitäten eine hohe Konnektivität zum somatosensorischen (beidseitige G. postcentrales) und somatomotorischen Kortex (linksseitiges SMA und G. precentralis). Die Ergebnisse lassen auf Ebene der Sprachwahrnehmung und nicht erst auf Ebene der Sprachproduktion neben der Motortheorie der Sprachwahrnehmung (1, 2) ein somatosensorisches Äquivalent - Theorie der somatosensorischen Rückkopplungsschleife (3-5) - für beide Modalitäten vermuten. Schließlich stellt sich eine hohe Konnektivität zum linksseitigen G. temporalis medius und Precuneus, welche zu dem semantischen Wortverarbeitungssystem (6) zählen, heraus. Der Vergleich beider Modalitäten zeigt auf, dass beide BA 42 eine stärkere lokoregionale und lappenübergreifende Einbindung unter auditiver Einzelwort-Wahrnehmung besitzen, wobei zu keiner Zielregion ausschließlich eine Aktivität unter der auditiven Modalität besteht. Die größte modalitätsabhängig abweichende Konnektivität mit höherer Konnektivität in der auditiven Modalität besteht für beide BA 42 zur rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior. Bisherige Untersuchungen bringen die rechtsseitige Pars triangularis lediglich mit der syntaktischen Verarbeitung von Sprachverständnis (7-9) in Verbindung, so dass die Ergebnisse für eine Erweiterung des Aufgabenspektrums um semantische Aufgaben bei passiver auditiver Wortwahrnehmung plädieren. Schließlich lässt die unter auditiver Modalität stärkere funktionelle Einbindung beider BA 42 zum rechtsseitigen G. supramarginalis vermuten, dass beide BA 42 Einfluss auf das auditive Kurzzeitgedächtnis (10-12) nehmen.

Weiterführende Untersuchungen auf Ebene der Ausgangsvoxel ermöglichen, die für die Gesamtheit der BA 42 gemachten Feststellungen im Detail zu beurteilen und eventuell funktionell unterschiedliche Felder innerhalb beider BA 42 aufzuzeigen.

Abkürzungsverzeichnis

AAL	Automated Anatomical Labelling
Abb.	Abbildung
AOA(s)	Auditorisch okzipitale Aktivität(en)
AUD	Auditiv
BA	Brodmann Area
Bez.	Bezug
BOLD	Blood oxygenation level dependent
bzw.	Beziehungsweise
CGL	Corpus geniculatum laterale
CGM	Corpus geniculatum mediale
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
FOV	Field of View
G.	Gyrus, Gyri
GL	Gehirnlappen
GTS	Gyrus temporalis superior
Heschl	Heschl-Querwindungen
l	links
MNI	Montreal Neurological Institute
MNI- Raum	MNI- Koordinatenraum
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
ROI	Region of interest
r	Rechts
SMA	Supplementärmotorisches Areal
Tab.	Tabelle
TE	Echo time
TR	Repetition time
U-Test	Mann-Whitney U-Test
vice versa	Umgekehrt
VIS	Visuell

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abkürzungsverzeichnis	II
Inhaltsverzeichnis	III
1 Einleitung	1
1.1 Gyrus temporalis superior und Brodmann Area 42	1
1.2 Auditorisches System	2
1.3 Visuelles System	4
1.4 Funktionelle Magnetresonanztomographie	5
1.5 Funktionelle Konnektivität	6
1.6 Erkenntnisse aus funktionellen Neuroimaging Untersuchungen	7
1.7 Problemstellung	8
2 Material und Methoden	9
2.1 Ursprüngliches Experiment	9
2.1.1 Einleitung	9
2.1.2 Probanden	9
2.1.3 Experimenteller Aufbau	9
2.1.4 Akquisition der fMRT und anatomischen MRT Daten	11
2.2 Datenvorbereitung der gemessenen Hirnscans	11
2.3 Ausgangsvoxel	12
2.3.1 Definition und Funktion der Ausgangsvoxel (<i>seedvoxel</i>)	12
2.3.2 Grenzziehung der Ausgangsregion	13
2.3.3 Selektion der Ausgangsvoxel	15
2.4 Funktionelle Konnektivitätsanalyse	16
2.4.1 Berechnung der funktionellen Konnektivität zu den Ausgangsvoxel	16
2.4.2 Identifikation der lokalen Maxima für jeden Ausgangsvoxel	17
2.4.3 Graphische Darstellung der Korrelationsmuster	19
3 Auswertung	22
3.1 Funktionelle Konnektivität der einzelnen Ausgangsvoxel einer Brodmann Area 42 zu den betrachteten Zielregionen	22
3.2 Funktionelle Konnektivität beider Brodmann Areae 42 zu den betrachteten Zielregionen	22
3.2.1 Quantifizierung der funktionellen Konnektivität der Brodmann Area 42	22

3.2.2	Individualanalyse.....	23
3.2.3	Gruppenanalyse	23
3.3	Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Brodmann Areae 42 zu den Zielregionen zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf	24
3.3.1	Selektion der Zielregionen mit unterschiedlicher funktioneller Konnektivität ..	24
3.3.2	Berechnung des Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität	25
3.3.3	Individualanalyse.....	25
3.3.4	Gruppenanalyse	26
4	Ergebnisse - Individualanalyse.....	27
4.1	Funktionelle Konnektivität der rechten Brodmann Area 42.....	28
4.1.1	Auditiver Versuchsablauf.....	28
4.1.2	Visueller Versuchsablauf.....	35
4.2	Funktionelle Konnektivität der linken Brodmann Area 42.....	43
4.2.1	Auditiver Versuchsablauf.....	43
4.2.2	Visueller Versuchsablauf.....	49
4.3	Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf.....	57
4.4	Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf.....	68
5	Ergebnisse - Gruppenanalyse	77
5.1	Funktionelle Konnektivität der rechten Brodmann Area 42.....	78
5.1.1	Auditiver Versuchsablauf.....	78
5.1.2	Visueller Versuchsablauf.....	83
5.1.3	Starke funktionelle Konnektivitäten der rechten Brodmann Area 42	88
5.2	Funktionelle Konnektivität der linken Brodmann Area 42.....	90
5.2.1	Auditiver Versuchsablauf.....	90
5.2.2	Visueller Versuchsablauf.....	95
5.2.3	Starke funktionelle Konnektivitäten der linken Brodmann Area 42	100
5.3	Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf.....	102
5.4	Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf.....	107
5.5	Starke modalitätsabhängige funktionelle Konnektivität beider Brodmann Areae 42	112

6	Zusammenfassende Ergebnisse	115
6.1	Zusammenfassung funktionelle Konnektivität beider Brodmann Areae 42.....	116
6.2	Zusammenfassung modalitätsabhängige Konnektivität beider Brodmann Areae 42	120
7	Diskussion	123
7.1	Starke funktionelle Konnektivitäten beider Brodmann Areae 42.....	124
7.1.1	Temporo-frontale Konnektivität	124
7.1.2	Temporo-parietale Konnektivität.....	124
7.1.3	Temporo-temporale Konnektivität	125
7.1.4	Temporo-okzipitale Konnektivität.....	127
7.1.5	Lappenübergreifende Betrachtung.....	128
7.2	Modalitätsabhängige Konnektivität beider Brodmann Areae 42.....	131
7.2.1	Lappenübergreifende Betrachtung.....	131
7.2.2	Modalitätsabhängige temporo-frontale Konnektivität.....	132
7.2.3	Modalitätsabhängige temporo-parietale Konnektivität	133
7.2.4	Modalitätsabhängige temporo-temporale Konnektivität	135
7.2.5	Modalitätsabhängige temporo-okzipitale Konnektivität	135
7.3	Methodenkritik.....	136
8	Schlussfolgerungen.....	137
9	Abbildungsverzeichnis	139
10	Tabellenverzeichnis	140
11	Literaturverzeichnis	142
12	Anhang	149
12.1	U-Test Ergebnisse der rechten und linken Brodmann Area 42 für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen	149
12.2	U-Test Ergebnisse der rechten und linken BA 42 für die Zielregionen der Parietal- und Okzipitallappen.....	150

1 Einleitung

1.1 Gyrus temporalis superior und Brodmann Area 42

Die anatomischen Ausführungen zum Temporallappen und insbesondere zum Gyrus (G.) temporalis superior richten sich nach dem Lehrbuch der Neuroanatomie von Trepel, 2012 (13).

Der G. temporalis superior ist eine Region des Temporallappens. Der Temporallappen lässt sich anhand von zwei Furchen, anatomisch als Sulci beschrieben, in den G. temporalis superior, G. temporalis medius und G. temporalis inferior unterteilen. Dabei grenzt der Sulcus temporalis superior die beiden erstgenannten und der Sulcus temporalis inferior die beiden letztgenannten Regionen voneinander ab. Nach Freilegung des frontoparietalen Operculums kann von der Lateralansicht aus der gesamte Verlauf des G. temporalis superior nachverfolgt werden. Dabei fallen die an der Oberfläche transversal verlaufenden Heschl-Querwindungen (Heschl) auf. Analog werden diese makroskopisch sichtbaren Querwindungen als G. temporalis transversus benannt und repräsentieren ungefähr die primäre Hörrinde. Der G. temporalis superior wird nach seinen zytoarchitektonischen Eigenschaften in die Brodmann Areae 41, 42, 22 und 52 unterteilt (14). Die topographischen Beziehungen der Brodmann Area (BA) 42 werden im Kapitel 2.3.2 „Grenzziehung der Ausgangsregion“ im Detail besprochen.

1.2 Auditorisches System

Die Ausführungen zum Kenntnisstand des auditorischen Systems basieren auf dem Lehrbuch der Neuroanatomie von Trepel, 2012 (13), auf dem Lehrbuch der kognitiven Neurowissenschaften von Gazzaniga et al. aus dem Jahr 2004 (15) sowie auf dem Paper von Kaas et al. aus dem Jahr 2000 zur hierarchischen kortikalen auditorischen Verarbeitung (16).

Das auditorische System entspricht dem Sinnessystem für auditive Reizwahrnehmung. Es beginnt zunächst mit der reizaufnehmenden afferenten Hörbahn, die durch eine Signalkaskade die Informationen tonotopisch zur primären Hörrinde weiterleitet. Von der primären Hörrinde werden die Informationen an die sekundäre Hörrinde beziehungsweise (bzw.) an auditive Assoziationsareale zur weiteren Verarbeitung weitergeleitet. Die Hörbahn nimmt über afferente Fortsätze der bipolaren Hörnervenzellen die Reizimpulse auf und führt sie den Nuclei (Ncll.) cochleares in der Medulla oblongata weiter. Dort kreuzt der größere Teil der Hörbahnfasern über das Corpus trapezoideum zur Gegenseite, um als Lemniscus lateralis zu den unteren Hügel der Vierhügelplatte (Colliculi inferiores) zu ziehen. Bei der Kreuzung über das Corpus trapezoideum werden die meisten Fasern bereits auf das zweite Neuron verschaltet. Ein kleiner Anteil zieht ungekreuzt auf der ipsilateralen Seite zum Colliculus inferior weiter. Vom Colliculus inferior verlaufen die Fasern weiter zu dem Corpus geniculatum mediale des Thalamus (CGM). Nach der Verschaltung im CGM bilden sie die Hörstrahlung aus, die tonotopisch in der primären Hörrinde endet. Die primäre Hörrinde auf den Heschl-Querwindungen, auch als primär auditiver Kortex bezeichnet, führt eine interpretationsfreie Bewusstwerdung der auditorischen Impulse aus dem Innenohr durch. Erst die efferente Verschaltung auf die sekundäre Hörrinde bzw. auf auditive Assoziationsareale führen zu interpretativen Verarbeitungen der Laute. Die sekundäre Hörrinde, auch als sekundär auditiver Kortex bezeichnet, ist nach der zytoarchitektonischen Gliederung auf den BA 42 und BA 22 lokalisiert. Den Großteil der Afferenzen erhält die sekundäre Hörrinde aus der primären Hörrinde (13).

Entgegen den Darstellungen im Trepel führen andere Anatomen (17, 18) eine strikte Trennung zwischen der BA 42, als sekundäre Hörrinde, und der BA 22 aus. Dadurch wird der dorsal der BA 41 und BA 42 gelegene Anteil der BA 22 auf der dominanten Hemisphäre als Wernicke Sprachzentrum abgegrenzt. Den Großteil der Efferenzen gibt der sekundär akustische Kortex an das Wernicke Sprachzentrum weiter (18).

Aufgrund von Erkenntnissen aus zytoarchitektonischen Untersuchungen an Primaten sowie aus invasiven histochemischen und nichtinvasiven funktionellen Untersuchungen an Primaten und Menschen geht man von einer hierarchischen kortikalen auditorischen Verarbeitung aus (16).

Die Ausführungen zur funktionellen Organisation der kortikalen auditorischen Verarbeitung richten sich nach dem Lehrbuch „*The Cognitive Neurosciences III*“ von Gazzaniga et al. (15). Danach nimmt die kortikale auditorische Verarbeitung ihren Ursprung in einem Kerngebiet (englisch: „*core area*“), das sich in etwa auf die Heschl-Querwindungen begrenzt. Von diesem Kerngebiet breiten sich die Informationen auf umgebende funktionelle Felder aus, die als „*belt area*“ zusammengefasst werden. Sie entsprechen ungefähr der Einteilung des sekundär auditorischen Kortex. Die in unserer Arbeit untersuchte BA 42 entspricht dabei dem lateralen Teil dieser „*belt area*“. Anschließend breiten sich die Signale auf das assoziativ auditorische Kortex aus, die als „*parabelt area*“ zusammengefasst werden können. Neben diesen auditiven Gebieten innerhalb der Temporallappen werden auch auditorische Felder im präfrontalen Kortex, posterioren Parietallappen und Okzipitallappen vermutet.

1.3 Visuelles System

Die Ausführungen zum Kenntnisstand des visuellen Systems richten sich nach dem Lehrbuch der Neuroanatomie von Trepel, 2012 (13), und dem Lehrbuch der Anatomie von Aumüller et al. aus dem Jahr 2007 (18).

Das visuelle System entspricht dem Sinnessystem für visuelle Reizwahrnehmung. Es beginnt zunächst mit der reizaufnehmenden afferenten Sehbahn, die durch eine Signalkaskade die Informationen retinotopisch zur primären Sehrinde weiterleitet. Von der primären Sehrinde werden die Informationen an die sekundäre Sehrinde sowie an nachgeordnete visuelle Areale innerhalb und außerhalb der Okzipitallappen zur weiteren Verarbeitung weitergeleitet.

Die Sehbahn nimmt über die Photorezeptoren der Retina die Lichtimpulse auf und führt sie den bipolaren Zellen weiter. Nach Umschaltung werden die Informationen an die Ganglienzellen weitergeleitet. Nach erneuter Verschaltung bilden die Ganglienzellen mit ihren zentralwärts gerichteten Fortsätzen den N. opticus. Nach Austritt aus der Orbita und Eintritt in die Schädelhöhle vereinigen sich der ipsilaterale und kontralaterale N. opticus auf Höhe der Hypophyse zum Chiasma opticum. Im Chiasma opticum erfolgt die Kreuzung aller Fasern der nasalen Netzhauthälften. Der sich nach dem Chiasma opticum anschließende Tractus opticus führt somit die Fasern der ipsilateralen temporalen und kontralateralen nasalen Netzhauthälften zum Corpus geniculatum laterale (CGL) des Thalamus. Nach Verschaltung im CGL bildet sich die Sehstrahlung aus, die retinotopisch in der primären Sehrinde endet.

Die primäre Sehrinde, auch als primär visueller Kortex bezeichnet, führt eine interpretationsfreie Bewusstwerdung der visuellen Impulse aus der Retina durch. Sie kleidet die Wand des Sulcus calcarinus aus und entspricht nach ihren zytoarchitektonischen Merkmalen der BA 17. Die efferenten Verbindungen zur sekundären Sehrinde, die zytoarchitektonisch den BA 18 und 19 entspricht, und zu weiteren visuellen Rindengebieten innerhalb und außerhalb der Okzipitallappen führen zur interpretativen Verarbeitungen der visuellen Reizimpulse.

1.4 Funktionelle Magnetresonanztomographie

Um die neuronale Aktivität des Gehirns zu messen, wurde der Blood-Oxygenation-Level Dependent (BOLD) Effekt mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) verwendet. Eine gute Übersicht zu diesem Messprinzip findet sich im Lehrbuch „*Introduction to functional magnetic resonance imaging : principles and techniques*“ von Buxton et al. aus dem Jahr 2009 (19). Der BOLD Effekt beruht auf zwei Prinzipien, die gemeinsam in Arealen mit erhöhter neuronaler Aktivität zu einer Steigerung des MR-Signals in T_2 sensitiven Gewichtungen führen. Zum einen besitzen oxygeniertes und desoxygeniertes Hämoglobin unterschiedliche magnetische Eigenschaften und führen zu unterschiedlichen Bildsignalen im fMRT. Oxygeniertes Hämoglobin ist aufgrund seiner ungepaarten Elektronen diamagnetisch, wohingegen desoxygeniertes Hämoglobin paramagnetisch ist. In T_2 sensitiven Gewichtungen fällt dabei das Bildsignal in stärker oxygenierten Arealen stärker aus. Zum anderen führt der erhöhte Sauerstoffbedarf in aktivierten Hirnregionen zu einem reaktiven Anstieg des kapillären Blutflusses mit entsprechend erhöhtem Blutvolumen. Die reaktive hamodynamische Veränderung führt dazu, dass die Zufuhr an Sauerstoff den Sauerstoffverbrauch übersteigt, so dass der Oxygenierungsgrad insgesamt ansteigt. Entsprechend kommt es zu einem erhöhten Signal in T_2 -gewichteten Bildern.

In dieser Arbeit werden die durch visuell und auditiv dargebotene Stimuli erzeugten BOLD Zeitverläufe für die zu untersuchenden Hirnregionen verglichen. Mithilfe der durch fMRT indirekt ermittelten neuronalen Aktivitäten und mithilfe des Prinzips der funktionellen Konnektivität kann die zeitliche Korrelation für räumlich voneinander entfernte Gehirnregionen untersucht werden.

1.5 Funktionelle Konnektivität

Die funktionelle Konnektivität ist ein Prinzip, mit der die zeitliche Korrelation einer neurophysiologischen Veränderung für zwei räumlich voneinander entfernte Regionen des Gehirns miteinander verglichen werden. Die funktionelle Konnektivität besitzt keine richtungsanzeigende Funktion und beschreibt lediglich anhand des Ausmaßes der Korrelation, inwiefern ein Einfluss zwischen beiden Regionen im Sinne eines neuronalen Systems bestehen kann (20).

In den letzten Jahren hat sich das Prinzip in fMRT Untersuchungen zur Identifizierung von neuronalen Netzwerken bewährt und etabliert (2, 3, 21-27). Dabei wurden neuronale Netzwerke unter Ruhebedingungen (24) sowie unter bestimmten kognitiven Aufgabenstellungen wie Sprachwahrnehmung (23, 26), Sprachverständnis (22) und Sprachwiedergabe (3) von gelesenen oder geschriebenen Pseudowörtern, Wörtern oder Sätzen hin untersucht.

1.6 Erkenntnisse aus funktionellen Neuroimaging Untersuchungen

Funktionelle Neuroimaging Untersuchungen, sowohl fMRT als auch Positronen-Emissions-Tomographie (PET) Techniken, haben neue Erkenntnisse zu Tage gebracht (4, 28). Weiterhin zeigte die Arbeit von Price et al. aus dem Jahr 2000, dass funktionelle Neuroimaging Ergebnisse zur Validierung von neurologischen und kognitiven Modellen der Sprachverarbeitung nützlich sind (29). Schließlich wurde im Jahr 2009 durch die Arbeitsgruppe um Binder et al. eine große fMRT und PET Meta-Analyse bezüglich eines gemeinsamen semantischen Systems bei Lese- und Höraufgaben veröffentlicht (6).

Anhand der Ergebnisse aus funktionellen Neuroimaging Untersuchungen konnten bestimmte anatomische Regionen des auditorischen Kortex in die Einbindung bei bestimmten ton- und sprachverarbeitenden Funktionen in Verbindung gebracht werden. Unabhängig voneinander durchgeführte funktionelle Neuroimaging Arbeiten konnten eine Aktivität des bilateralen G. temporales transversus, der nach zytoarchitektonischer Gliederung entsprechenden BA 41, bei einfachen auditorischen Stimuli nachweisen (23, 30). Frequenzmodulierende auditive Stimuli führten zu einer Aktivität in der primär auditorischen Kortex umgebenden „*belt area*“ (23, 30). Komplexe frequenzmodulierende Geräusche, wie bei Wörtern und Pseudowörtern auftretend, wurden mit einer Aktivität des bilateralen Sulcus temporalis superior in Verbindung gebracht (23, 30, 31). Untersuchungen, welche die Wahrnehmung von gehörten Wörtern mit unspezifischem Lärm verglichen (23, 32) konnten eine Aktivitätssteigerung innerhalb der beidseitigen G. temporales superiores, Sulci temporales superiores oder G. temporales mediales unter gehörten Wörtern feststellen. Untersuchungen, die jedoch das Hören von sprachfremden Geräuschen und Wörtern verglichen, konnten unabhängig eine Aktivität beider G. temporales superiores nachweisen, wobei sich Unterschiede in der Lokalisation und Lateralisation innerhalb beider G. temporales superiores aufzeigten (33-35). Die Neuroimaging Studie von Price et al. aus dem Jahr 2000 konnte dem Wernicke-Areal eine Aktivierung sowohl beim Nachsprechen als auch beim Lesen von Wörtern anerkennen (29). Weiterhin erhärteten Neuroimaging Studien (2, 36), die von Liberman et al. (1) bereits im Jahr 1967 postulierte Motortheorie der Sprachwahrnehmung, nach welcher das Hören eines Sprachlautes nicht nur Mechanismen zur Wahrnehmung dieses Lautes, sondern auch das Motorsystem aktiviert.

1.7 Problemstellung

Diese Arbeit bedient sich des Prinzips der funktionellen Konnektivität, um für eine spezielle Region des sekundär akustischen Kortex, die zytoarchitektonisch der BA 42 entspricht, die funktionelle Einbindung zu den restlichen Hirnregionen unter passiver auditiver und visueller Einzelwortverarbeitung zu untersuchen. Sie wird der Einordnung oben genannter Ergebnisse in eine weitergefasste Theorie der Sprachwahrnehmung dienlich sein. Spezieller Fokus ist zum einen diejenigen Zielregionen ausfindig zu machen, die stark mit der jeweiligen BA 42 in funktioneller Einbindung stehen. Weiterer Fokus ist diejenigen Zielregionen zu identifizieren, für die sich die funktionelle Einbindung der BA 42 unter beiden untersuchten Modalitäten der passiven Sprachwahrnehmung – auditiv und visuell präsentierte Einzelwörter - besonders stark verändert.

2 Material und Methoden

2.1 Ursprüngliches Experiment

2.1.1 Einleitung

Die Experimente fußen auf der Dissertation „Eine graphentheoretische Untersuchung zur funktionellen Konnektivität cerebraler Netzwerke in der fMRT: "Neural Traffic".“ von Simon Baudrexel aus dem Jahr 2009 (37). Diese Experimente mit der Studiennummer 2623 wurden von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich Heine Universität Düsseldorf am 29.06.2005 genehmigt. Die sich daraus ergebenden Datensätze wurden zur Beantwortung der Problemstellungen verwendet.

2.1.2 Probanden

An der fMRT-Studie nahmen acht männliche gesunde Normalpersonen mit leerer Anamnese für neurologische oder psychiatrische Vorerkrankungen, Drogenabusus oder anderweitige schwere internistische Erkrankungen teil. Das durchschnittliche Alter der Probanden lag bei 29 Jahren (Spannweite: 22-38 Jahre). Alle Versuchspersonen waren deutsche Muttersprachler, die im FAS-Worflüssigkeitstest (38) und im Word Listening by Domain Test (39) Werte innerhalb des Referenzbereichs aufwiesen. Weiterhin waren alle Probanden sowohl nach eigener Angabe als auch auf Grundlage der Edinburgh Handedness Inventory Messskala Rechtshänder (40). Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Düsseldorf genehmigt. Eine schriftliche Einverständniserklärung zur Teilnahme lag nach ausführlicher Aufklärung über Vorgehensweise und mögliche Risiken vor. Proband 3 wurde aufgrund von den restlichen Probanden stark abweichender Aktivitätsniveaus in den fMRT-Messungen ausgeschlossen.

2.1.3 Experimenteller Aufbau

Das fMRT Experiment gliedert sich in einen auditiven und visuellen Abschnitt. Es wurden jeweils zweisilbige deutsche Substantive entweder akustisch über Kopfhörer oder visuell in Druckbuchstaben über einen entsprechenden Bildschirm präsentiert. Beide Abschnitte bestanden jeweils aus 18 Blöcken mit einer ON-Phase zur Präsentation von 30 Substantiven, sowie einer nachfolgenden 30-sekündigen Ruhephase (OFF-Phase). Die Stimuluspräsentation dauerte in der visuellen ON-Phase 30 Sekunden, in der auditiven ON-Phase 36 Sekunden.

Aus je einem von drei Pools mit einem Gesamtumfang von je 200 Worten erfolgte die Auswahl zweisilbiger Worte durch Pseudorandomisierung. Der erste Pool beinhaltete Worte mit hohem Grad an Bildhaftigkeit (z.B. Blume), der zweite umfasste Worte mit hohem Grad an Abstraktheit (z.B. Theorie). Der dritte hingegen enthielt zweisilbige Wortneuschöpfungen (z.B. Nurlik). Wortwiederholungen wurden ausgeschlossen. Die Auswahl der Worte für die Kategorie ‚Bildhaft‘ und ‚Abstrakt‘ stützt sich zum einen auf ein aus der Arbeit von Baschek et al. hervorgegangenes Pool aus deutschen Substantiven (41). Zum anderen wurde die Wortliste nach Vorselektion, Anpassung der Werteskalen und Übersetzung, um eine Wortliste mit zweisilbigen Worten aus einer englischen psycholinguistischen Datenbank ergänzt (42). Dadurch wurde das ursprüngliche Wortpool um 70 Worte aus der englischen Datenbank für beide Kategorien erweitert. Die Selektion der Worte für die Kategorie ‚Wortneuschöpfungen‘ erfolgte durch fünf Testpersonen, die die Worte nach dem Gehalt der fehlenden Sinnhaftigkeit einstufen.

Während der Stimuluspräsentation sollten die Probanden den jeweiligen Worten zuhören bzw. jene lesen, ohne die Gedanken abschweifen zulassen. Während der gesamten auditorischen Versuchsdurchführung sollten die Versuchspersonen die Augen geschlossen halten; die OFF-Phasen dienten der Entspannung.

Die akustische Präsentation erfolgte über einen MR-tauglichen (Stereo-) Kopfhörer. Die Worte wurden von einem erfahrenen Sprecher auf Tonband aufgenommen, geschnitten und in elektronischer Form verlustfrei als Wav-Datei gespeichert.

Die visuelle Präsentation der geschriebenen Worte erfolgte durch Projektion auf eine Leinwand über einen Videobeamer. Die Wortauswahl, das genaue Timing der Wortpräsentation und die zeitliche Koordination des Gesamtexperimentes erfolgten über die Stimulussoftware „*Presentation*“ (Neurobehavioral Systems, Kalifornien, USA).

2.1.4 Akquisition der fMRT und anatomischen MRT Daten

Es wurde ein 1,5 Tesla MR-Tomograph (Typ: Sonata, Siemens, Erlangen) am Institut für Medizin im Forschungszentrum Jülich benutzt. Es fand dabei die BOLD-Technik (blood oxygen level dependent) Verwendung.

Für die fMRT Experimente wurde für alle Probanden einheitlich eine T2-gewichtete Gradientenecho-(EPI-) Sequenz mit folgenden technischen Parametern verwendet: TR (Repetition time) = 3s, TE (Echo time) = 60 ms, Flip angle = 90°, Field of View (FOV) = 200 mm. Es erfolgte eine axiale Schnittführung entlang der anterioren und posterioren Kommissur. Die Größe der (Schicht-) Matrix betrug 64*64 entsprechend einer räumlichen Auflösung von 3.12*3.13 mm² in der (x-y-) Ebene. Die Anzahl der Schichten betrug 25, der Schichtabstand (in z-Richtung) 6 mm. Zusätzlich wurde mit einer hochauflösenden MP-RAGE-Sequenz eine anatomische Messung durchgeführt. Die technischen Parameter der Experimente waren für alle Probanden einheitlich: TR = 1.4 ms, TE = 4.4 ms, Flip angle 15°, FOV= 250 mm, sagittale Schnittführung, Matrixgröße 256*256 entsprechend einer räumlichen Auflösung von 0.98*0.98 mm² in der (y-z-) Ebene, Anzahl der sagittalen Schichten: 128, Schichtdicke 1.25 mm.

Die Messzeit für die auditiven und visuellen fMRT Experimente betragen jeweils 20 Minuten. Daraus ergaben sich für den funktionellen 3D-Datensatz sowohl der auditiven als auch der visuellen Experimente bei einer TR von 3s ungefähr 400 Messpunkte. Die Messpunkte des ersten Versuchsblockes, nämlich ungefähr 24 Messpunkte, wurden zur Verhinderung von Sättigungseffekten verworfen, so dass die untersuchte Zeitreihe für beide Bedingungen aus 376 Messpunkten bestand. Die anatomischen MRT Experimente dauerten insgesamt 12 Minuten.

2.2 Datenvorbereitung der gemessenen Hirnscans

Ziel der Datenvorbereitung der gemessenen Hirnscans war es die funktionellen und anatomischen Datensätze, trotz unterschiedlicher Messmodalität, räumlich aufeinander anzupassen und in anatomische Vorlagen des Montreal Neurological Institutes (MNI) zu übertragen (43). Diese Vorbereitung ließ erst eine voxelbasierte Untersuchung im MNI-Koordinatenraum (MNI-Raum) zu.

Mit Hilfe des Softwarepakets SPM2 (University College London, Institute of Neurology, Wellcome Trust Center for Neuroimaging) wurden die Datensätze vorbereitet. Zunächst erfolgte eine Neuausrichtung der 376 funktionellen MRTs einer Zeitreihe auf das 10. Bildvolumen der akustischen Versuchsbedingung, um Kopfbewegungen innerhalb des Experimentes zu berücksichtigen. Darauf folgte für jeden Probanden die Normalisierung der fMRT Bildvolumen auf den MNI-Raum in einer räumlichen Auflösung von $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 2\text{mm}$ Voxelgröße. Anschließend erfolgte eine Glättung mithilfe eines 3-D Gaußfilters (FWHM = 6 mm) zur Minimierung individueller Unterschiede der Anatomie sowie des Rauschens. Schließlich wurde eine zeitliche Bandpass-Filterung mit cut-off-Frequenzen von 0,01 Hz und 0,1 Hz verwendet, um niederfrequente Störungen wie Scanner-Drift oder Bewegungen der Probanden im Verlauf der Messung sowie hochfrequente Störungen wie puls- oder atemabhängige Artefakte zu reduzieren. Mithilfe der cut-off-Frequenzen von 0,01 Hz und 0,1 Hz konnte zudem eine Interferenz der durch die alternierenden Blöcke hervorgerufenen Frequenz von 0,015 Hz ausgeschlossen werden.

Analog erfolgte für jeden Probanden die Normalisierung der anatomischen MRT Bildvolumen mithilfe des Softwarepakets SPM2 auf den MNI-Raum in einer räumlichen Auflösung von $1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 1\text{mm}$ Voxelgröße.

2.3 Ausgangsvoxel

2.3.1 Definition und Funktion der Ausgangsvoxel

Diejenigen Voxel, die die graue Substanz der zu untersuchenden Hirnregion, nämlich beider BA 42, in Abständen von 4 mm im MNI-Raum abbilden, werden von den restlichen Voxel durch die Bezeichnung Ausgangsvoxel (im Englischen *seedvoxel*) abgegrenzt. Die Ausgangsvoxel besitzen eine Größe von 1 mm^3 . Von diesen Ausgangsvoxel der BA 42 wird nach weiteren Verarbeitungsschritten die funktionelle Konnektivität zu den anderen Hirnregionen, im späteren Verlauf „Zielregionen“ genannt, ermittelt.

Für die Selektion der Ausgangsvoxel zur flächendeckenden Absteckung der grauen Substanz beider BA 42 war vorbereitend eine Grenzziehung beider BA 42 innerhalb der anatomischen MRTs nötig.

2.3.2 Grenzziehung der Ausgangsregion

Vorgehen:

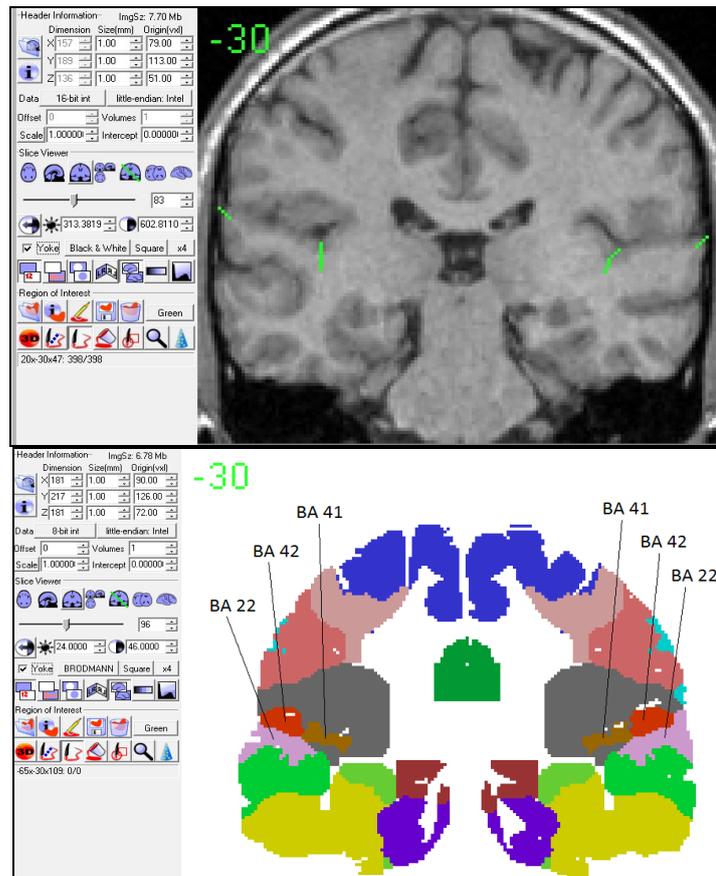


Abb. 1: Manuelle und elektronische Grenzziehung der BA 42 beider Seiten. (oben) Anatomisches MRT-Schnittbild des Probanden 6 in koronarer Schnittführung bei $y = -30$ mit manueller Begrenzung beider BA 42 unter Berücksichtigung der anatomischen Gyrierung. Die jeweils medial liegende Markierung (grün) grenzt die Heschl-Querwindungen (BA 41) von der BA 42 ab. Die jeweils lateral liegende Markierung stellt die Grenze zwischen BA 42 und BA 22 dar. (unten) Koronarschnitt aus dem elektronischen Brodmann-Atlanten des Softwareprogramms MRIcro bei $y = -30$. Dieser elektronische Atlas richtet sich ebenso nach dem MNI-Koordinatenraum und grenzt die Rindenfelder farblich voneinander ab (BA 41: braun; BA 42: rot; BA 22: lila).

Die BA 42 ist eine histologisch definierte Region. Um dennoch in vivo eine entsprechende Grenzziehung der Ausgangsregion in den individuellen anatomischen MRTs zu erreichen, wurden die Grenzregionen mittels zweier unterschiedlicher Verfahrensweisen abgesteckt (siehe Abb. 1) und in einem finalen Schritt miteinander verglichen. Dazu wurde die koronare Schnittebene als geeignete Schnittebene ausgesucht. Mithilfe der frei erhältliche Software „MRIcro“ (44) wurden die anatomischen MRTs mit einer Schichtdicke von 1mm in allen drei Schnittebenen auf dem Monitor betrachtet.

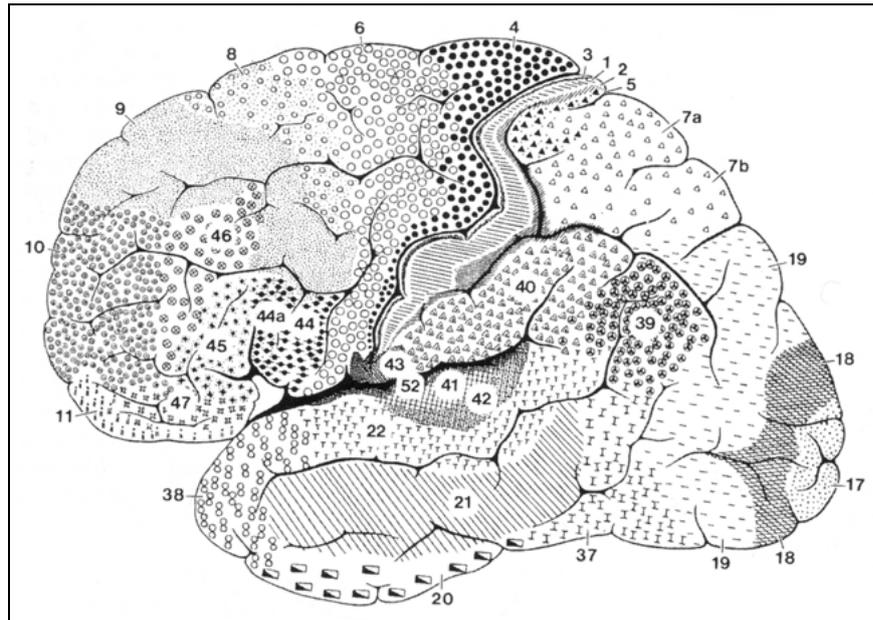
Manuelle Grenzziehung:

Abb. 2: Laterale Ansicht der linken Großhirnhemisphäre mit Gliederung und Nummerierung aller Rindenfelder nach Brodmann (mit freundlicher Genehmigung aus: Trepel, Neuroanatomie, 5. Auflage 2012 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München). Das mit der Zahl 41 repräsentierte Rindenfeld entspricht den Heschl Querwindungen (BA 41) und entsprechend dem primär akustischen Kortex. Das mit 42 nummerierte Rindenfeld entspricht der BA 42 der linken Großhirnhemisphäre.

Mit Hilfe des Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen (45), dem Lehrbuch der Neuroanatomie von Trepel (13) und unter Kenntnisnahme der Rindenfeldgliederung nach Brodmann (14) wurde bei koronarer Schnitfführung die Begrenzung beider BA 42 Seiten nach folgenden Kriterien definiert.

Der Rindenfeldgliederung nach Brodmann (14) zufolge liegt die BA 42 den Heschl Querwindungen (BA 41) lateral auf (siehe Abb. 2). Die BA 42 liegt wiederum der BA 22 lateral auf. Die Grenzfläche von BA 42 und BA 22 befindet sich bei maximaler lateraler Ausdehnung der BA 42 gegenüber der Schädelkalotte. Die mediale Begrenzung der BA42 ergibt sich in den anatomischen MRTs durch das laterale Auslaufen der Heschl-Querwindungen. Das ventrale und dorsale Auslaufen der Heschl-Querwindungen wurde entsprechend als ventrale und dorsale Begrenzung der BA42 definiert. Die ventrale Grenze lag bei $y = -12$ und die dorsale Grenze bei $y = -33$ im MNI- Raum.

Elektronische Grenzziehung:

Der Übergang zwischen den Rindengebieten BA 42 und BA 22, respektive die laterale Begrenzung, konnte nicht mit dem Verlauf einer anatomischen Struktur assoziiert werden. Aus diesem Grund wurde zusätzlich mithilfe der MRIcro medical image Software ein elektronischer Brodmann Atlas im MNI-Raum zur Assistenz verwendet (siehe Abb. 1).

Festlegung der Grenzen:

Der Vergleich zwischen den manuell markierten Grenzen unter Berücksichtigung individueller Eigenheiten und den standardisierten Grenzen des elektronischen Atlanten zeigte Überlappungen und Unterschiede auf. Bei einer Divergenz der Markierungen wurden die Abgrenzungen erneut überprüft. Bei bestehender Ungleichheit in der ventralen, medialen oder dorsalen Abgrenzung wurde die manuell eingezeichnete Begrenzung aufgrund ihrer Berücksichtigung von anatomischen Strukturen und individueller Eigenheiten übernommen. In der lateralen Begrenzung wurde dem elektronischen Atlanten mehr Aussagekraft zuerkannt.

2.3.3 Selektion der Ausgangsvoxel

Nach Festlegung der Grenzen beider BA 42 aller Probanden wurden mit der „*Regions of interest*“-Funktion (ROI) der MRIcro medical image Software die Ausgangsvoxel entlang der grauen Substanz in circa 4mm Abständen abgesteckt. Die entstandenen Bilddateien mit den MNI Koordinaten der Ausgangsvoxel wurden als MRIroi Dateien gespeichert. Die rechtsseitige und linksseitige BA 42 wurden getrennt voneinander abgespeichert.

In Abb. 3 wird exemplarisch für Proband 6 die Absteckung der Ausgangsvoxel auf den entsprechenden anatomischen MRT Schnittbildern im MNI-Raum veranschaulicht.

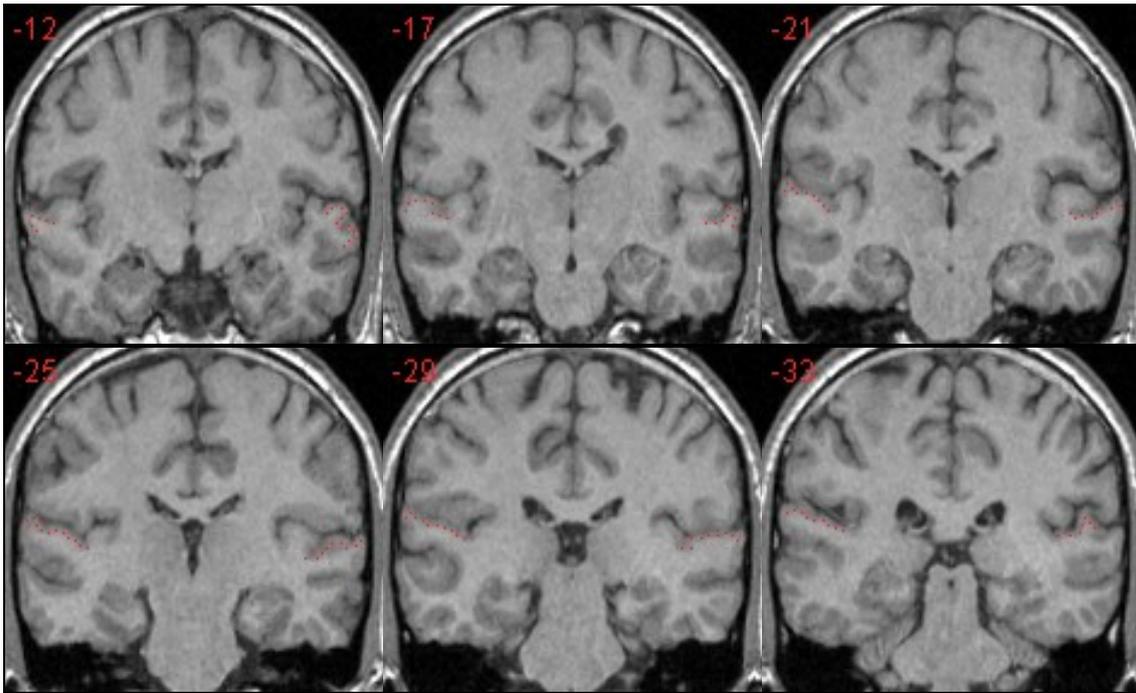


Abb. 3: Anatomische MRT Schnittbilder mit abgesteckten Ausgangsvoxel des Probanden 6. Zur Veranschaulichung werden exemplarisch an Proband 6 die abgesteckten Ausgangsvoxel (rote Punkte) beider BA 42 in sechs koronaren MRT Schnitten (obere Reihe von links nach rechts: y-Achsen: -12,-17,-21, untere Reihe von links nach rechts: y-Achsen -25,-29 und -33) abgebildet. Die Ausgangsvoxel wurden in 4 mm Abständen entlang der grauen Substanz abgesteckt und führen zu einer flächendeckenden Abbildung beider BA 42.

2.4 Funktionelle Konnektivitätsanalyse

2.4.1 Berechnung der funktionellen Konnektivität zu den Ausgangsvoxel

```
// ++++++
// ++++++
//HIER Daten eingeben

bool AUD = 1; // 0 = Visuell, 1 = Auditorisch
int howmany = 47; // wieviele Koordinaten aus der Liste 1
int whichpersonlow = 1;
int whichpersonhigh = 1;
// LIST 1 MNI zahl 1 komma zahl 2 komma zahl 3 komma neue zeile
Int koordinates [] =
{
```

Abb. 4: Programmroutinen in der Programmiersprache C++ zur Berechnung der funktionellen Konnektivität. Beispielhaft wird der Kopfteil von Proband 1 im auditiven Versuchsaufbau abgebildet. Die blau markierten Sätze geben eine Erklärung der möglichen Auswahl, in der letzten Zeile erfolgt die Eingabe der formatierten Ausgangsvoxel Tabellen.

Zur Ermittlung der funktionellen Konnektivität wurden eigens geschriebene Programmroutinen in der Programmiersprache C++ verwendet (siehe Abb. 4). Als Compiler diente die frei erhältliche Software Devil-C++ von dem Unternehmen Bloodshed Software.

Durch Verwendung der Programmroutinen konnte aus den fMRT Dateien die Korrelationen des BOLD Wertes der Ausgangsvoxel mit den BOLD-Werten der anderen Voxel für jeden Probanden berechnet werden. Ein hoher Korrelationswert entsprach dabei einer hohen funktionellen Konnektivität. Eine hohe funktionelle Konnektivität bewerteten wir im Sinne eines ähnlichen Aktivierungsmusters zwischen Ausgangsvoxel und Voxel abstammender Hirnregion.

Vorbereitend wurden die zuvor in Excel formatierten Ausgangsvoxel-Tabellen in die Programmroutine (siehe Abb. 4) unter „Int coordinates [] =“ eingesetzt und somit die Korrelationen zu allen anderen Voxeln des gleichen Probanden aufgerufen.

Die Berechnung erfolgte für beide Modalitäten. Das Korrelationsbild jedes einzelnen Ausgangsvoxel wurde für beide Versuchsabläufe getrennt als Volumendatensatz gespeichert und lag als Bilddatei zum Einlesen bereit.

Das Korrelationsbild eines Ausgangsvoxel mit allen anderen Voxeln bildet die Grundlage zur Identifizierung von lokalen Maxima.

Die Akquisition der Korrelationsbilder wurde durch die Arbeitsgruppenpartnerin Frau Oona Kohnen durchgeführt.

2.4.2 Identifikation der lokalen Maxima für jeden Ausgangsvoxel

Definition:

Mit lokalem Maximum wird ein Voxel mit der höchsten Korrelation in seiner Umgebung beschrieben. Die Bezeichnung „Cluster“ beschreibt dabei die Anzahl an Voxel in der unmittelbaren Umgebung mit geringerer Korrelation. Zur Auswahl der lokalen Maxima mussten folgende Voraussetzungen gegeben sein. Alle Voxel des Clusters müssen den Korrelationsschwellenwert von 0,3 übersteigen und darüber hinaus muss dem lokalen

Maximum mindestens ein Cluster von 9 benachbarten Voxel angehören. Die Absicht dieser Limitierungen ist es lokal bedeutende Cluster aufzuzeigen.

Vorgehen:

Zur Auffindung der lokalen Maxima aus sämtlichen Voxelverbindungen eines Ausgangsvoxels kam das durch C++ Programmerroutinen erstellte Programm „Maximumfindung“ zum Einsatz. Das als Volumendatensatz gespeicherte Korrelationsbild jedes einzelnen Ausgangsvoxels wurde zunächst in eine Textdatei umgewandelt, um dann einzeln dem Programm zum Einlesen dargeboten zu werden. Es kam daraufhin jeweils zur Ausgabe von zwei Textfiles. Eines der beiden Textfiles listete dabei unabhängig der anatomischen Lokalisation sämtliche lokalen Maxima desjenigen Ausgangsvoxels mit entsprechender Koordination auf (z. B. A3/V3.dat__-56_-11_-3_p_X.img.out.txt). Das zweite Textfile berücksichtigte zusätzlich das anatomische Bezeichnungssystem „*Automated Anatomical Labelling*“ (AAL) oder Brodmann, welche sich nach dem MNI Koordinatenraum richten, um jeder Koordination die entsprechenden anatomische Zielregion zuzuordnen. Dabei wurde den Maxima bei der Einordnung in die AAL- oder Brodmann Region eine räumliche Toleranz von bis zu 6 mm eingeräumt. Für den Fall das sich im Umkreis von 6 mm zwei unterschiedliche Zielregionen befanden, wurde das Maxima der Region mit geringerer Toleranz zugeordnet. Das zweite Textfile zeigte für einige Zielregionen mehrere lokale Maxima, so dass das Programm überarbeitet worden ist, um für jede anatomische Zielregion nur das höchste Maxima aufzunehmen. Andererseits konnten für einige Zielregionen nicht die Voraussetzungen eines lokalen Maxima erfüllt werden, so dass in diesen Fällen keine Werte vorlagen.

Die erstellten „Maxima Textfiles“ mit ihrer Auflistung sämtlicher höchster Maxima wurden nach Probanden und nach Versuchsabläufen (AUD bzw. VIS) getrennt in Ordnern gespeichert.

Mit Hilfe der Identifikation von lokalen Maxima konnten die Korrelationsbilder jedes untersuchten Ausgangsvoxels zusammengefasst werden, so dass zu jeder anatomischen Zielregion nur das lokale Maxima angezeigt wurde.

Die Akquisition der lokalen Maxima wurde durch die Arbeitsgruppenpartnerin Frau Oona Kohnen durchgeführt.

2.4.3 Graphische Darstellung der Korrelationsmuster

Vorbereitung:

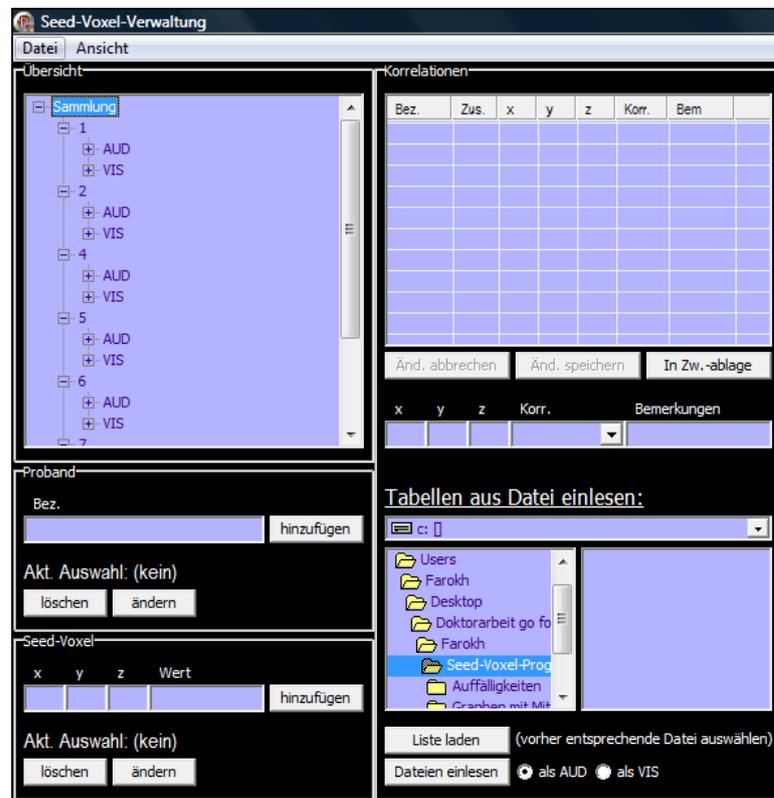


Abb. 5: Graphikfenster 1 des Programms Project1. Vorbereitend wurde für jeden Probanden mit der Option „Proband, Bez. hinzufügen“ ein Ordner generiert. In diese Ordner wurden die Textdatei formatierte Koordinatenliste nach Probanden getrennt und die Maxima-Textfiles nach Probanden und Versuchsablauf getrennt mittels der Funktion „Dateien einlesen“ eingelesen.

Das Programm Project1 wurde durch Programmroutinen in der Programmiersprache C++ erstellt, um für die Ausgangsvoxel einer BA 42 Seite das höchste Maxima jeder Zielregion in Form eines Kreuzkorrelogrammes abzubilden. Im weiteren Verlauf wird das höchste lokale Maxima zwischen Ausgangsvoxel und einer Zielregion als Korrelationswert zwischen Ausgangsvoxel und dieser Zielregion bezeichnet. Dabei drückt der Korrelationswert jeweils die funktionelle Konnektivität zwischen Ausgangsvoxel und der jeweiligen Zielregion aus.

Vorbereitend musste die als Textdatei formatierte Koordinatenliste nach Probanden getrennt in die gleichen Ordner wie die Maxima-Textfiles gespeichert werden. Im Programm Project1 wurde hierzu im Graphikfenster 1 (siehe Abb. 5) mittels der Option „Proband, Bez. hinzufügen“ für jeden Probanden ein Ordner generiert. Darauf erstellte sich automatisch für

jeden Probanden ein Unterordner „AUD“ zur Darstellung des auditiven Versuchsablaufes und ein Unterordner „VIS“ zur Darstellung des visuellen Versuchsablaufes.

Diese Vorverarbeitung ließ nun ein geordnetes Einlesen sowohl der Maxima- als auch der Koordinaten-Dateien zu. Die Koordinatentabellen jedes Probanden wurden mittels der Funktion „Liste laden“ in die entsprechenden Ordner eingelesen. Die Maxima-Textfiles der Probanden wurden durch Auswahl des Versuchsablaufs (VIS oder AUD) und Wählen der Funktion „Dateien einlesen“ eingelesen. Nach kompletter Eingabe sämtlicher Dateien wurde die Sammlung als File „Sammlung BA 42“ gespeichert und lag zur Erstellung von Kreuzkorrelogrammen bereit.

Erstellung von Kreuzkorrelogrammen:

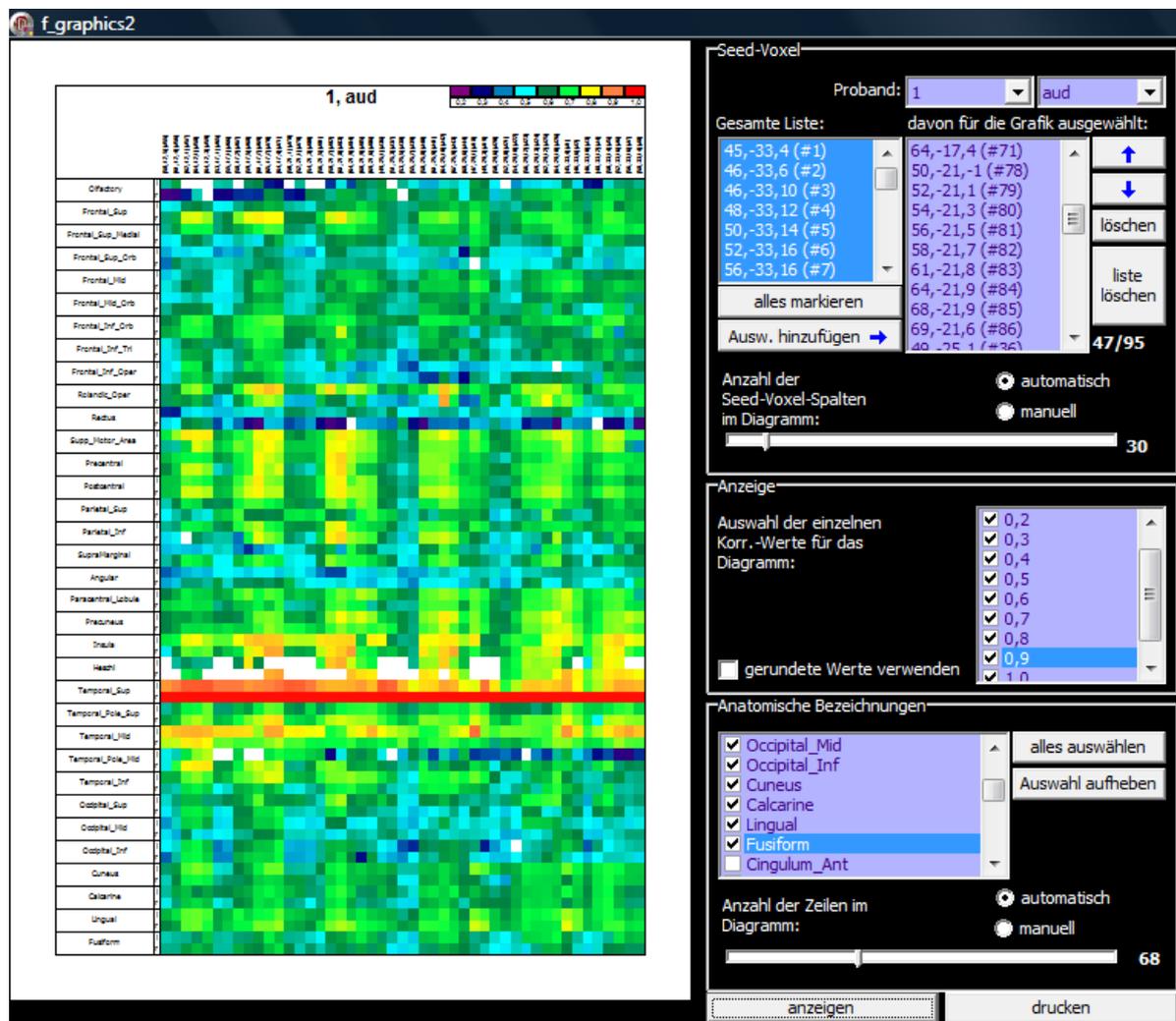


Abb. 6: Graphikfenster 2 des Programms Project1. Im rechten Abschnitt des Graphikfensters erfolgt die Auswahl der im Kreuzkorrelogramm in der x-Achse abzubildenden Ausgangsvoxel (oben), der abzubildenden Korrelationswerte (mitte) und der im Kreuzkorrelogramm in der y-Achse abzubildenden Zielregionen (unten). Daraus wird dann im linken Abschnitt der entsprechende Kreuzkorrelogramm angezeigt. Die erstellten Kreuzkorrelogramme geben farblich graduiert für die einzelnen Ausgangsvoxel einer BA 42 Seite die jeweilige Korrelationsstärke zu sämtlichen der 68 Zielregionen wieder.

Nach Öffnen der „Sammlung BA 42“ und Wechsel in die Ansicht Graphikfenster 2 (siehe Abb. 6) ermöglicht das Programm aus dem gesamten Datensatz der „Sammlung BA 42“ einzelne Ausgangsvoxel und Zielregionen auszuwählen, dessen Korrelationswert im Kreuzkorrelogramm abgebildet werden sollen.

Die Kreuzkorrelogramme wurden für jeden Probanden und für jeden Versuchsablauf wie folgt standardisiert zusammengestellt. Im Kreuzkorrelogramm wurden auf der x-Achse alle Ausgangsvoxel der BA 42 einer Hemisphäre samt ihrer MNI-Koordinate aufgetragen. Auf der y-Achse wurden 34 anatomische Zielgebiete aus beiden Frontallappen, Parietallappen, Temporallappen und Okzipitallappen aufgetragen. Dabei wurden die linksseitige und die rechtsseitige Region immer abwechselnd aufgetragen, so dass insgesamt 68 Zielregionen betrachtet wurden.

1.	Olfactory	Olfaktorischer Kortex
2.	Frontal_Sup	Gyrus frontalis superior
3.	Frontal_Sup_Medial	Gyrus frontalis superior, Pars media
4.	Frontal_Sup_Orb	Gyrus frontalis superior, Pars orbitalis
5.	Frontal_Mid	Gyrus frontalis medius
6.	Frontal_Mid_Orb	Gyrus frontalis medius, Pars orbitalis
7.	Frontal_Inf_Orb	Gyrus frontalis inferior, Pars orbitalis
8.	Frontal_Inf_Tri	Gyrus frontalis inferior, Pars triangularis
9.	Frontal_Inf_Oper	Gyrus frontalis inferior, Pars opercularis
10.	Rolandic_Oper	rolandisches Operculum
11.	Rectus	Gyrus rectus
12.	Supp_Motor_Area	supplementärmotorisches Areal (SMA)
13.	Precentral	Gyrus precentralis
14.	Postcentral	Gyrus postcentralis
15.	Parietal_Sup	Gyrus parietalis superior
16.	Parietal_Inf	Gyrus parietalis inferior
17.	SupraMarginal	Gyrus supramarginalis
18.	Angular	Gyrus angularis
19.	Paracentral_Lobule	Lobulus paracentralis
20.	Precuneus	Precuneus
21.	Insula	Insula
22.	Heschl	Heschl-Querwindungen (Heschl)
23.	Temporal_Sup	Gyrus temporalis superior
24.	Temporal_Pole_Sup	Gyrus temporalis superior, Polus temporalis
25.	Temporal_Mid	Gyrus temporalis medius
26.	Temporal_Pole_Mid	Gyrus temporalis medius, Polus temporalis
27.	Temporal_Inf	Gyrus temporalis inferior
28.	Occipital_Sup	Gyrus occipitalis superior
29.	Occipital_Mid	Gyrus occipitalis medius
30.	Occipital_Inf	Gyrus occipitalis inferior
31.	Cuneus	Cuneus
32.	Calcarine	calcarinische Region
33.	Lingual	Gyrus lingualis
34.	Fusiform	Gyrus fusiformis

3 Auswertung

3.1 Funktionelle Konnektivität der einzelnen Ausgangsvoxel einer Brodmann Area 42 zu den betrachteten Zielregionen

Die Datensätze aus den graphischen Abbildungen der Kreuzkorrelogramme wurden aus dem Programm Project1 kopiert und in eine Excel-Tabelle eingefügt. Die in Excel tabellarisch abgebildeten Datensätze der Kreuzkorrelogramme stellen die Korrelationsstärke der einzelnen Ausgangsvoxel einer BA 42 zu den betrachteten Zielregionen für jeden Probanden einzeln dar. Dabei drückt der Korrelationswert jeweils die funktionelle Konnektivität zwischen den einzelnen Ausgangsvoxel einer BA 42 und den jeweiligen Zielregionen aus.

3.2 Funktionelle Konnektivität beider Brodmann Areae 42 zu den betrachteten Zielregionen

3.2.1 Quantifizierung der funktionellen Konnektivität der Brodmann Area 42

Um die funktionelle Konnektivität zwischen der gesamten Ausgangsregion BA 42 rechts bzw. links und den jeweiligen Zielregionen zu quantifizieren, wurde die Korrelationsstärke sämtlicher Ausgangsvoxel einer BA 42 für die gleiche Zielregion durch die Ermittlung der mittleren Korrelationsstärke zusammengefasst. Der mittlere Korrelationswert dient somit als Ausdruck der funktionellen Konnektivität zwischen der BA 42 und der jeweiligen Zielregion.

Die vorangegangene Prüfung auf Normalverteilung der Korrelationswerte sämtlicher Ausgangsvoxel einer BA 42 mithilfe der Software SigmaStat (Version 3.1, Jandel Scientific, Corte Madera USA) ergab für die Mehrheit der Zielregionen keine Normalverteilung, so dass zur Beschreibung der mittleren Korrelationsstärke der Median herangezogen wurde.

Die Ermittlung des Median erfolgte mithilfe der Software SigmaStat. Die in der Excel-Tabelle abgebildeten Korrelationswerte sämtlicher Ausgangsvoxel einer BA 42 für die gleiche Zielregion wurden kopiert und in das Programm SigmaStat kopiert. Daraufhin konnte der jeweilige Medianwert ermittelt werden.

3.2.2 Individualanalyse

Der durch die Software SigmaStat errechnete Median einer jeweiligen Zielregion wurde jeweils in ein neues Excel-Fenster eingefügt, um in einer Tabelle die funktionelle Konnektivität einer BA 42 zu den betrachteten Zielregionen aufzutragen. Diese Tabelle wurde um die Ergebnisse jeder der getesteten Probanden erweitert. Letztendlich entstand für jeden der beiden Versuchsabläufe und für beide BA 42 jeweils eine Tabelle, die anhand der mittleren Korrelationsstärken die funktionelle Konnektivität einer BA 42 zu den untersuchten Zielregionen für jeden der getesteten Probanden abbildete (siehe Tabellen 1 bis 8).

Aufgrund der besseren Übersicht wurden die Ergebnisse für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen gesondert von den Ergebnissen der Temporal- und Parietallappen dargestellt. In den Tabellen wurden zudem zur besseren Analyse die fünf stärksten mittleren Korrelationsstärken beider Gehirnlappen (GL) sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken über 0,7 fett markiert. Nach Durchsicht der mittleren Korrelationsstärken wurde ein Wert $\geq 0,7$ als starke Konnektivität definiert.

Anhand dieser Tabellen wird in der Individualanalyse die funktionelle Konnektivität beider BA 42 beschrieben.

3.2.3 Gruppenanalyse

Die Gruppenanalyse basiert auf der Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärke zu den jeweiligen Zielregionen bei allen sieben Probanden.

Die Ergebnisse werden tabellarisch präsentiert. Die Zielregionen eines Lappens werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet, um die Zielregionen mit probandenübergreifend hoher funktioneller Konnektivität aufzuzeigen. Weiterhin wird anhand der Höhe der im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität aufgezeigt, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter sämtlichen 68 untersuchten Zielregionen aus den vier GL belegt. Zur besseren Übersicht wurden die Ergebnisse getrennt für rechte und linke BA 42

und für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen gesondert von den Ergebnissen der Temporal- und Parietallappen dargestellt (siehe Tabellen 13-16 und 18-21).

Im Anschluss darauf wurden nochmals separat die 20 Zielregionen, unabhängig ihrer Lappenzugehörigkeit, mit der im Mittel stärksten funktionellen Konnektivität in einer Tabelle für beide Versuchsabläufe nebeneinander aufgetragen, um explizit die funktionell starken Einbindungen der rechten BA 42 (siehe Tabelle 17) und linken BA 42 (siehe Tabelle 22) zu beschreiben.

3.3 Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Brodmann Areae 42 zu den Zielregionen zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf

3.3.1 Selektion der Zielregionen mit unterschiedlicher funktioneller Konnektivität

Um der Frage nach dem Effekt der Modalitätsart - auditiv versus visuell präsentierte Einzelwörter - auf die passive Sprachwahrnehmung nachzugehen, wurde die funktionelle Konnektivität beider BA 42 zu den Zielregionen zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf verglichen. Die Untersuchung erfolgte dabei gesondert für die rechte und linke BA 42. Hierzu wurde wie folgt vorgegangen.

Zunächst wurde eine statistische Voruntersuchung durchgeführt, um zu prüfen, ob sich die funktionelle Konnektivität zwischen der rechten bzw. linken BA 42 und den jeweiligen Zielregionen unter beiden Versuchsabläufen signifikant voneinander unterscheidet.

Aufgrund der vorangegangenen Feststellung einer fehlenden Normalverteilung der Korrelationswerte sämtlicher Ausgangsvoxel einer BA 42 für die Mehrheit der Zielregionen kam der Mann-Whitney-U-Test (U-Test) zur Anwendung. Anhand des U-Tests wurde die funktionelle Konnektivität zwischen der rechten bzw. linken BA 42 und der jeweiligen Zielregion zwischen beiden Versuchsabläufen verglichen. Ein p-Wert unter 0,05 wurde als signifikant angesehen. Die Signifikanzprüfung mittels U-Test wurde mithilfe der Software SigmaStat (Version 3.1, Jandel Scientific, Corte Madera, USA) durchgeführt. Die Ergebnisse der U-Tests für beide BA 42 sind im Anhang unter Kapitel 12.1 und 12.2 dargestellt (siehe Tabellen 28 und 29).

Anhand der Ergebnisse des U-Test wird in Kapitel 3.3.2 selektiert, für welche der Zielregionen der Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe berechnet werden kann.

3.3.2 Berechnung des Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität

Im nächsten Schritt wurde für jede Zielregion eines Probanden die Differenz zwischen der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe nach folgender mathematischer Formel ermittelt (siehe Abb. 7).

$$\text{Differenz Zielregion } x = [\text{mittlere Korrelationsstärke Zielregion } x]_{\text{AUD}} - [\text{mittlere Korrelationsstärke Zielregion } x]_{\text{VIS}}$$

Abb. 7: Mathematische Formel zur Berechnung des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität. AUD: auditiver Versuchsablauf; VIS: visueller Versuchsablauf

Bei der Ermittlung der Differenz wurden die in Kapitel 3.3.1 ermittelten U-Test Werte berücksichtigt. Für diejenigen Zielregionen, bei denen im U-Test kein signifikanter Unterschied in der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe festgestellt worden war ($p\text{-Wert} \geq 0,05$), wurde die Differenz auf null gesetzt.

Die jeweils errechnete Differenz in der mittleren Korrelationsstärke drückt den Unterschied in der funktionellen Konnektivität zwischen der rechten bzw. linken BA 42 und der jeweiligen Zielregion zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf aus. Die errechnete Differenz gibt somit für jede Zielregion an, inwiefern die Änderung der Modalitätsart dessen funktionelle Konnektivität beeinflusst.

3.3.3 Individualanalyse

Die jeweils ermittelte Differenz in der funktionellen Konnektivität einer jeweiligen Zielregion wurde in ein neues Excel-Fenster eingefügt, um in einer Tabelle den Unterschied in der funktionellen Konnektivität der BA 42 zu den betrachteten Zielregionen zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf einzuzeichnen. Diese Tabelle wurde um die Ergebnisse jeden der getesteten Probanden erweitert. Die Ergebnisse wurden getrennt für die rechte und linke BA 42 abgebildet (siehe Tabellen 9 bis 12). Aufgrund der besseren Übersicht wurden die

Ergebnisse für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen gesondert von den Ergebnissen der Temporal- und Parietallappen dargestellt.

In den Tabellen wurden zur besseren Analyse die positiven Differenzwerte, die negativen Differenzwerte sowie die Differenzwerte, die dem Wert null entsprachen, farblich voneinander abgegrenzt. Ein positiver Differenzwert sprach der jeweiligen Zielregion eine Steigerung der funktionellen Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, ein negativer Differenzwert entsprechend im visuellen Versuchsablauf zu. Ein Differenzwert gleich null entsprach keinem Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe.

Anhand dieser Tabellen wird in der Individualanalyse der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider BA 42 beschrieben.

3.3.4 Gruppenanalyse

Die Gruppenanalyse basiert auf der Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung der Differenz in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe aller Probanden.

Die Ergebnisse werden tabellarisch präsentiert. Die Zielregionen eines Lappens werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet, um die Zielregionen nach Größe des Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität einzuordnen. Letztendlich wird anhand der Höhe des im Mittel bestehenden Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe aufgezeigt, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter sämtlichen 68 untersuchten Zielregionen aus den vier GL belegt. Die Ergebnisse wurden getrennt für die rechte und linke BA 42 abgebildet (siehe Tabellen 23-26). Zur besseren Übersicht wurden die Ergebnisse für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen gesondert von den Ergebnissen der Temporal- und Parietallappen dargestellt.

Im Anschluss darauf wurden separat die 20 Zielregionen, unabhängig ihrer Lappenzugehörigkeit, mit dem im Mittel größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität zwischen beiden Versuchsabläufen in einer Tabelle für die rechte und linke BA 42 nebeneinander aufgetragen (siehe Tabelle 27), um explizit die starken modalitätsabhängigen Zielregionen beider BA 42 zu beschreiben.

4 Ergebnisse - Individualanalyse

Die Individualanalyse erfolgt unter zwei Gesichtspunkten.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen wird in Kapitel 4.1 und der linken BA 42 in Kapitel 4.2 für den auditiven und den visuellen Versuchsablauf evaluiert. Absicht dieser Evaluation ist es, diejenigen Zielregionen jedes Gehirnlappens zu identifizieren, für die eine hohe funktionelle Konnektivität unter dem visuellen oder auditiven Versuchsablauf besteht.

Als zweiter Gesichtspunkt wird der Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf in Kapitel 4.3 und der entsprechenden linken BA 42 in Kapitel 4.4 analysiert. Dabei wird die Absicht verfolgt, diejenigen Zielregionen innerhalb eines Gehirnlappens zu identifizieren, für die eine starke Veränderung in der funktionellen Konnektivität zwischen beiden Versuchsmodalitäten festgestellt werden kann.

Die Ergebnisse werden nach Gehirnlappen geordnet präsentiert.

4.1 Funktionelle Konnektivität der rechten Brodmann Area 42

4.1.1 Auditiver Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 1: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

Frontallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Olfactory	l	0,527	0,346	0,488	0,340	0,598	0,259	0,365
Olfactory	r	0,594	0,396	0,326	0,443	0,542	0,315	0,444
Frontal_Sup	l	0,613	0,450	0,544	0,507	0,632	0,462	0,577
Frontal_Sup	r	0,701	0,397	0,524	0,511	0,651	0,567	0,569
Frontal_Sup_Medial	l	0,669	0,457	0,533	0,533	0,708	0,439	0,569
Frontal_Sup_Medial	r	0,590	0,344	0,466	0,541	0,711	0,371	0,477
Frontal_Sup_Orb	l	0,511	0,279	0,345	0,445	0,569	0,327	0,480
Frontal_Sup_Orb	r	0,539	0,341	0,394	0,390	0,536	0,361	0,441
Frontal_Mid	l	0,609	0,514	0,511	0,461	0,620	0,513	0,559
Frontal_Mid	r	0,634	0,471	0,694	0,573	0,663	0,451	0,605
Frontal_Mid_Orb	l	0,592	0,359	0,526	0,442	0,662	0,477	0,487
Frontal_Mid_Orb	r	0,605	0,377	0,419	0,449	0,639	0,473	0,497
Frontal_Inf_Orb	l	0,663	0,491	0,515	0,521	0,657	0,714	0,691
Frontal_Inf_Orb	r	0,617	0,494	0,506	0,626	0,693	0,674	0,648
Frontal_Inf_Tri	l	0,605	0,520	0,693	0,569	0,699	0,621	0,632
Frontal_Inf_Tri	r	0,598	0,442	0,740	0,716	0,618	0,636	0,700
Frontal_Inf_Oper	l	0,493	0,428	0,307	0,535	0,641	0,478	0,565
Frontal_Inf_Oper	r	0,561	0,453	0,578	0,699	0,667	0,636	0,487
Rolandic_Oper	l	0,706	0,453	0,686	0,374	0,732	0,359	0,544
Rolandic_Oper	r	0,614	0,403	0,604	0,502	0,691	0,506	0,467
Rectus	l	0,538	0,351	0,397	0,359	0,662	0,492	0,581
Rectus	r	0,398	0,246	0,401	0,308	0,582	0,425	0,426
Supp_Motor_Area	l	0,736	0,553	0,510	0,508	0,743	0,632	0,610
Supp_Motor_Area	r	0,715	0,410	0,598	0,662	0,702	0,526	0,625
Precentral	l	0,687	0,532	0,633	0,689	0,722	0,659	0,699
Precentral	r	0,682	0,537	0,700	0,748	0,682	0,731	0,664
Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Postcentral	l	0,686	0,541	0,827	0,472	0,766	0,556	0,538
Postcentral	r	0,723	0,525	0,770	0,522	0,708	0,533	0,585
Parietal_Sup	l	0,662	0,434	0,653	0,500	0,695	0,565	0,559
Parietal_Sup	r	0,608	0,431	0,465	0,530	0,565	0,490	0,570
Parietal_Inf	l	0,673	0,465	0,605	0,529	0,580	0,535	0,599
Parietal_Inf	r	0,590	0,465	0,425	0,562	0,557	0,509	0,567
SupraMarginal	l	0,526	0,465	0,811	0,384	0,674	0,392	0,359
SupraMarginal	r	0,621	0,449	0,833	0,666	0,666	0,442	0,643
Angular	l	0,499	0,389	0,374	0,521	0,542	0,449	0,304
Angular	r	0,509	0,455	0,370	0,556	0,554	0,429	0,387
Paracentral_Lobule	l	0,705	0,498	0,551	0,501	0,751	0,561	0,563
Paracentral_Lobule	r	0,679	0,461	0,400	0,595	0,738	0,586	0,537
Precuneus	l	0,703	0,446	0,690	0,502	0,724	0,547	0,628
Precuneus	r	0,710	0,428	0,482	0,485	0,672	0,469	0,620
Insula	l	0,788	0,459	0,472	0,439	0,716	0,433	0,522
Insula	r	0,710	0,633	0,520	0,632	0,723	0,492	0,679

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur rechten BA 42 unter dem auditiven Versuchsablauf angegeben. Die fünf stärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_ : Proband, r: rechts, l: links

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Frontallappen lässt sich für die Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 1.

Bei allen Probanden - bis auf Ausnahme von Proband 2 – besteht im auditiven Versuchsablauf zu mindestens einer bis maximal sechs Zielregionen beider Frontallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$). Bei Proband 2 kann hingegen keiner Zielregion eine starke funktionelle Konnektivität eingeräumt werden.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität zu vier Zielregionen der Frontallappen. Es handelt sich um die beidseitigen SMA, den rechtsseitigen G. frontalis superior und um das linksseitige rolandische Operculum. Weiterhin gehört der linksseitige G. precentralis mit einer Konnektivität von 0,687 den fünf am stärksten konnektierten Regionen der Frontallappen an.

Proband 2 weist für die stärksten fünf Zielregionen innerhalb beider Frontallappen mit einer Konnektivität zwischen 0,514 bis 0,553 das schwächste Niveau aller untersuchten Probanden auf. Es handelt sich bei den fünf Zielregionen um die beidseitigen G. precentrales sowie um die linksseitigen Regionen von G. frontalis medius, Pars triangularis des G. frontalis inferior und SMA.

Bei Proband 4 kann der rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior sowie dem G. precentralis eine starke funktionelle Konnektivität zuerkannt werden. Mit einer Konnektivität von 0,686 bis 0,694 gehören weiterhin der rechtsseitige G. frontalis medius und der linksseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior sowie das rolandische Operculum den stärksten fünf Zielregionen beider Frontallappen an.

Auch für Proband 5 kann identisch zu Proband 4 den rechtsseitigen Zielregionen Pars triangularis des G. frontalis inferior und G. precentralis eine starke funktionelle Konnektivität anerkannt werden. Die verbliebenen drei Zielregionen unter den stärksten Fünf haben noch eine funktionelle Konnektivität von 0,662 bis 0,699.

Bei Proband 6 besteht eine starke funktionelle Konnektivität zu sechs Zielregionen der Frontallappen. Es sind beidseitig die Regionen Pars media des G. frontalis superior sowie SMA und die linksseitigen Regionen von rolandisches Operculum und G. precentralis.

Proband 7 besitzt für die stärksten fünf Zielregionen beider Frontallappen eine Konnektivität von 0,636 bis 0,731. Unter den stärksten Fünf besitzen der linksseitige Pars orbitalis des G. frontalis inferior und der rechtsseitige G. precentralis eine starke funktionelle Konnektivität. Proband 8 besitzt für die stärksten fünf Regionen eine Konnektivität in der Größenordnung

von 0,648 bis 0,700. Es handelt sich dabei beidseitig um die Regionen Pars orbitalis des G. frontalis inferior und G. precentralis sowie um den rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Parietallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 1.

Für die Probanden 1,4 und 6 ist eine starke funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu vier bis maximal sieben Zielregionen (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) feststellbar.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität zu sechs Zielregionen der Parietallappen. Bei den sechs Zielregionen handelt es sich beidseitig um die Regionen Precuneus sowie Insula, rechtsseitig um den G. postcentralis und linksseitig um den Lobulus paracentralis.

Proband 2 weist zu keiner Zielregion der Parietallappen eine starke funktionelle Konnektivität auf. Proband 2 besitzt für die fünf am stärksten konnektierten Regionen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,465 und 0,635. Die am stärksten konnektierte Zielregion, die rechtsseitige Insula, besitzt dabei eine deutlich höhere funktionelle Konnektivität als der am zweitstärksten konnektierte linksseitige G. postcentralis mit 0,541.

Bei Proband 4 besitzen vier der fünf am stärksten konnektierten Zielregionen beider Parietallappen eine starke funktionelle Konnektivität. Bei den vier Regionen handelt es sich beidseitig um die G. postcentrales sowie G. supramarginales. Die linksseitige Precuneus ist mit 0,690 mittleren Korrelationsstärken die am fünftstärksten konnektierte Zielregion.

Bei Proband 5 liegt für die fünf am stärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität in der Größenordnung von 0,556 bis 0,632 mittlerer Korrelationsstärke vor.

Bei Proband 6 besteht eine starke funktionelle Konnektivität zu sieben Zielregionen der Parietallappen. Bei den sieben Zielregionen handelt es sich beidseitig um die Regionen von G. postcentralis, Lobulus paracentralis sowie Insula und um die linksseitige Precuneus.

Die fünf am stärksten konnektierten Regionen des Probanden 7 haben mittlere Korrelationsstärken im Bereich zwischen 0,547 und 0,586.

Proband 8 besitzt für die fünf am stärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,599 bis 0,679 mittleren Korrelationsstärken.

Zusammenfassend bestehen Niveauunterschiede unter den Probanden. Es zeigt sich in der funktionellen Konnektivität der Zielregionen der Frontal- und Parietallappen ein im Vergleich zu Proband 2 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden. Proband 5 weist das höchste Konnektivitätsniveau für die Zielregionen der Frontallappen und Proband 1 für die Zielregionen der Parietallappen auf. Weiterhin sind im auditiven Versuchsablauf für alle Probanden stärker konnektierte Zielregionen innerhalb der GL Frontal und Parietal identifizierbar. Dabei kristallisieren sich für die Probanden jeweils identische Zielregionen als die am stärksten konnektierten Zielregionen heraus.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 2: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

Temporallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Heschl	l	0,735	0,651	0,792	0,714	0,792	0,392	0,644
Heschl	r	0,807	0,617	0,833	0,611	0,742	0,731	0,811
Temporal_Sup	l	0,864	0,765	0,874	0,782	0,811	0,817	0,848
Temporal_Sup	r	0,990	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989
Temporal_Pole_Sup	l	0,668	0,592	0,662	0,692	0,717	0,793	0,664
Temporal_Pole_Sup	r	0,740	0,556	0,587	0,490	0,753	0,632	0,640
Temporal_Mid	l	0,797	0,687	0,851	0,774	0,763	0,835	0,792
Temporal_Mid	r	0,721	0,662	0,848	0,765	0,753	0,782	0,813
Temporal_Pole_Mid	l	0,513	0,407	0,396	0,409	0,620	0,446	0,607
Temporal_Pole_Mid	r	0,632	0,389	0,444	0,434	0,761	0,505	0,567
Temporal_Inf	l	0,653	0,473	0,595	0,517	0,634	0,561	0,638
Temporal_Inf	r	0,635	0,486	0,472	0,455	0,656	0,452	0,676
Okzipitallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Occipital_Sup	l	0,614	0,397	0,394	0,457	0,623	0,418	0,608
Occipital_Sup	r	0,553	0,358	0,468	0,488	0,567	0,509	0,568
Occipital_Mid	l	0,534	0,402	0,409	0,414	0,636	0,466	0,598
Occipital_Mid	r	0,537	0,364	0,448	0,424	0,576	0,529	0,552
Occipital_Inf	l	0,567	0,319	0,447	0,383	0,633	0,470	0,563
Occipital_Inf	r	0,540	0,339	0,488	0,392	0,669	0,442	0,537
Cuneus	l	0,658	0,454	0,398	0,466	0,722	0,529	0,583
Cuneus	r	0,632	0,363	0,432	0,476	0,611	0,482	0,621
Calcarine	l	0,637	0,446	0,514	0,508	0,711	0,554	0,595
Calcarine	r	0,621	0,382	0,434	0,485	0,682	0,530	0,529
Lingual	l	0,678	0,433	0,462	0,492	0,678	0,493	0,591
Lingual	r	0,685	0,374	0,456	0,491	0,696	0,492	0,593
Fusiform	l	0,581	0,338	0,468	0,355	0,635	0,370	0,569
Fusiform	r	0,582	0,406	0,628	0,412	0,642	0,444	0,611

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur rechten BA 42 unter dem auditiven Versuchsablauf angegeben. Die fünfstärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporallappen im auditiven Versuchsablauf lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 2. Der rechtsseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der rechten BA 42 nicht weiter betrachtet.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) zu sechs Zielregionen. Es handelt sich beidseitig um Heschl und G. temporalis medius, linksseitig um G. temporalis superior sowie rechtsseitig um Polus temporalis des G. temporalis superior.

Proband 2 besitzt nur zum linksseitigen G. temporalis superior eine starke funktionelle Konnektivität. Die weiteren vier der fünftstärksten konnektierten Zielregionen besitzen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,617 bis 0,687. Es handelt sich beidseitig um G. temporalis medius und Heschl. Proband 2 besitzt im Vergleich zu den anderen Probanden das niedrigste Konnektivitätsniveau.

Proband 4 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität zu fünf Zielregionen. Es handelt sich beidseitig um Heschl und G. temporales medius sowie linksseitig um G. temporalis superior.

Bei Proband 5 liegt eine starke funktionelle Konnektivität mit einer mittleren Korrelationsstärke zwischen 0,714 bis 0,782 zu vier Zielregionen vor. Es handelt sich beidseitig um G. temporales medius sowie linksseitig um Heschl und G. temporalis superior. Der verbliebene der fünftstärksten konnektierten Zielregionen ist der linksseitige Polus temporalis des G. temporalis superior mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,692.

Proband 6 besitzt bis auf drei Ausnahmen eine starke funktionelle Konnektivität zu allen Zielregionen beider Temporallappen. Ausnahmen sind die beidseitigen G. temporales inferiores und der linksseitige Polus temporalis des G. temporalis medius.

Bei Proband 7 kann zu fünf Zielregionen eine starke funktionelle Konnektivität nachgewiesen werden. Es sind die beidseitigen G. temporales medii, die linksseitigen G. temporalis superior sowie Polus temporalis des G. temporalis superior und die rechtsseitige Heschl.

Proband 8 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität zu vier Zielregionen der Temporallappen. Es handelt sich beidseits um G. temporalis medius sowie linksseitig um die Regionen von Heschl und G. temporalis superior. Der verbliebene der fünftstärksten konnektierten Zielregionen ist der rechtsseitige G. temporalis inferior mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,676.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Okzipitallappen im auditiven Versuchsablauf lässt sich für die Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 2.

Für alle Probanden bis auf Ausnahme von Proband 6 lässt sich für den auditiven Versuchsablauf feststellen, dass die rechte BA 42 zu keiner Zielregion beider Okzipitallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) besitzt.

Bei Proband 1 liegt die funktionelle Konnektivität der fünf am stärksten konnektierten Regionen zwischen 0,632 und 0,685 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um die Regionen von Cuneus sowie G. lingualis und linksseitig um die calcarinische Region.

Proband 2 weist für die fünf am stärksten konnektierten Regionen mit einer funktionellen Konnektivität zwischen 0,402 und 0,454 mittlerer Korrelationsstärke die schwächste Konnektivität aller Probanden auf. Die fünf am stärksten konnektierten Regionen sind die linksseitigen G. occipitalis medius, Cuneus, calcarinische Region sowie G. lingualis und der rechtsseitige G. fusiformis.

Bei Proband 4 gehören die beidseitigen G. fusiformes, die rechtsseitigen G. occipitalis superior und G. occipitalis inferior sowie die linksseitige calcarinische Region mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,468 bis 0,628 zu den fünf am stärksten konnektierten Regionen.

Die beidseitigen G. linguales sowie calcarinische Region und der rechtsseitige G. occipitalis superior gehören bei Proband 5 mit einer funktionellen Konnektivität zwischen 0,485 bis 0,508 mittlerer Korrelationsstärke zu den fünf am stärksten konnektierten Regionen der Okzipitallappen.

Einzig bei Proband 6 kann eine starke funktionelle Konnektivität zu zwei Zielregionen, der linksseitigen Cuneus und calcarinischen Region, festgestellt werden. Die am dritt-, bis fünftstärksten konnektierten Regionen besitzen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,678 und 0,696. Damit besitzt Proband 6 im Vergleich zu den restlichen Probanden das stärkste Konnektivitätsniveau.

Bei Proband 7 handelt es sich bei den fünf am stärksten konnektierten Regionen mit mittleren Korrelationsstärken zwischen 0,509 und 0,554 um die beidseitige calcarinische Region, die rechtsseitigen G. occipitalis superior sowie G. occipitalis medius und um die linksseitige Cuneus.

Bei Proband 8 liegt für die fünf am stärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,595 bis 0,621 mittlerer Korrelationsstärke vor. Es handelt sich um

die linksseitigen G. occipitalis superior, G. occipitalis medius und calcarinische Region sowie um die rechtsseitigen Cuneus und G. fusiformis.

Zusammenfassend bestehen Niveauunterschiede unter den Probanden. Es zeigt sich in der funktionellen Konnektivität der Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen ein im Vergleich zu Proband 2 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden. Proband 6 weist das höchste Konnektivitätsniveau für die Zielregionen der Temporallappen und Okzipitallappen auf. Trotz der bestehenden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität der getesteten Probanden, kristallisieren sich jeweils identische Zielregionen als die am stärksten konnektierten Zielregionen heraus.

4.1.2 Visueller Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 3: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

Frontallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Olfactory	l	0,545	0,332	0,536	0,435	0,392	0,391	0,363
Olfactory	r	0,565	0,347	0,421	0,391	0,422	0,427	0,376
Frontal_Sup	l	0,507	0,372	0,580	0,462	0,544	0,447	0,600
Frontal_Sup	r	0,572	0,358	0,586	0,508	0,552	0,429	0,539
Frontal_Sup_Medial	l	0,526	0,352	0,472	0,488	0,568	0,454	0,532
Frontal_Sup_Medial	r	0,460	0,354	0,491	0,483	0,562	0,407	0,476
Frontal_Sup_Orb	l	0,389	0,344	0,399	0,383	0,460	0,391	0,397
Frontal_Sup_Orb	r	0,491	0,306	0,383	0,375	0,352	0,337	0,418
Frontal_Mid	l	0,522	0,460	0,481	0,498	0,515	0,482	0,528
Frontal_Mid	r	0,532	0,383	0,511	0,516	0,533	0,497	0,575
Frontal_Mid_Orb	l	0,477	0,370	0,465	0,451	0,467	0,406	0,476
Frontal_Mid_Orb	r	0,487	0,325	0,445	0,392	0,464	0,380	0,470
Frontal_Inf_Orb	l	0,561	0,381	0,484	0,479	0,494	0,529	0,556
Frontal_Inf_Orb	r	0,471	0,366	0,488	0,478	0,534	0,408	0,484
Frontal_Inf_Tri	l	0,514	0,414	0,465	0,516	0,538	0,476	0,565
Frontal_Inf_Tri	r	0,463	0,336	0,488	0,471	0,456	0,320	0,503
Frontal_Inf_Oper	l	0,475	0,477	0,434	0,488	0,540	0,380	0,510
Frontal_Inf_Oper	r	0,467	0,384	0,474	0,458	0,490	0,362	0,397
Rolandic_Oper	l	0,536	0,445	0,613	0,533	0,524	0,486	0,558
Rolandic_Oper	r	0,487	0,358	0,687	0,507	0,454	0,361	0,520
Rectus	l	0,372	0,291	0,369	0,441	0,430	0,353	0,385
Rectus	r	0,304	0,329	0,409	0,352	0,317	0,326	0,396
Supp_Motor_Area	l	0,596	0,498	0,604	0,565	0,634	0,551	0,645
Supp_Motor_Area	r	0,558	0,516	0,610	0,500	0,551	0,473	0,503
Precentral	l	0,640	0,459	0,606	0,538	0,582	0,515	0,615
Precentral	r	0,566	0,422	0,599	0,490	0,530	0,471	0,582
Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Postcentral	l	0,555	0,559	0,609	0,556	0,662	0,535	0,611
Postcentral	r	0,593	0,475	0,619	0,534	0,596	0,487	0,588
Parietal_Sup	l	0,588	0,420	0,570	0,512	0,630	0,462	0,542
Parietal_Sup	r	0,597	0,388	0,499	0,512	0,635	0,488	0,551
Parietal_Inf	l	0,577	0,423	0,556	0,513	0,529	0,445	0,537
Parietal_Inf	r	0,545	0,399	0,414	0,516	0,519	0,455	0,553
SupraMarginal	l	0,520	0,450	0,576	0,515	0,557	0,427	0,485
SupraMarginal	r	0,560	0,429	0,578	0,498	0,552	0,406	0,574
Angular	l	0,459	0,313	0,399	0,385	0,587	0,330	0,407
Angular	r	0,471	0,355	0,521	0,462	0,449	0,341	0,417
Paracentral_Lobule	l	0,600	0,482	0,574	0,532	0,637	0,475	0,572
Paracentral_Lobule	r	0,562	0,496	0,563	0,524	0,569	0,483	0,611
Precuneus	l	0,632	0,454	0,577	0,550	0,642	0,540	0,588
Precuneus	r	0,664	0,448	0,559	0,537	0,664	0,495	0,580
Insula	l	0,569	0,454	0,524	0,531	0,492	0,457	0,559
Insula	r	0,650	0,516	0,571	0,535	0,517	0,493	0,625

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur rechten BA 42 unter dem visuellen Versuchsablauf angegeben. Die fünf stärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_ : Proband, l: links

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontallappen lässt sich für die Probanden im visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 3.

Für alle Probanden lässt sich im visuellen Versuchsablauf feststellen, dass die rechte BA 42 zu keiner Zielregion der GL Frontal eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) besitzt.

Bei Proband 1 liegt die funktionelle Konnektivität der fünf am stärksten konnektierten Regionen in der Größenordnung von 0,565 bis 0,640 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um die G. precentrales, rechtsseitig um den olfaktorischen Kortex sowie G. frontalis superior und linksseitig um das SMA.

Proband 2 weist für die fünftstärksten konnektierten Zielregionen der Frontallappen mit mittleren Korrelationsstärken zwischen 0,459 und 0,516 die schwächste funktionelle Konnektivität aller getesteten Probanden auf. Es handelt sich um die linksseitigen Zielregionen von G. frontalis medius, Pars opercularis des G. frontalis inferior sowie G. precentralis und um die beidseitigen SMA.

Bei Proband 4 gehören beidseitig die rolandischen Opercula sowie SMA und linksseitig der G. precentralis mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,604 bis 0,687 den fünftstärksten konnektierten Regionen innerhalb der Frontallappen an. Damit besitzt Proband 4 im Vergleich zu den restlichen Probanden das stärkste Konnektivitätsniveau.

Proband 5 besitzt für die fünftstärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität von 0,516 bis 0,565 mittlerer Korrelationsstärke. Dabei handelt es sich um die linksseitigen Regionen von Pars triangularis des G. frontalis inferior, rolandisches Operculum, SMA und G. precentralis sowie um den rechtsseitigen G. frontalis medius.

Bei Proband 6 haben die fünftstärksten konnektierten Zielregionen eine funktionelle Konnektivität von 0,552 bis 0,634 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um den Pars media des G. frontalis superior, rechtsseitig um den G. frontalis superior und linksseitig um das SMA sowie um den G. precentralis.

Proband 7 weist für die fünftstärksten konnektierten Zielregionen mit einer funktionellen Konnektivität zwischen 0,486 bis 0,551 mittlerer Korrelationsstärke das zweitschwächste Niveau aller getesteten Probanden auf. Bei den fünf Regionen handelt es sich um die linksseitigen Pars orbitalis des G. frontalis inferior, rolandisches Operculum, SMA sowie G. precentralis und um den rechtsseitigen G. frontalis medius.

Proband 8 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen eine mittlere Korrelationsstärke im Bereich von 0,575 bis 0,645. Es handelt sich beidseits um den G. precentralis, linksseitig um die G. frontalis superior und SMA sowie rechtsseitig um den G. frontalis medius.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Parietallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 3.

Im visuellen Versuchsablauf kann man für alle Probanden einstimmig feststellen, dass die rechte BA 42 zu keiner Zielregion der Parietallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) besitzt.

Bei Proband 1 liegt die funktionelle Konnektivität der fünf stärksten konnektierten Zielregionen der Parietallappen in der Größenordnung von 0,597 bis 0,664 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich bei den fünf Zielregionen beidseitig um die Precuneus, rechtsseitig um den G. parietalis superior sowie um die Insula und linksseitig um den Lobulus paracentralis.

Proband 2 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen der Parietallappen mit einer funktionellen Konnektivität in der Größenordnung von 0,475 bis 0,559 mittlerer Korrelationsstärke gemeinsam mit Proband 7 das niedrigste Niveau aller Probanden. Bei den fünf Zielregionen handelt es sich beidseitig um die Regionen von G. postcentralis sowie Lobulus paracentralis und rechtsseitig um die Insula.

Bei Proband 4 weisen die fünf stärksten konnektierten Zielregionen mittlere Korrelationsstärken in der Größenordnung von 0,576 bis 0,619 auf. Darunter fallen die beidseitigen G. postcentrales sowie G. supramarginales und die rechtsseitige Insula.

Die fünf stärksten konnektierten Zielregionen des Probanden 5 haben mittlere Korrelationsstärken im Bereich zwischen 0,534 bis 0,556. Unter diesen fünf Zielregionen sind beidseitig die Regionen von G. postcentralis sowie Precuneus und rechtsseitig die Insula vertreten.

Proband 6 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen eine funktionelle Konnektivität in der Größenordnung von 0,635 bis 0,664 mittlerer Korrelationsstärke. Somit besitzt Proband 6 das höchste Konnektivitätsniveau aller Probanden. Bei den fünf stärksten konnektierten Zielregionen handelt es sich beidseitig um Precuneus, linksseitig um G. postcentralis sowie Lobulus paracentralis und rechtsseitig um G. parietalis superior.

Proband 7 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen mit einer funktionellen Konnektivität zwischen 0,488 bis 0,540 gemeinsam mit Proband 2 das schwächste Niveau aller Probanden. Bei den fünf stärksten konnektierten Zielregionen handelt es sich beidseitig um die Precuneus, rechtsseitig um die Regionen von G. parietalis superior sowie Insula und linksseitig um den G. postcentralis.

Proband 8 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen eine mittlere Korrelationsstärke zwischen 0,588 bis 0,625. Zu diesen fünf Zielregionen gehören beidseitig die G. postcentrales, rechtsseitig die Regionen von Lobulus paracentralis sowie Insula und linksseitig die Region Precuneus.

Auch im visuellen Versuchsablauf zeigt sich, wie bereits für den auditiven Versuchsablauf beschrieben, dass die funktionelle Konnektivität der Zielregionen der GL Frontal und Parietal Niveauunterschiede zwischen den getesteten Probanden aufweisen. Es zeigt sich ein im Vergleich zu Proband 2 und 7 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden. Proband 4 weist das höchste Konnektivitätsniveau für die Zielregionen der Frontallappen und Proband 6 für die Zielregionen der Parietallappen auf. Trotz der bestehenden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität der getesteten Probanden, kristallisieren sich jeweils identische Zielregionen als die am stärksten konnektierten Zielregionen heraus.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 4: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

Temporallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Heschl	l	0,564	0,479	0,652	0,617	0,625	0,527	0,551
Heschl	r	0,680	0,378	0,566	0,540	0,611	0,417	0,605
Temporal_Sup	l	0,757	0,584	0,673	0,593	0,675	0,606	0,650
Temporal_Sup	r	0,990	0,989	0,990	0,990	0,989	0,989	0,990
Temporal_Pole_Sup	l	0,577	0,520	0,583	0,526	0,616	0,616	0,551
Temporal_Pole_Sup	r	0,605	0,505	0,517	0,531	0,641	0,503	0,566
Temporal_Mid	l	0,731	0,510	0,626	0,533	0,636	0,545	0,561
Temporal_Mid	r	0,672	0,474	0,623	0,514	0,654	0,531	0,584
Temporal_Pole_Mid	l	0,362	0,278	0,438	0,411	0,501	0,359	0,482
Temporal_Pole_Mid	r	0,469	0,328	0,513	0,450	0,637	0,341	0,443
Temporal_Inf	l	0,503	0,406	0,562	0,488	0,579	0,438	0,511
Temporal_Inf	r	0,523	0,315	0,501	0,463	0,519	0,424	0,513
Okzipitallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Occipital_Sup	l	0,568	0,385	0,460	0,464	0,596	0,413	0,566
Occipital_Sup	r	0,484	0,387	0,431	0,481	0,537	0,431	0,509
Occipital_Mid	l	0,479	0,467	0,490	0,477	0,539	0,417	0,528
Occipital_Mid	r	0,522	0,407	0,528	0,496	0,580	0,429	0,496
Occipital_Inf	l	0,466	0,305	0,512	0,373	0,305	0,424	0,468
Occipital_Inf	r	0,336	0,328	0,462	0,375	0,504	0,378	0,421
Cuneus	l	0,578	0,480	0,419	0,485	0,642	0,427	0,492
Cuneus	r	0,585	0,424	0,458	0,470	0,611	0,449	0,563
Calcarine	l	0,580	0,423	0,488	0,528	0,620	0,458	0,594
Calcarine	r	0,534	0,410	0,526	0,469	0,583	0,405	0,574
Lingual	l	0,599	0,432	0,501	0,499	0,597	0,422	0,550
Lingual	r	0,578	0,435	0,516	0,543	0,602	0,423	0,545
Fusiform	l	0,529	0,422	0,518	0,490	0,532	0,435	0,517
Fusiform	r	0,541	0,417	0,514	0,493	0,517	0,428	0,496

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur rechten BA 42 unter dem visuellen Versuchsablauf angegeben. Die fünfstärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporallappen im visuellen Versuchsablauf lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 4. Der rechtsseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxel der rechten BA 42 nicht weiter betrachtet.

Alle Probanden bis auf die Ausnahme von Proband 1 besitzen in der Konnektivität der rechten BA 42 zu keiner Zielregion der Temporallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$).

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) zu zwei Zielregionen. Es sind die linksseitigen G. temporalis superior und G. temporalis medius. Die weiteren drei der fünfstärksten konnektierten Zielregionen beider Temporallappen sind die rechtsseitigen Regionen von Heschl, Polus temporalis des G. temporalis superior und G. temporalis medius mit mittleren Korrelationsstärken von 0,605 bis 0,680. Damit besitzt Proband 1 im Vergleich zu den anderen Probanden das stärkste Konnektivitätsniveau.

Proband 2 besitzt das schwächste Konnektivitätsniveau aller Probanden. Die fünfstärksten konnektierten Zielregionen haben eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,479 bis 0,584 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um Polus temporalis des G. temporalis superior sowie linksseitig um Heschl, G. temporalis superior sowie G. temporalis medius.

Bei Proband 4 haben die fünfstärksten konnektierten Zielregionen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,583 bis 0,673. Es handelt sich beidseitig um den G. temporalis medius und linksseitig um die Regionen von Heschl, G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis superior.

Bei Proband 5 liegt die funktionelle Konnektivität der fünfstärksten konnektierten Regionen in der Größenordnung von 0,531 bis 0,617 mittlerer Korrelationsstärke. Dabei handelt es sich beidseitig um Heschl, linksseitig um die Regionen G. temporalis superior und G. temporalis medius sowie rechtsseitig um den Polus temporalis des G. temporalis superior.

Proband 6 weist für die fünfstärksten konnektierten Zielregionen eine mittlere Korrelationsstärke im Bereich zwischen 0,636 bis 0,675 auf. Es handelt sich beidseits um G. temporalis medius, rechtsseitig um Polus temporalis des G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis medius sowie linksseitig um G. temporalis superior.

Bei Proband 7 weisen die am fünfstärksten konnektierten Regionen der Temporallappen eine funktionelle Konnektivität in der Größenordnung von 0,527 bis 0,616 mittlerer Korrelationsstärke auf. Es handelt sich um die beidseitigen G. temporales medii sowie um die linksseitigen Heschl, G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis superior.

Bei Proband 8 besitzen die fünfstärksten konnektierten Zielregionen der Temporallappen eine mittlere Korrelationsstärke von 0,561 bis 0,650. Es handelt sich beidseitig um G. temporalis medius, rechtsseitig um Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior sowie linksseitig um G. temporalis superior.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Okzipitallappen im visuellen Versuchsaufbau lässt sich für die Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 4.

Allen Probanden kann in der Konnektivität der rechten BA 42 zu keiner Zielregion der Okzipitallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) zuerkannt werden.

Bei Proband 1 liegt die funktionelle Konnektivität der fünf stärksten konnektierten Zielregionen zwischen 0,578 bis 0,599 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um die Regionen von Cuneus und G. lingualis sowie linksseitig um die calcarinische Region.

Proband 2 weist für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,424 bis 0,484 auf. Die fünf stärksten konnektierten Zielregionen sind beidseitig die Regionen von Cuneus und G. lingualis und linksseitig der G. occipitalis medius.

Bei Proband 4 gehören beidseitig die G. fusiformes und rechtsseitig die Regionen von G. occipitalis medius, calcarinischer Region sowie G. lingualis mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,514 bis 0,528 den fünf stärksten konnektierten Zielregionen an.

Bei Proband 5 liegt die funktionelle Konnektivität der fünf stärksten konnektierten Zielregionen zwischen 0,493 bis 0,543 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um den G. lingualis, rechtsseitig um den G. occipitalis medius sowie den G. fusiformis und linksseitig um die calcarinische Region.

Bei Proband 6 liegt die funktionelle Konnektivität der fünf stärksten konnektierten Zielregionen beider Okzipitallappen zwischen 0,597 bis 0,643. Damit besitzt Proband 6 unter allen Probanden das stärkste Konnektivitätsniveau. Es handelt sich dabei beidseitig um die Regionen von Cuneus sowie G. lingualis und um die linksseitige calcarinische Region.

Bei Proband 7 handelt es sich bei den fünf stärksten konnektierten Regionen mit mittleren Korrelationsstärken zwischen 0,429 und 0,458 um die rechtsseitigen Regionen von G. occipitalis superior, G. occipitalis medius sowie Cuneus und um die linksseitigen Regionen von G. fusiformis sowie calcarinischer Region. Gemeinsam mit Proband 2 weist Proband 7 das schwächste Konnektivitätsniveau aller Probanden auf.

Proband 8 weist für die fünf stärksten konnektierten Regionen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,550 bis 0,594 auf. Es handelt sich beidseits um die calcarinische Region, linksseitig um die Regionen von G. occipitalis superior und G. lingualis sowie rechtsseitig um die Region von Cuneus.

Wie bereits im auditiven Versuchsablauf für die Zielregionen der GL Temporal und Okzipital beschrieben, liegen auch im visuellen Versuchsablauf zwischen den getesteten Probanden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität vor. Es zeigt sich ein im Vergleich zu Proband 2 und 7 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden. Proband 1 besitzt das höchste Konnektivitätsniveau für die Zielregionen der Temporallappen und Proband 6 für die Zielregionen der Okzipitallappen. Trotz der bestehenden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität der getesteten Probanden, kristallisieren sich jeweils identische Zielregionen als die am stärksten konnektierten Zielregionen der GL Okzipital und Temporal heraus.

4.2 Funktionelle Konnektivität der linken Brodmann Area 42

4.2.1 Auditiver Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 5: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

Frontallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Olfactory	l	0,563	0,303	0,482	0,402	0,561	0,306	0,412
Olfactory	r	0,626	0,348	0,308	0,452	0,473	0,291	0,468
Frontal_Sup	l	0,639	0,398	0,530	0,522	0,648	0,556	0,645
Frontal_Sup	r	0,810	0,355	0,520	0,497	0,641	0,569	0,633
Frontal_Sup_Medial	l	0,663	0,373	0,530	0,533	0,687	0,539	0,611
Frontal_Sup_Medial	r	0,593	0,324	0,457	0,553	0,673	0,514	0,526
Frontal_Sup_Orb	l	0,582	0,286	0,345	0,451	0,546	0,442	0,504
Frontal_Sup_Orb	r	0,517	0,307	0,381	0,361	0,514	0,360	0,497
Frontal_Mid	l	0,683	0,440	0,539	0,478	0,634	0,557	0,596
Frontal_Mid	r	0,711	0,424	0,597	0,570	0,655	0,581	0,652
Frontal_Mid_Orb	l	0,614	0,345	0,529	0,442	0,630	0,525	0,509
Frontal_Mid_Orb	r	0,604	0,355	0,411	0,466	0,641	0,499	0,533
Frontal_Inf_Orb	l	0,661	0,418	0,504	0,539	0,684	0,555	0,691
Frontal_Inf_Orb	r	0,626	0,410	0,524	0,599	0,696	0,596	0,637
Frontal_Inf_Tri	l	0,624	0,462	0,666	0,602	0,681	0,631	0,632
Frontal_Inf_Tri	r	0,617	0,390	0,673	0,670	0,611	0,561	0,671
Frontal_Inf_Oper	l	0,526	0,442	0,596	0,569	0,654	0,535	0,604
Frontal_Inf_Oper	r	0,607	0,388	0,583	0,673	0,656	0,560	0,453
Rolandic_Oper	l	0,803	0,427	0,648	0,487	0,703	0,659	0,602
Rolandic_Oper	r	0,757	0,439	0,786	0,487	0,688	0,658	0,553
Rectus	l	0,568	0,322	0,346	0,410	0,677	0,448	0,618
Rectus	r	0,321	0,318	0,388	0,306	0,558	0,522	0,390
Supp_Motor_Area	l	0,811	0,465	0,533	0,547	0,740	0,626	0,670
Supp_Motor_Area	r	0,757	0,388	0,584	0,646	0,707	0,582	0,667
Precentral	l	0,793	0,449	0,633	0,666	0,728	0,625	0,707
Precentral	r	0,802	0,487	0,641	0,677	0,691	0,644	0,668
Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Postcentral	l	0,786	0,463	0,582	0,577	0,751	0,651	0,639
Postcentral	r	0,803	0,403	0,703	0,526	0,711	0,582	0,623
Parietal_Sup	l	0,765	0,419	0,624	0,481	0,695	0,603	0,630
Parietal_Sup	r	0,745	0,417	0,487	0,539	0,592	0,602	0,641
Parietal_Inf	l	0,784	0,407	0,604	0,527	0,587	0,587	0,620
Parietal_Inf	r	0,784	0,420	0,467	0,532	0,546	0,607	0,619
SupraMarginal	l	0,590	0,465	0,751	0,486	0,710	0,544	0,446
SupraMarginal	r	0,599	0,408	0,735	0,658	0,654	0,587	0,660
Angular	l	0,720	0,343	0,402	0,468	0,571	0,469	0,302
Angular	r	0,516	0,397	0,399	0,550	0,582	0,525	0,425
Paracentral_Lobule	l	0,470	0,412	0,562	0,569	0,743	0,583	0,664
Paracentral_Lobule	r	0,774	0,419	0,429	0,602	0,738	0,586	0,642
Precuneus	l	0,700	0,400	0,677	0,523	0,709	0,619	0,678
Precuneus	r	0,828	0,400	0,512	0,516	0,681	0,579	0,668
Insula	l	0,800	0,445	0,493	0,504	0,728	0,599	0,616
Insula	r	0,799	0,489	0,553	0,611	0,719	0,536	0,698

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur linken BA 42 unter dem auditiven Versuchsablauf angegeben. Die fünfstärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontallappen im auditiven Versuchsablauf lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 5.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität (mittlerer Korrelationsstärke $\geq 0,7$) zu sechs Zielregionen der Frontallappen. Es handelt sich beidseitig um die Zielregionen von G. precentralis, SMA sowie rolandisches Operculum und rechtsseitig um die Regionen G. frontalis superior und G. frontalis medius.

Proband 2 weist zu keiner Zielregion der Frontallappen eine starke funktionelle Konnektivität auf. Die fünf stärksten konnektierten Zielregionen der Frontallappen liegen in der Größenordnung von 0,442 bis 0,487 mittlerer Korrelationsstärken. Es handelt sich beidseitig um die Region G. precentralis sowie linksseitig um die Regionen von Pars triangularis des G. frontalis inferior, Pars opercularis des G. frontalis inferior und SMA.

Proband 4 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität zum rechtsseitigen rolandischen Operculum. Weiterhin können beidseitig die Pars triangularis der G. frontales inferiores, linksseitig das rolandische Operculum und rechtsseitig der G. precentralis mit einer funktionellen Konnektivität zwischen 0,641 und 0,673 mittlerer Korrelationsstärke den fünf stärksten konnektierten Regionen beider Frontallappen zugeordnet werden.

Bei Proband 5 liegt die funktionelle Konnektivität der fünf stärksten konnektierten Regionen in der Größenordnung von 0,646 bis 0,677 mittlerer Korrelationsstärke.

Proband 6 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität beidseitig zum SMA und linksseitig zum rolandischem Operculum und zum G. precentralis. Weiterhin gehört der rechtsseitige Pars orbitalis des G. frontalis inferior mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,696 den fünf stärksten konnektierten Zielregionen an.

Proband 7 zeigt für die fünf stärksten konnektierten Regionen mittlere Korrelationsstärken in der Größenordnung von 0,626 bis 0,659. Es handelt sich beidseitig um das rolandische Operculum, linksseitig um die Regionen von Pars triangularis des G. frontalis inferior und SMA sowie rechtsseitig um den G. precentralis.

Proband 8 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität zum linksseitigen G. precentralis. Weiterhin sind die linksseitigen Pars orbitalis des G. frontalis inferior sowie SMA und die rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior sowie G. precentralis mit einer funktionellen Konnektivität über 0,670 mittlerer Korrelationsstärke den fünf stärksten konnektierten Zielregionen zugehörig.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Parietallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 5.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) zu zwölf von 16 Zielregionen der Parietallappen. Ausnahmen sind somit beidseitig die G. supramarginales, rechtsseitig der G. angularis und linksseitig der Lobulus paracentralis.

Proband 2 weist zu keiner Zielregion eine starke funktionelle Konnektivität auf. Die fünf stärksten konnektierten Zielregionen liegen in der Größenordnung von 0,420 bis 0,489 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich um die beidseitige Insula, um die linksseitigen G. postcentralis und G. supramarginalis und um den rechtsseitigen G. parietalis inferior.

Proband 4 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität zum beidseitigen G. supramarginalis sowie rechtsseitig zum G. postcentralis. Die linksseitigen Regionen von G. parietalis superior sowie Precuneus gehören weiterhin den fünf stärksten konnektierten Regionen an.

Proband 5 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen der Parietallappen eine funktionelle Konnektivität in der Größenordnung von 0,577 bis 0,658 mittlerer Korrelationsstärke.

Bei Proband 6 besteht eine starke funktionelle Konnektivität zu acht der 16 Zielregionen der Parietallappen. Es handelt sich beidseitig um die Regionen von G. postcentralis, Lobulus paracentralis sowie Insula und um die linksseitigen Zielregionen von G. supramarginalis und Precuneus.

Bei Proband 7 liegt die funktionelle Konnektivität der am fünf stärksten konnektierten Zielregionen in der Größenordnung von 0,602 bis 0,657 mittlerer Korrelationsstärke.

Proband 8 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Regionen der Parietallappen mittlere Korrelationsstärken in der Größenordnung von 0,660 bis 0,698.

Die funktionelle Konnektivität der Zielregionen der Frontallappen und Parietallappen weisen Niveauunterschiede unter den getesteten Probanden auf. Es zeigt sich ein im Vergleich zu Proband 2 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden, wobei Proband 1 das höchste Niveau besitzt. Trotz der bestehenden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität der getesteten Probanden, kristallisieren sich jeweils identische Zielregionen als die am stärksten konnektierten Zielregionen innerhalb der Frontal- und Parietallappen heraus.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 6: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

Temporallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Heschl	l	0,767	0,537	0,765	0,658	0,759	0,709	0,708
Heschl	r	0,796	0,349	0,742	0,589	0,757	0,689	0,792
Temporal_Sup	l	0,768	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989
Temporal_Sup	r	0,990	0,598	0,812	0,776	0,786	0,726	0,838
Temporal_Pole_Sup	l	0,860	0,517	0,650	0,662	0,679	0,686	0,690
Temporal_Pole_Sup	r	0,731	0,491	0,591	0,587	0,732	0,593	0,692
Temporal_Mid	l	0,755	0,551	0,770	0,747	0,704	0,669	0,732
Temporal_Mid	r	0,753	0,514	0,760	0,667	0,687	0,637	0,744
Temporal_Pole_Mid	l	0,733	0,357	0,374	0,400	0,580	0,399	0,622
Temporal_Pole_Mid	r	0,490	0,370	0,461	0,465	0,688	0,408	0,597
Temporal_Inf	l	0,619	0,409	0,575	0,528	0,652	0,506	0,679
Temporal_Inf	r	0,733	0,412	0,468	0,483	0,638	0,508	0,704
Okzipitallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Occipital_Sup	l	0,737	0,374	0,429	0,477	0,624	0,595	0,636
Occipital_Sup	r	0,695	0,326	0,471	0,510	0,570	0,574	0,604
Occipital_Mid	l	0,655	0,363	0,433	0,446	0,630	0,584	0,635
Occipital_Mid	r	0,614	0,343	0,466	0,454	0,600	0,545	0,608
Occipital_Inf	l	0,629	0,352	0,448	0,404	0,670	0,552	0,613
Occipital_Inf	r	0,633	0,336	0,423	0,414	0,640	0,539	0,584
Cuneus	l	0,766	0,419	0,432	0,483	0,710	0,588	0,632
Cuneus	r	0,717	0,326	0,451	0,471	0,630	0,603	0,657
Calcarine	l	0,720	0,420	0,505	0,534	0,720	0,596	0,646
Calcarine	r	0,688	0,350	0,438	0,504	0,700	0,605	0,605
Lingual	l	0,730	0,380	0,483	0,511	0,680	0,551	0,638
Lingual	r	0,760	0,363	0,469	0,514	0,710	0,589	0,638
Fusifform	l	0,673	0,359	0,456	0,420	0,640	0,563	0,636
Fusifform	r	0,635	0,380	0,601	0,421	0,640	0,557	0,621

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur linken BA 42 unter dem auditiven Versuchsablauf angegeben. Die fünfstärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporallappen im auditiven Versuchsablauf lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 6. Der linksseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der linken BA 42 nicht weiter betrachtet.

Allen Probanden bis auf Ausnahme von Proband 2 kann zu zwei bis neun Zielregionen der Temporallappen eine starke funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zugesprochen werden.

Bei Proband 1 besteht zu allen Zielregionen bis auf zwei Ausnahmen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$). Ausnahmen sind der rechtsseitige Polus temporalis des G. temporalis medius und der linksseitige G. temporalis inferior mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,490 bzw. 0,619.

Bei Proband 2 besitzen die fünftstärksten konnektierten Zielregionen der Temporallappen eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,514 bis 0,598 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich um die beidseitigen G. temporales medii, die linksseitigen Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior sowie um den rechtsseitigen G. temporalis superior. Damit besitzt Proband 2 unter allen Probanden das schwächste Konnektivitätsniveau.

Proband 4 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität beidseitig zu den Heschl und G. temporales medii sowie zum rechtsseitigen G. temporalis superior.

Für Proband 5 kann eine starke funktionelle Konnektivität zum rechtsseitigen G. temporalis superior sowie zum linksseitigen G. temporalis medius festgestellt werden. Die weiteren drei der fünftstärksten konnektierten Zielregionen sind der rechtsseitige G. temporalis medius und die linksseitigen Regionen von Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior. Diese drei Zielregionen besitzen eine funktionelle Konnektivität von 0,658 bis 0,667 mittlerer Korrelationsstärke.

Proband 6 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität zu fünf der zwölf Zielregionen. Es handelt sich beidseitig um Heschl, rechtsseitig um G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis superior und linksseitig um G. temporalis medius.

Bei Proband 7 kann eine starke funktionelle Konnektivität zum rechtsseitigen G. temporalis superior und zur linksseitigen Heschl nachgewiesen werden. Die weiteren drei der fünftstärksten konnektierten Zielregionen besitzen mittlere Korrelationsstärken von 0,669 bis 0,689. Dabei handelt es sich um die beiden linksseitigen Regionen von G. temporalis medius und Polus temporalis des G. temporalis superior sowie um die rechtsseitige Heschl.

Proband 8 besitzt eine starke funktionelle Konnektivität zu sechs Zielregionen der Temporallappen. Es handelt sich beidseitig um die Regionen von Heschl und G. temporalis medius sowie um die rechtsseitigen G. temporalis superior und G. temporalis inferior.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Okzipitallappen im auditiven Versuchsablauf lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 6.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) zu sechs von 14 Zielregionen. Es handelt sich beidseitig um die Regionen von Cuneus und G. lingualis sowie linksseitig um die Regionen von G. occipitalis superior und calcarinischer Region.

Proband 2 weist zu keiner Zielregion der Okzipitallappen eine starke funktionelle Konnektivität auf. Die fünfstärksten konnektierten Zielregionen besitzen mit einer mittleren Korrelationsstärke zwischen 0,374 bis 0,420 das schwächste Niveau aller Probanden. Es handelt sich dabei um die linksseitigen Regionen von G. occipitalis superior, Cuneus, calcarinischer Region und G. lingualis sowie um den rechtsseitigen G. fusiformis.

Proband 4 weist für keine Zielregion eine starke funktionelle Konnektivität auf. Die fünfstärksten konnektierten Zielregionen liegen in der Größenordnung von 0,471 bis 0,601 mittlerer Korrelationsstärke. Proband 5 weist ebenfalls zu keiner Zielregion eine starke funktionelle Konnektivität auf und besitzt für die fünfstärksten konnektierten Regionen mittlere Korrelationsstärken in der Größenordnung von 0,504 bis 0,534.

Proband 6 besitzt für vier der fünfstärksten konnektierten Regionen eine starke funktionelle Konnektivität. Bei den vier Regionen handelt es sich beidseitig um die calcarinische Region, linksseitig um die Region Cuneus und rechtsseitig um den G. lingualis.

Proband 7 weist zu keiner Zielregion eine starke funktionelle Konnektivität auf. Die fünfstärksten konnektierten Zielregionen besitzen eine mittlere Korrelationsstärke von 0,589 bis 0,605.

Bei Proband 8 besitzen die sechststärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität von 0,636 bis 0,657 mittlerer Korrelationsstärke.

Die funktionelle Konnektivität der Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen weisen Niveauunterschiede unter den getesteten Probanden auf. Es zeigt sich ein im Vergleich zu Proband 2 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden, wobei Proband 1 das höchste Niveau besitzt. Trotz der bestehenden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität der getesteten Probanden, kristallisieren sich jeweils identische Zielregionen als die am stärksten konnektierten Zielregionen innerhalb der Temporal- und Okzipitallappen heraus.

4.2.2 Visueller Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 7: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

Frontallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Olfactory	l	0,573	0,347	0,500	0,364	0,325	0,369	0,415
Olfactory	r	0,549	0,322	0,404	0,440	0,347	0,381	0,346
Frontal_Sup	l	0,459	0,380	0,542	0,475	0,487	0,353	0,666
Frontal_Sup	r	0,632	0,334	0,571	0,526	0,510	0,398	0,588
Frontal_Sup_Medial	l	0,489	0,338	0,474	0,493	0,514	0,394	0,546
Frontal_Sup_Medial	r	0,430	0,316	0,444	0,496	0,493	0,331	0,484
Frontal_Sup_Orb	l	0,355	0,288	0,370	0,397	0,360	0,327	0,428
Frontal_Sup_Orb	r	0,474	0,297	0,355	0,384	0,310	0,319	0,424
Frontal_Mid	l	0,492	0,455	0,469	0,499	0,484	0,450	0,581
Frontal_Mid	r	0,515	0,390	0,517	0,523	0,457	0,432	0,648
Frontal_Mid_Orb	l	0,449	0,346	0,422	0,447	0,414	0,329	0,484
Frontal_Mid_Orb	r	0,455	0,328	0,428	0,398	0,395	0,338	0,494
Frontal_Inf_Orb	l	0,520	0,365	0,465	0,499	0,444	0,465	0,606
Frontal_Inf_Orb	r	0,406	0,338	0,457	0,464	0,458	0,347	0,485
Frontal_Inf_Tri	l	0,468	0,422	0,439	0,519	0,484	0,450	0,585
Frontal_Inf_Tri	r	0,414	0,362	0,430	0,455	0,372	0,338	0,561
Frontal_Inf_Oper	l	0,394	0,412	0,516	0,484	0,493	0,400	0,560
Frontal_Inf_Oper	r	0,391	0,370	0,411	0,436	0,435	0,325	0,397
Rolandic_Oper	l	0,607	0,435	0,611	0,532	0,416	0,461	0,581
Rolandic_Oper	r	0,641	0,401	0,616	0,464	0,449	0,342	0,562
Rectus	l	0,333	0,296	0,329	0,456	0,407	0,349	0,393
Rectus	r	0,316	0,329	0,395	0,363	0,328	0,292	0,383
Supp_Motor_Area	l	0,638	0,430	0,629	0,576	0,565	0,462	0,691
Supp_Motor_Area	r	0,547	0,417	0,598	0,501	0,495	0,439	0,637
Precentral	l	0,656	0,414	0,596	0,520	0,562	0,465	0,661
Precentral	r	0,605	0,420	0,619	0,485	0,466	0,434	0,649
Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Postcentral	l	0,592	0,497	0,610	0,518	0,619	0,509	0,693
Postcentral	r	0,700	0,439	0,566	0,498	0,547	0,460	0,617
Parietal_Sup	l	0,609	0,375	0,555	0,502	0,574	0,400	0,546
Parietal_Sup	r	0,593	0,358	0,456	0,514	0,551	0,429	0,572
Parietal_Inf	l	0,571	0,401	0,541	0,497	0,491	0,439	0,552
Parietal_Inf	r	0,555	0,387	0,366	0,513	0,427	0,376	0,582
SupraMarginal	l	0,558	0,435	0,637	0,523	0,504	0,378	0,473
SupraMarginal	r	0,568	0,411	0,612	0,493	0,513	0,397	0,587
Angular	l	0,417	0,335	0,411	0,388	0,496	0,298	0,414
Angular	r	0,417	0,308	0,487	0,485	0,408	0,321	0,437
Paracentral_Lobule	l	0,569	0,397	0,609	0,525	0,516	0,434	0,668
Paracentral_Lobule	r	0,622	0,429	0,565	0,510	0,504	0,391	0,655
Precuneus	l	0,741	0,433	0,589	0,552	0,564	0,461	0,610
Precuneus	r	0,739	0,390	0,594	0,522	0,579	0,410	0,654
Insula	l	0,559	0,415	0,544	0,544	0,478	0,450	0,645
Insula	r	0,672	0,421	0,564	0,527	0,513	0,453	0,703

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur linken BA 42 unter dem visuellen Versuchsablauf angegeben. Die fünfstärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärk $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontallappen lässt sich für die Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 7.

Für alle Probanden lässt sich für den visuellen Versuchsablauf einstimmig feststellen, dass die linke BA 42 zu keiner Zielregion der Frontallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) besitzt.

Bei Proband 1 liegt die funktionelle Konnektivität der fünftstärksten konnektierten Zielregionen beider Frontallappen in der Größenordnung von 0,607 bis 0,656 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um die rolandischen Opercula, linksseitig um das SMA und den G. precentralis und rechtsseitig um den G. frontalis superior.

Proband 2 zeigt für die fünftstärksten konnektierten Zielregionen mit mittleren Korrelationsstärken zwischen 0,420 und 0,455 das schwächste Konnektivitätsniveau aller getesteten Probanden. Es handelt sich dabei um die linksseitigen Zielregionen G. frontalis medius, Pars triangularis des G. frontalis inferior, rolandisches Operculum und SMA sowie um den rechtsseitigen G. precentralis.

Bei Proband 4 gehören beidseitig die rolandischen Opercula und die SMA sowie rechtsseitig der G. precentralis mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,598 bis 0,629 den fünftstärksten konnektierten Zielregionen an.

Für Proband 5 liegt für die fünftstärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,520 und 0,576 mittlerer Korrelationsstärke vor. Bei den fünftstärksten Regionen handelt es sich um die rechtsseitigen Regionen von G. frontalis superior und G. frontalis medius sowie um die linksseitigen Regionen von rolandisches Operculum, SMA und G. precentralis.

Bei Proband 6 haben die fünftstärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität von 0,495 bis 0,565 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um die Region SMA, linksseitig um den Pars media des G. frontalis superior und den G. precentralis sowie rechtsseitig um den G. frontalis superior.

Proband 7 weist für die fünftstärksten konnektierten Zielregionen eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,450 bis 0,465 mittlerer Korrelationsstärke auf. Damit hat Proband 7 das zweitschwächste Konnektivitätsniveau aller Probanden. Es handelt sich bei den fünftstärksten Regionen um die linksseitigen Zielregionen von G. frontalis medius, Pars orbitalis des G. frontalis inferior, rolandisches Operculum, SMA und G. precentralis.

Proband 8 besitzt für die am fünftstärksten konnektierten Regionen mit einer funktionellen Konnektivität im Bereich von 0,648 bis 0,691 mittlerer Korrelationsstärke gemeinsam mit Proband 1 das höchste Konnektivitätsniveau aller Probanden. Es handelt sich dabei beidseits um den G. precentralis, linksseitig um die Regionen von G. frontalis superior und SMA sowie rechtsseitig um den G. frontalis medius.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Parietallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 7.

Nur für Proband 1 und 8 lässt sich unter dem visuellen Versuchsablauf feststellen, dass die linke BA 42 zu vereinzelt Zielregionen der Parietallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) besitzt.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität beidseitig zur Region Precuneus sowie zu den rechtsseitigen Regionen von G. postcentralis, Lobulus paracentralis und Insula. Damit besitzt Proband 1 für die fünftstärksten konnektierten Regionen das höchste Konnektivitätsniveau aller Probanden.

Proband 2 besitzt das schwächste Konnektivitätsniveau aller Probanden. Die fünftstärksten konnektierten Zielregionen weisen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,429 bis 0,497 auf. Es handelt sich um die beidseitige Region von G. postcentralis, die linksseitigen Regionen von G. supramarginalis und Precuneus sowie um den rechtsseitigen Lobulus paracentralis.

Proband 4 weist für die am fünftstärksten konnektierten Zielregionen beider Parietallappen eine funktionelle Konnektivität von 0,594 bis 0,637 mittlerer Korrelationsstärke auf. Es handelt sich um die beidseitigen G. supramarginales, die linksseitigen G. postcentralis und Lobulus paracentralis sowie um die rechtsseitige Precuneus.

Proband 5 besitzt für die fünftstärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität in der Größenordnung von 0,523 bis 0,552 mittlerer Korrelationsstärke. Unter den fünftstärksten Zielregionen sind die beidseitige Insula und die linksseitigen G. supramarginalis, Lobulus paracentralis sowie Precuneus vertreten.

Die fünftstärksten konnektierten Regionen des Probanden 6 haben eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,551 bis 0,619 mittlerer Korrelationsstärke. Zu den fünftstärksten Regionen gehören die beidseitigen G. parietales superiores und Precuneus sowie der linksseitige G. postcentralis.

Proband 7 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,450 bis 0,509 mittlerer Korrelationsstärke. Das entspricht dem zweitschwächsten Konnektivitätsniveau aller Probanden. Dabei sind den fünf stärksten Zielregionen die beidseitigen Regionen von G. postcentralis und Insula sowie die linksseitige Precuneus zugehörig.

Proband 8 besitzt für die fünf stärksten konnektierten Zielregionen eine funktionellen Konnektivität zwischen 0,654 bis 0,703 mittlerer Korrelationsstärke. Das entspricht dem zweithöchsten Konnektivitätsniveau aller Probanden. Es besteht dabei eine starke funktionelle Konnektivität zur rechtsseitigen Insula. Weiterhin sind unter den fünf stärksten Zielregionen die beidseitige Region von Lobulus paracentralis, der linksseitige G. postcentralis und die rechtsseitige Region von Precuneus vertreten.

Die funktionelle Konnektivität der Zielregionen der Frontallappen sowie Parietallappen weisen Niveauunterschiede unter den getesteten Probanden auf. Es zeigt sich ein im Vergleich zu Probanden 2 und 7 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden, wobei Proband 1 und 8 das höchste Niveau besitzen. Trotz der bestehenden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität der getesteten Probanden, kristallisieren sich jeweils identische Zielregionen als die am stärksten konnektierten Zielregionen heraus.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 8: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

Temporallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Heschl	l	0,571	0,418	0,674	0,584	0,573	0,306	0,595
Heschl	r	0,651	0,368	0,585	0,567	0,482	0,429	0,653
Temporal_Sup	l	0,990	0,989	0,990	0,989	0,989	0,989	0,989
Temporal_Sup	r	0,774	0,565	0,647	0,608	0,651	0,574	0,711
Temporal_Pole_Sup	l	0,563	0,476	0,572	0,527	0,564	0,532	0,586
Temporal_Pole_Sup	r	0,566	0,456	0,507	0,499	0,577	0,403	0,653
Temporal_Mid	l	0,724	0,479	0,608	0,635	0,578	0,514	0,603
Temporal_Mid	r	0,663	0,438	0,565	0,514	0,552	0,502	0,581
Temporal_Pole_Mid	l	0,384	0,309	0,418	0,402	0,451	0,351	0,516
Temporal_Pole_Mid	r	0,468	0,329	0,492	0,439	0,518	0,418	0,457
Temporal_Inf	l	0,536	0,376	0,539	0,465	0,489	0,441	0,545
Temporal_Inf	r	0,488	0,326	0,495	0,440	0,479	0,405	0,519
Okzipitallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Occipital_Sup	l	0,554	0,345	0,457	0,472	0,476	0,454	0,583
Occipital_Sup	r	0,488	0,318	0,391	0,470	0,469	0,400	0,507
Occipital_Mid	l	0,473	0,387	0,468	0,486	0,453	0,364	0,553
Occipital_Mid	r	0,504	0,361	0,508	0,507	0,473	0,363	0,488
Occipital_Inf	l	0,392	0,272	0,489	0,334	0,275	0,331	0,501
Occipital_Inf	r	0,297	0,288	0,376	0,394	0,413	0,308	0,398
Cuneus	l	0,582	0,400	0,432	0,490	0,547	0,378	0,507
Cuneus	r	0,587	0,348	0,478	0,491	0,549	0,417	0,583
Calcarine	l	0,599	0,377	0,504	0,507	0,535	0,380	0,642
Calcarine	r	0,547	0,347	0,461	0,488	0,551	0,368	0,592
Lingual	l	0,551	0,358	0,502	0,478	0,517	0,386	0,605
Lingual	r	0,575	0,382	0,459	0,538	0,522	0,384	0,567
Fusiform	l	0,515	0,345	0,495	0,484	0,426	0,392	0,529
Fusiform	r	0,506	0,359	0,493	0,500	0,386	0,435	0,499

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) und jeden getesteten Probanden (siehe Spalten) ist die mittlere Korrelationsstärke gerundet auf drei Dezimalstellen zur linken BA 42 unter dem visuellen Versuchsablauf angegeben. Die fünfstärksten mittleren Korrelationsstärken eines GL sowie sämtliche mittlere Korrelationsstärken $\geq 0,7$ sind fett hervorgehoben. Eine mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$ ist als starke funktionelle Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporallappen im visuellen Versuchsablauf lässt sich für die Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 8. Der linksseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der linken BA 42 außer Acht gelassen.

Nur für Proband 1 und 8 lässt sich im visuellen Versuchsablauf eine starke Konnektivität der BA 42 zu vereinzelt Zielregionen der Temporallappen (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) nachweisen.

Bei Proband 1 besteht eine starke funktionelle Konnektivität zum rechtsseitigen G. temporalis superior und zum linksseitigen G. temporalis medius. Die weiteren drei der fünftstärksten konnektierten Zielregionen sind die beidseitige Region von Heschl und der rechtsseitige G. temporalis medius. Diese drei Zielregionen besitzen eine mittlere Korrelationsstärke zwischen 0,571 und 0,663.

Bei Proband 2 haben die fünftstärksten konnektierten Zielregionen der Temporallappen eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,428 und 0,565 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um Polus temporalis des G. temporalis superior und G. temporalis medius sowie rechtsseitig um G. temporalis superior. Damit hat Proband 2 das schwächste Konnektivitätsniveau aller Probanden.

Bei Proband 4 liegt die funktionelle Konnektivität der fünftstärksten konnektierten Regionen in der Größenordnung von 0,572 bis 0,635 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um die Regionen von Heschl, linksseitig um die Regionen von Polus temporalis des G. temporalis superior und G. temporalis medius sowie rechtsseitig um die Region G. temporalis superior.

Die fünftstärksten konnektierten Regionen des Probanden 5 weisen mittlere Korrelationsstärken zwischen 0,527 und 0,637 auf. Es handelt sich um die beidseitige Heschl, die linksseitigen Polus temporalis des G. temporalis superior und G. temporalis medius sowie um den rechtsseitigen G. temporalis superior.

Proband 6 besitzt zu den fünftstärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,564 bis 0,651 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um Polus temporalis des G. temporalis superior, linksseitig um Heschl und G. temporalis medius und rechtsseitig um G. temporalis superior.

Proband 7 hat zu den fünftstärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,441 bis 0,574 mittlerer Korrelationsstärke. Unter diesen fünf Zielregionen sind linksseitig die Regionen von Polus temporalis des G. temporalis superior, G. temporalis medius und G. temporalis inferior sowie rechtsseitig die Regionen von G. temporalis superior und G. temporalis medius vertreten. Damit besitzt Proband 7 das zweitschwächste Konnektivitätsniveau aller Probanden.

Für Proband 8 kann eine starke funktionelle Konnektivität zum rechtsseitigen G. temporalis superior zuerkannt werden. Die weiteren vier der fünftstärksten konnektierten Zielregionen beider Temporallappen zeigen eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,595 und 0,653 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um Heschl, rechtsseitig um Polus temporalis des G. temporalis superior und linksseitig um G. temporalis medius.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Okzipitallappen im visuellen Versuchsablauf lässt sich für die Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 8.

Für alle Probanden lässt sich unter dem visuellen Versuchsablauf einstimmig feststellen, dass die linke BA 42 zu keiner Zielregion der Okzipitallappen eine starke funktionelle Konnektivität (mittlere Korrelationsstärke $\geq 0,7$) besitzt.

Bei Proband 1 liegt die funktionelle Konnektivität der fünftstärksten konnektierten Zielregionen beider Okzipitallappen zwischen 0,554 und 0,599 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich um die beidseitige Cuneus, um die linksseitigen G. occipitalis superior und calcarinische Region sowie um den rechtsseitigen G. lingualis.

Proband 2 weist für die fünftstärksten konnektierten Regionen eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,361 und 0,400 mittlerer Korrelationsstärke auf. Das entspricht dem schwächsten Niveau aller Probanden. Die fünftstärksten konnektierten Zielregionen sind die beidseitigen G. occipitales medii, die linksseitigen Cuneus und calcarinische Region sowie der rechtsseitige G. lingualis.

Bei Proband 4 sind die beidseitigen G. fusiformes, der rechtsseitige G. occipitalis medius sowie die linksseitigen G. lingualis und calcarinische Region mit einer mittleren Korrelationsstärke von 0,491 bis 0,538 den fünftstärksten konnektierten Regionen zugehörig.

Bei Proband 5 liegt die funktionelle Konnektivität der am fünftstärksten konnektierten Regionen im Bereich von 0,491 bis 0,538 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich um die vier rechtsseitigen Zielregionen G. occipitalis medius, Cuneus, G. lingualis und G. fusiformis sowie um die linksseitige calcarinische Region.

Bei Proband 6 liegt die funktionelle Konnektivität der fünftstärksten konnektierten Zielregionen zwischen 0,522 und 0,551 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich beidseitig um Cuneus und calcarinischer Region sowie rechtsseitig um den G. lingualis.

Bei Proband 7 handelt es sich bei den fünftstärksten Zielregionen um die beidseitigen G. occipitales superiores und G. fusiformes sowie um die rechtsseitige Cuneus. Dabei besteht eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,392 bis 0,454 mittlerer Korrelationsstärke.

Proband 7 besitzt entsprechend das zweitschwächste Konnektivitätsniveau aller Probanden.

Bei Proband 8 liegt die funktionelle Konnektivität der fünftstärksten konnektierten Zielregionen zwischen 0,583 und 0,642 mittlerer Korrelationsstärke. Damit besitzt Proband 8 das höchste Konnektivitätsniveau aller Probanden. Es handelt sich bei den fünftstärksten

Zielregionen um die beidseitige calcarinische Region, die linksseitigen G. occipitalis superior und G. lingualis sowie um die rechtsseitige Cuneus.

Die funktionelle Konnektivität der Zielregionen der Temporallappen sowie Okzipitallappen weisen Niveauunterschiede unter den getesteten Probanden auf. Es zeigt sich ein im Vergleich zu Probanden 2 und 7 höheres Konnektivitätsniveau der restlichen Probanden, wobei Proband 1 und 8 das höchste Niveau besitzen. Trotz der bestehenden Niveauunterschiede in der funktionellen Konnektivität der getesteten Probanden, kristallisieren sich jeweils identische Zielregionen als die stärksten konnektierten Zielregionen der GL Temporal und Okzipital heraus.

4.3 Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 9: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal-, und Parietallappen.

Frontallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Olfactory	l	0	0	-0,048	-0,095	0,206	-0,132	0
Olfactory	r	0	0	-0,095	0,052	0,120	-0,112	0,068
Frontal_Sup	l	0,106	0,078	-0,036	0,045	0,088	0	0
Frontal_Sup	r	0,129	0,039	-0,062	0	0,099	0,138	0
Frontal_Sup_Medial	l	0,143	0,105	0,061	0,045	0,140	0	0
Frontal_Sup_Medial	r	0,130	0	0	0,058	0,149	-0,036	0
Frontal_Sup_Orb	l	0,122	-0,065	-0,054	0,062	0,109	0	0,083
Frontal_Sup_Orb	r	0,048	0,035	0	0	0,184	0	0
Frontal_Mid	l	0,087	0,054	0	-0,037	0,105	0,031	0,031
Frontal_Mid	r	0,102	0,088	0,183	0,057	0,130	0	0,030
Frontal_Mid_Orb	l	0,115	0	0,061	0	0,195	0,071	0
Frontal_Mid_Orb	r	0,118	0,052	-0,026	0,057	0,175	0,093	0,027
Frontal_Inf_Orb	l	0,102	0,110	0	0,042	0,163	0,185	0,135
Frontal_Inf_Orb	r	0,146	0,128	0,018	0,148	0,159	0,266	0,164
Frontal_Inf_Tri	l	0,091	0,106	0,228	0,053	0,161	0,145	0,067
Frontal_Inf_Tri	r	0,135	0,106	0,252	0,245	0,162	0,316	0,197
Frontal_Inf_Oper	l	0,018	0	-0,127	0,047	0,101	0,098	0,055
Frontal_Inf_Oper	r	0,094	0,069	0,104	0,241	0,177	0,274	0,090
Rolandic_Oper	l	0,170	0	0	-0,159	0,208	-0,127	0
Rolandic_Oper	r	0,127	0,045	0	0	0,237	0,145	0
Rectus	l	0,166	0,060	0	-0,082	0,232	0,139	0,196
Rectus	r	0,094	-0,083	-0,008	-0,044	0,265	0,099	0,030
Supp_Motor_Area	l	0,140	0,055	0	-0,057	0,109	0,081	0
Supp_Motor_Area	r	0,157	-0,106	0	0,162	0,151	0,053	0,122
Precentral	l	0,047	0,073	0,027	0,151	0,140	0,144	0,084
Precentral	r	0,116	0,115	0,101	0,258	0,152	0,260	0,082
Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Postcentral	l	0,131	0	0,218	0	0,104	0	-0,073
Postcentral	r	0,130	0	0,151	0	0,112	0,046	0
Parietal_Sup	l	0,074	0	0,083	0	0,065	0,103	0
Parietal_Sup	r	0	0,043	-0,034	0	-0,070	0	0
Parietal_Inf	l	0,096	0	0,049	0	0,051	0,090	0,062
Parietal_Inf	r	0,045	0,066	0,011	0,046	0,038	0,054	0
SupraMarginal	l	0	0	0,235	-0,131	0,117	0	-0,126
SupraMarginal	r	0,061	0	0,255	0,168	0,114	0,036	0,069
Angular	l	0,040	0,076	-0,025	0,136	-0,045	0,119	-0,103
Angular	r	0,038	0,100	0	0,094	0,105	0,088	0
Paracentral_Lobule	l	0,105	0	-0,023	0	0,114	0,086	0
Paracentral_Lobule	r	0,117	0	-0,163	0,071	0,169	0,103	-0,074
Precuneus	l	0,071	0	0,113	-0,048	0,082	0	0,040
Precuneus	r	0,046	0	0	-0,052	0	0	0
Insula	l	0,219	0	-0,052	-0,092	0,224	0	0
Insula	r	0,060	0,117	-0,051	0,097	0,206	0	0,054

Gezeigt sind für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) und für die sieben Probanden (siehe Spalten) die Differenz in der mittleren Korrelationsstärke zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf. Positive Differenzwerte werden schwarz, negative Differenzwerte rot markiert. Zielregionen, bei denen die Voruntersuchung mittels U-Test keinen signifikanten Unterschied zwischen der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe ergeben hat, wird der Differenzwert null zugeteilt (blau markiert). Die fünfgrößten sowie sämtliche Differenzwerte $\geq 0,150$ mittlerer Korrelationsstärke sind fett markiert. Eine Differenz beider Versuchsabläufe $\geq 0,150$ ist als starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 9.

Für alle Probanden bis auf Ausnahme von Proband 2 ist für einige Zielregionen innerhalb der Frontallappen ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe feststellbar (Differenz $\geq 0,150$ mittlerer Korrelationsstärke).

Bei Proband 1 ist für alle Zielregionen innerhalb der Frontallappen bis auf zwei Ausnahmen eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes feststellbar. Die beiden Ausnahmen, die beidseitigen olfaktorischen Cortices, besitzen hingegen keinen signifikanten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe. Für die drei Zielregionen, die linksseitigen Regionen von rolandischem Operculum und G. rectus sowie dem rechtsseitigen SMA, kann ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes zugeordnet werden. Zu den fünf Zielregionen mit dem größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes gehören weiterhin der rechtsseitige Pars orbitalis des G. frontalis inferior und der linksseitige Pars media des G. frontalis superior.

Bei Proband 2 liegt für 17 Zielregionen der Frontallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf vor. Für drei Regionen hingegen liegt eine höhere Konnektivität zugunsten des visuellen Versuchsablaufes vor. Es handelt sich dabei um den linkseitigen Pars orbitalis des G. frontalis superior sowie um die rechtsseitigen G. rectus und SMA. Bei den verbliebenen sechs Zielregionen konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die fünf Zielregionen mit dem größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes sind die beidseitigen Pars orbitalis und triangularis der G. frontales inferiores sowie der rechtsseitige G. precentralis. Diese fünf Regionen weisen eine Differenz zwischen 0,106 bis 0,128 mittlerer Korrelationsstärke auf.

Die drei Regionen mit Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zugunsten des visuellen Versuchsablaufes besitzen eine Differenz von 0,065 bis 0,106 mittlerer Korrelationsstärke.

Proband 4 zeigt für neun Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und für acht Regionen im visuellen Versuchsablauf. Die neun verbliebenen Zielregionen weisen keinen signifikanten Unterschied auf. Einen starken Unterschied in der funktionellen Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes kann drei Zielregionen zugesprochen werden. Es handelt sich dabei um die beidseitigen Pars triangularis der G.

frontales inferiores sowie um den rechtsseitigen G. frontalis medius. Zu den fünf Zielregionen mit dem größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität gehören weiterhin die beidseitigen Pars opercularis der G. frontales inferiores. Der linksseitige Pars opercularis weist einen Unterschied in der funktionellen Konnektivität von 0,127 mittlerer Korrelationsstärke zugunsten des visuellen Versuchsablaufes auf, hingegen der rechtsseitige Pars opercularis des G. frontalis inferior einen Unterschied in der funktionellen Konnektivität von 0,104 mittlerer Korrelationsstärke zugunsten des auditiven Versuchsablaufes.

Bei Proband 5 kann für 16 Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes und für sechs Regionen zugunsten des visuellen Versuchsablaufes festgestellt werden. Die vier verbliebenen Zielregionen weisen keinen signifikanten Unterschied auf. Ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes liegt bei den rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior, Pars opercularis des G. frontalis inferior und SMA sowie bei den beidseitigen G. precentrales vor. Außerdem kann ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität, wohingegen mit höherer Konnektivität im visuellen Versuchablauf, für das linksseitige rolandische Operculum festgestellt werden.

Bei Proband 6 ist für alle Zielregionen beider Frontallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen. Dabei zeigen 15 Zielregionen einen starken Unterschied in der funktionellen Konnektivität.

Bei Proband 7 kann für 17 Zielregionen eine höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und für vier Regionen im visuellen Versuchsablauf festgestellt werden. Die fünf verbliebenen Zielregionen weisen keinen signifikanten Unterschied auf. Ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf kann den rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior, Pars opercularis des G. frontalis inferior und G. precentralis sowie der beidseitigen Pars orbitalis der G. frontales inferiores zugeschrieben werden. Die vier Regionen mit höherer funktioneller Konnektivität im visuellen Versuchsablauf besitzen einen Unterschied von 0,036 bis 0,132 mittlerer Korrelationsstärke. Es handelt sich dabei um die beidseitigen olfaktorischen Cortices, um den rechtsseitigen Pars media des G. frontalis superior sowie um das linksseitige rolandische Operculum.

Bei Proband 8 besteht zu 16 Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Den verbliebenen Zielregionen konnte kein signifikanter Unterschied zugeschrieben werden. Ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität liegt bei den beiden rechtsseitigen Pars triangularis und Pars orbitalis des G. frontalis inferior sowie bei dem linksseitigen G. rectus vor. Den fünf Zielregionen mit dem größten Unterschied in

der funktionellen Konnektivität gehören weiterhin mit einer Differenz von 0,135 mittlerer Korrelationsstärke der linksseitige Pars orbitalis des G. frontalis inferior und mit einer Differenz von 0,122 mittlerer Korrelationsstärke das rechtsseitige SMA an.

Zusammenfassend kann bei den Probanden 1 und 8 den Zielregionen der Frontallappen mehrheitlich eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei den verbliebenen Zielregionen liegt kein Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen vor. Bei Proband 6 liegt für alle Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf vor. Den Probanden 2, 5 und 7 kann für die Mehrheit der Zielregionen der Frontallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Für die Minderheit der Zielregionen besteht entweder eine höhere funktionelle Konnektivität im visuellen Versuchsablauf oder es besteht kein Unterschied. Bei Proband 4 ist ein ähnliches Verteilungsmuster wie für die Probanden 2, 5 und 7 festzustellen, jedoch mit der Einschränkung, dass auch nur eine Minderheit der Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf besitzen.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Parietallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 9.

Bei den Probanden 1, 4, 5 und 6 liegt für einige Zielregionen der Frontallappen ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe mit höherer Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes vor (Differenz $\geq 0,150$ mittlerer Korrelationsstärke).

Bei Proband 1 ist für alle Zielregionen bis auf zwei Ausnahmen eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes feststellbar. Die beiden Ausnahmen, der rechtsseitige G. parietalis superior und der linksseitige G. supramarginalis, besitzen hingegen keinen signifikanten Unterschied. Ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität kann einzig der linksseitigen Insula zugesprochen werden. Zu den fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied gehören weiterhin die beidseitigen Regionen von G. postcentralis und Lobulus paracentralis.

Bei Proband 2 kann elf Zielregionen kein Unterschied in der funktionellen Konnektivität zugesprochen werden. Die restlichen fünf Zielregionen haben eine höhere funktionelle

Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Dabei besitzen die fünf Regionen einen Unterschied von 0,043 bis 0,117 mittlerer Korrelationsstärke.

Bei Proband 4 besteht für acht Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und für sechs Zielregionen entsprechend im visuellen Versuchsablauf. Die zwei verbliebenen Zielregionen zeigen keinen Unterschied. Ein starker Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf kann vier Zielregionen zugesprochen werden. Es handelt sich dabei um die beidseitigen G. postcentrales und G. supramarginales. Umgekehrt kann lediglich dem rechtsseitigen Lobulus paracentralis ein starker Unterschied mit höherer Konnektivität im visuellen Versuchsablauf nachgewiesen werden.

Bei Proband 5 zeigen sechs Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, vier Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und vier Zielregionen keinen Unterschied. Ein starker Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf liegt bei der rechtsseitigen G. supramarginalis vor. Bemerkenswert ist, dass der linksseitige G. supramarginalis hingegen einen Unterschied von 0,131 mittlerer Korrelationsstärke zugunsten des visuellen Versuchsablaufes aufweist. Zu den fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied gehören weiterhin mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf die beidseitige Region von G. angularis und die rechtsseitige Insula.

Bei Proband 6 zeigen 13 Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, zwei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und einzig die rechtsseitige Precuneus zeigt keinen Unterschied. Die sechs Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied sind die beidseitige Region von Insula, Lobulus paracentralis und G. supramarginalis. Sie besitzen alle eine höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Dabei besteht lediglich für die beidseitige Insula ein starker modalitätsabhängiger Unterschied.

Bei Proband 7 besteht zu neun Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven und für sieben Zielregionen im visuellen Versuchsablauf. Die fünfgrößten modalitätsabhängigen Unterschiede können den beidseitigen G. angulares, den linksseitigen G. parietalis superior und G. parietalis inferior sowie dem rechtsseitigen Lobulus paracentralis zugesprochen werden. Es besteht dabei jeweils eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Der Unterschied beträgt dabei zwischen 0,088 und 0,119 mittlerer Korrelationsstärke.

Bei Proband 8 zeigen vier Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, weitere vier Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und acht Zielregionen zeigen keinen Unterschied. Vier der fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen

Unterschied besitzen eine höhere Konnektivität im visuellen Versuchsablauf. Es handelt sich mit einem Unterschied von 0,073 bis 0,126 mittlerer Korrelationsstärke um die linksseitigen G. postcentralis, G. supramarginalis und G. angularis sowie um den rechtsseitigen Lobulus paracentralis. Weiterhin gehört zu den fünfgrößten modalitätsabhängigen Konnektivitäten, hingegen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, der rechtsseitige G. supramarginalis.

Zusammenfassend kann bei den Probanden 1 und 7 den Zielregionen der Parietallappen mehrheitlich eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei den verbliebenen Zielregionen liegt kein Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen vor. Bei Proband 2 verhält es sich genau umgekehrt. Mehrheitlich liegt für die Zielregionen kein Unterschied vor und in der Minderheit eine höhere Konnektivität unter dem auditiven Versuchsablauf. Bei den Probanden 4,5,6 und 8 zeigen die Zielregionen in unterschiedlichen Verteilungen sowohl eine höhere Konnektivität im auditiven, im visuellen oder in keinem Versuchsablauf.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 10: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal-, und Okzipitallappen.

Temporalappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Heschl	l	0,171	0,172	0,140	0,097	0,167	0	0,093
Heschl	r	0,127	0	0,267	0	0,131	0,314	0,206
Temporal_Sup	l	0,107	0,181	0,201	0,189	0,136	0,211	0,198
Temporal_Sup	r	0	0	-0,001	-0,001	0	0	-0,001
Temporal_Pole_Sup	l	0,091	0,072	0,079	0,166	0,101	0,177	0,113
Temporal_Pole_Sup	r	0,135	0,051	0,070	-0,041	0,112	0,129	0,074
Temporal_Mid	l	0,066	0,177	0,225	0,241	0,127	0,290	0,231
Temporal_Mid	r	0,049	0,188	0,225	0,251	0,099	0,251	0,229
Temporal_Pole_Mid	l	0	0,129	-0,042	0	0,119	0,087	0,125
Temporal_Pole_Mid	r	0,163	0,061	-0,069	0	0,124	0,164	0,124
Temporal_Inf	l	0,150	0,067	0,033	0,029	0,055	0,123	0,127
Temporal_Inf	r	0,112	0,171	-0,029	0	0,137	0	0,163
Okzipitallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Occipital_Sup	l	0,046	0	-0,066	0	0,027	0	0,042
Occipital_Sup	r	0,069	0	0,037	0	0	0,078	0,059
Occipital_Mid	l	0,055	-0,065	-0,081	-0,063	0,097	0,049	0,070
Occipital_Mid	r	0	0	-0,080	-0,072	0	0,100	0,056
Occipital_Inf	l	0	0	-0,065	0	0,328	0,046	0,095
Occipital_Inf	r	0,204	0	0	0	0,165	0,064	0,116
Cuneus	l	0,080	0	0	0	0,080	0,102	0,091
Cuneus	r	0,047	-0,061	0	0	0	0	0,058
Calcarine	l	0,057	0	0,026	0	0,091	0,096	0
Calcarine	r	0,087	0	-0,092	0	0,099	0,125	0
Lingual	l	0,079	0	-0,039	0	0,081	0,071	0,041
Lingual	r	0,107	-0,061	-0,060	-0,052	0,094	0,069	0,048
Fusiform	l	0,052	-0,084	-0,050	-0,135	0,103	-0,065	0,052
Fusiform	r	0,041	0	0,114	-0,081	0,125	0	0,115

Gezeigt sind für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) und für die sieben Probanden (siehe Spalten) die Differenz gerundet auf drei Dezimalstellen in der mittleren Korrelationsstärke zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf. Positive Differenzwerte werden schwarz, negative Differenzwerte rot markiert. Zielregionen, bei denen die Voruntersuchung mittels U-Test keinen signifikanten Unterschied zwischen der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe ergeben hat, wird der Differenzwert null zugeteilt (blau markiert). Die fünfgrößten sowie sämtliche Differenzwerte $\geq 0,150$ mittlerer Korrelationsstärke sind fett markiert. Eine Differenz in der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe $\geq 0,150$ ist als starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität definiert. P_: Proband, l: links

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporalappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 10. Der rechtsseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxel der rechten BA 42 nicht weiter betrachtet.

Alle Probanden weisen für einige Zielregionen der Temporallappen einen starken Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe mit höherer Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes auf (Differenz $\geq 0,150$ mittlere Korrelationsstärken). Bei Proband 1 ist für alle Zielregionen bis auf eine Ausnahme ein modalitätsabhängiger Unterschied in der funktionellen Konnektivität mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf feststellbar. Bei der Ausnahme handelt es sich um den linksseitigen Polus temporalis des G. temporalis medius. Diese Zielregion besitzt keinen signifikanten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe. Zu den fünf Zielregionen mit dem größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität gehören beidseitig die Region Heschl, die rechtsseitigen Regionen Polus temporalis des G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis medius sowie der linksseitige G. temporalis inferior. Dabei kann für drei dieser Zielregionen ein starker modalitätsabhängiger Unterschied festgestellt werden.

Bei Proband 2 ist für alle Zielregionen bis auf die rechtsseitige Heschl ein modalitätsabhängiger Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf feststellbar. Die Ausnahme besitzt keinen signifikanten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe. Bei Proband 2 weisen alle fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied einen starken Unterschied auf. Es handelt sich um die beidseitigen G. temporales medii sowie um die linksseitigen Heschl, G. temporalis superior und G. temporalis inferior.

Bei Proband 4 besteht für acht Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und für die verbliebenen drei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf. Bei den drei Zielregionen mit höherer Konnektivität zugunsten des visuellen Versuchsablaufes handelt es sich um die beidseitigen Polus temporalis der G. temporales medii und um den rechtsseitigen G. temporalis inferior. Für vier der fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied, jeweils zugunsten des auditiven Versuchsablaufes, kann ein starker Unterschied zugesprochen werden. Es handelt sich bei den fünf Zielregionen beidseitig um die Regionen von Heschl und G. temporalis medius sowie linksseitig um den G. temporalis superior.

Bei Proband 5 zeigen sechs Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, eine Zielregion im visuellen Versuchsablauf und vier Zielregionen zeigen keinen Unterschied. Ein starker modalitätsabhängiger Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf liegt für die beidseitigen G. temporales medii und für die linksseitigen G. temporalis superior sowie Polus temporalis des G. temporalis superior vor. Zu den fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied gehört weiterhin

mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf die linksseitige Heschl. Einzig für den rechtsseitigen Polus temporalis des G. temporalis superior fällt die funktionelle Konnektivität im visuellen Versuchsablauf um 0,041 mittlere Korrelationsstärken höher aus.

Bei Proband 6 besteht zu allen Zielregionen ein modalitätsabhängiger Unterschied in der funktionellen Konnektivität mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Bei den fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied handelt es sich beidseitig um Heschl, linksseitig um G. temporalis superior und G. temporalis medius sowie rechtsseitig um G. temporalis inferior. Einzig die linksseitige Heschl besitzt dabei einen starken Unterschied.

Bei Proband 7 ist für alle Zielregionen bis auf zwei Ausnahmen ein Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf feststellbar. Die beiden Ausnahmen, die linksseitige Heschl und der rechtsseitige G. temporalis inferior, besitzen hingegen keinen signifikanten Unterschied. Sechs Zielregionen weisen einen starken Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen auf. Es sind die beidseitige Region von G. temporalis medius, die rechtsseitigen Regionen von Heschl und Polus temporalis des G. temporalis medius sowie die linksseitigen Regionen von G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis superior.

Bei Proband 8 besteht zu allen Zielregionen ein modalitätsabhängiger Unterschied in der funktionellen Konnektivität mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Fünf Zielregionen besitzen einen starken Unterschied. Es handelt sich beidseitig um G. temporalis medius, rechtsseitig um Heschl sowie G. temporalis inferior und linksseitig um G. temporalis superior.

Zusammenfassend kann bei den Probanden 6 und 8 den Zielregionen der Temporallappen einheitlich eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei den Probanden 1, 2 und 7 kann den Zielregionen mehrheitlich eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei den verbliebenen Zielregionen liegt kein Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen vor.

Bei Proband 4 kann den Zielregionen mehrheitlich eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei den verbliebenen Zielregionen liegt eine höhere funktionelle Konnektivität im visuellen Versuchsablauf vor.

Einzig bei Proband 5 zeigen die Zielregionen der Temporallappen eine höhere Konnektivität im auditiven, im visuellen oder in keinem Versuchsablauf.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Okzipitallappen lässt sich für die Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 10.

Bei den Probanden 2, 4, 5, 7 und 8 liegt bei keiner Zielregion innerhalb der GL Okzipital ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe vor (Differenz $\geq 0,150$ mittlere Korrelationsstärken).

Bei Proband 1 ist für alle Zielregionen bis auf zwei Ausnahmen eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes feststellbar. Die beiden Ausnahmen, der rechtsseitige G. occipitalis medius und der linksseitige G. occipitalis inferior, besitzen hingegen keinen signifikanten Unterschied. Die fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied sind die beidseitigen G. linguales, die rechtsseitigen G. occipitalis inferior und calcarinische Region sowie die linksseitige Cuneus mit einem Unterschied von 0,079 bis 0,204 mittlerer Korrelationsstärke zugunsten des auditiven Versuchsablaufes. Einzig für den rechtsseitigen G. occipitalis inferior fällt dabei der Unterschied stark aus.

Bei Proband 2 besteht für alle Zielregionen bis auf vier Ausnahmen kein Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe. Die vier Ausnahmen besitzen hingegen eine um 0,061 bis 0,084 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im visuellen Versuchsablauf. Es handelt sich um die linksseitigen Regionen von G. occipitalis medius und G. fusiformis sowie um die rechtsseitigen Regionen von Cuneus und G. lingualis.

Bei Proband 4 liegt bei drei Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und bei acht Zielregionen im visuellen Versuchsablauf vor. Die verbliebenen drei Zielregionen zeigen keinen Unterschied. Vier der fünf Zielregionen mit dem größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe weisen eine höhere Konnektivität im visuellen Versuchsablauf auf. Es handelt sich mit einem Unterschied von 0,066 bis 0,092 mittlerer Korrelationsstärke um die beidseitigen G. occipitales medii, um den linksseitigen G. occipitalis superior und um die rechtsseitige calcarinische Region. Die verbliebene Zielregion mit einem der fünfgrößten modalitätsabhängigen Unterschiede, hingegen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, ist der rechtsseitige G. fusiformis mit einem Unterschied von 0,114 mittlerer Korrelationsstärke.

Bei Proband 5 zeigen neun Zielregionen keinen Unterschied in der Konnektivität beider Versuchsabläufe und die restlichen fünf Zielregionen zeigen eine höhere funktionelle

Konnektivität im visuellen Versuchsablauf. Die fünf Zielregionen besitzen einen Unterschied von 0,052 bis 0,135 mittlerer Korrelationsstärke zugunsten des visuellen Versuchsablaufes.

Bei Proband 6 ist für alle Zielregionen bis auf drei Ausnahmen eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes feststellbar. Die drei Ausnahmen, die rechtsseitigen G. occipitalis superior, G. occipitalis medius und Cuneus, besitzen hingegen keinen signifikanten Unterschied. Die fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied sind beidseitig die Regionen von G. occipitalis inferior und G. fusiformis sowie rechtsseitig der G. fusiformis. Dabei besitzen der linksseitige G. occipitalis inferior mit einem Unterschied von 0,328 und der rechtsseitige G. occipitalis inferior mit einem Unterschied von 0,165 mittlerer Korrelationsstärke einen starken Unterschied.

Bei Proband 7 liegt bei zehn Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und bei einer Zielregion im visuellen Versuchsablauf vor. Die verbliebenen drei Zielregionen, die rechtsseitigen Cuneus und G. fusiformis sowie der linksseitige G. occipitalis superior, zeigen keinen Unterschied. Die fünfgrößten modalitätsabhängigen Unterschiede weisen eine um 0,078 bis 0,125 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf auf. Es handelt sich dabei um die beidseitige calcarinische Region, um die rechtsseitigen G. occipitalis superior und G. occipitalis medius sowie um die linksseitige Cuneus.

Bei Proband 8 ist für alle Zielregionen bis auf die beidseitige calcarinische Region eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes feststellbar. Die beiden Ausnahmen besitzen hingegen keinen signifikanten Unterschied. Die fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied sind beidseitig der G. occipitalis inferior, linksseitig die Regionen von G. occipitalis medius und Cuneus sowie rechtsseitig der G. fusiformis mit einem Unterschied von 0,070 bis 0,116 mittlerer Korrelationsstärke.

Zusammenfassend kann bei den Probanden 1, 6 und 8 den Zielregionen der Okzipitallappen mehrheitlich eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei der Minderheit liegt kein modalitätsabhängiger Unterschied vor. Mit Proband 2 und 5 verhält es sich genau umgekehrt. Mehrheitlich liegt für die Zielregionen kein Unterschied vor und in der Minderheit eine höhere Konnektivität unter dem auditiven Versuchsablauf. Bei den Probanden 4 und 7 zeigen die Zielregionen in unterschiedlichen Verteilungen sowohl eine höhere Konnektivität im auditiven, im visuellen oder in keinem Versuchsablauf.

4.4 Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 11: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal-, und Parietallappen.

Frontallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Olfactory	l	0	0	0	0,038	0,236	0	0
Olfactory	r	0,077	0	-0,096	0	0,126	-0,090	0,122
Frontal_Sup	l	0,180	0	0	0,047	0,161	0,203	0
Frontal_Sup	r	0,178	0	-0,051	0	0,131	0,171	0,045
Frontal_Sup_Medial	l	0,174	0,035	0,056	0	0,173	0,145	0,065
Frontal_Sup_Medial	r	0,163	0	0	0	0,180	0,183	0,042
Frontal_Sup_Orb	l	0,227	0	0	0,054	0,186	0,115	0,076
Frontal_Sup_Orb	r	0,043	0	0	-0,023	0,204	0,041	0,073
Frontal_Mid	l	0,191	0	0,070	0	0,150	0,107	0
Frontal_Mid	r	0,196	0	0,080	0,047	0,198	0,149	0,004
Frontal_Mid_Orb	l	0,165	0	0,107	0	0,216	0,196	0,025
Frontal_Mid_Orb	r	0,149	0,027	0	0,068	0,246	0,161	0,039
Frontal_Inf_Orb	l	0,141	0,053	0	0,040	0,240	0,090	0,085
Frontal_Inf_Orb	r	0,220	0,072	0,067	0,135	0,238	0,249	0,152
Frontal_Inf_Tri	l	0,156	0,040	0,227	0,083	0,197	0,181	0,047
Frontal_Inf_Tri	r	0,203	0	0,243	0,215	0,239	0,223	0,110
Frontal_Inf_Oper	l	0,132	0	0	0,085	0,161	0,135	0
Frontal_Inf_Oper	r	0,216	0	0,172	0,237	0,221	0,235	0,056
Rolandic_Oper	l	0,196	0	0	0	0,287	0,198	0
Rolandic_Oper	r	0,116	0	0,170	0	0,239	0,316	0
Rectus	l	0,235	0	0	-0,046	0,270	0,099	0,225
Rectus	r	0	0	0	-0,057	0,230	0,230	0
Supp_Motor_Area	l	0,173	0	-0,096	0	0,175	0,164	0
Supp_Motor_Area	r	0,210	0	0	0,145	0,212	0,143	0,030
Precentral	l	0,137	0	0	0,146	0,166	0,160	0,046
Precentral	r	0,197	0,067	0	0,192	0,225	0,210	0
Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Postcentral	l	0,194	0	0	0	0,132	0,142	-0,054
Postcentral	r	0,103	0	0,137	0	0,164	0,122	0
Parietal_Sup	l	0,156	0	0,069	0	0,121	0,203	0,084
Parietal_Sup	r	0,152	0,059	0	0	0,041	0,173	0,069
Parietal_Inf	l	0,213	0	0,063	0	0,096	0,148	0,068
Parietal_Inf	r	0,229	0	0,101	0	0,119	0,231	0,037
SupraMarginal	l	0	0	0,114	0	0,206	0,166	-0,027
SupraMarginal	r	0,031	0	0,123	0,165	0,141	0,190	0,073
Angular	l	0,303	0	0	0,080	0,075	0,171	-0,112
Angular	r	0,099	0,089	-0,088	0	0,174	0,204	0
Paracentral_Lobule	l	-0,099	0,015	-0,047	0	0,227	0,149	0
Paracentral_Lobule	r	0,152	0	-0,136	0,092	0,234	0,195	0
Precuneus	l	-0,041	0	0,088	-0,029	0,145	0,158	0,068
Precuneus	r	0,089	0	-0,082	0	0,102	0,169	0,014
Insula	l	0,241	0,030	-0,051	-0,040	0,250	0,149	0
Insula	r	0,127	0,068	0	0,084	0,206	0,083	0

Gezeigt sind für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) und für die sieben Probanden (siehe Spalten) die Differenz in der mittleren Korrelationsstärke zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf. Positive Differenzwerte werden schwarz, negative Differenzwerte rot markiert. Zielregionen, bei denen die Voruntersuchung mittels U-Test keinen signifikanten Unterschied zwischen der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe ergeben hat, wird willkürlich der Differenzwert null zugeteilt (blau markiert). Die fünfgrößten sowie sämtliche Differenzwerte $\geq 0,150$ mittlerer Korrelationsstärke sind fett markiert. Eine Differenz in der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe $\geq 0,150$ ist als starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 11.

Für alle Probanden bis auf Ausnahme von Proband 2 besteht zu minimal zwei bis maximal 23 Zielregionen der Frontallappen ein starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe (Differenz $\geq 0,150$ mittlere Korrelationsstärke).

Bei Proband 1 ist für alle Zielregionen der Frontallappen bis auf zwei Ausnahmen eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes feststellbar. Die beiden Ausnahmen, der linksseitige olfaktorische Kortex und der rechtsseitige G. rectus, besitzen hingegen keinen signifikanten Unterschied. Für 17 Zielregionen kann ein starker Unterschied zugunsten des auditiven Versuchsablaufes festgestellt werden.

Bei Proband 2 liegt für 20 Zielregionen der Frontallappen kein Unterschied in der Konnektivität beider Versuchsabläufe vor. Für die restlichen sechs Zielregionen liegt hingegen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf vor. Die fünfgrößten modalitätsabhängigen Unterschiede bestehen zur beidseitigen Pars orbitalis der G. frontales inferiores, zu den linksseitigen Regionen von Pars media des G. frontalis superior und Pars triangularis des G. frontalis inferior und zum rechtsseitigen G. precentralis. Diese fünf Regionen weisen einen Unterschied von 0,035 bis 0,072 mittlerer Korrelationsstärke zugunsten des auditiven Versuchsablaufes auf.

Proband 4 zeigt für neun Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und für drei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf. Die 14 verbliebenen Zielregionen haben keinen Unterschied. Vier der neun Zielregionen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf kann ein starker Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen zugesprochen werden. Es handelt sich dabei beidseitig um die Region von Pars triangularis des G. frontalis inferior und rechtsseitig um die Regionen von Pars opercularis des G. frontalis inferior und rolandisches Operculum. Bei den drei Zielregionen mit höherer Konnektivität im visuellen Versuchsablauf handelt es sich mit einem Unterschied von 0,051 bis 0,096 mittleren Korrelationsstärken um die rechtsseitigen Regionen von olfaktorischer Kortex und G. frontalis superior sowie um das linksseitige SMA.

Bei Proband 5 kann für vierzehn Zielregionen der Frontallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, für drei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und für neun Zielregionen kein Unterschied festgestellt werden. Drei der vierzehn Zielregionen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf kann ein starker

Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen zugesprochen werden. Es sind die rechtsseitigen Regionen von Pars triangularis des G. frontalis inferior, Pars opercularis des G. frontalis inferior und G. precentralis. Bei den drei Zielregionen mit höherer Konnektivität im visuellen Versuchsablauf handelt es sich mit einem Unterschied von 0,051 bis 0,096 mittlerer Korrelationsstärken um die beidseitige Region von G. rectus sowie um den rechtsseitigen Pars orbitalis des G. frontalis superior.

Bei Proband 6 ist für alle Zielregionen beider Frontallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen. Dabei zeigen 23 Zielregionen einen starken modalitätsabhängigen Unterschied.

Bei Proband 7 kann bis auf Ausnahme der beidseitigen Region des olfaktorischen Kortex für alle Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festgestellt werden. Der rechtsseitige olfaktorische Kortex besitzt eine um 0,090 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im visuellen Versuchsablauf und der linksseitige olfaktorische Kortex besitzt keinen modalitätsabhängigen Unterschied. Fünfzehn der 24 Zielregionen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf kann ein starker modalitätsabhängiger Unterschied zugesprochen werden.

Bei Proband 8 besteht zu 17 Zielregionen ein modalitätsabhängiger Unterschied zugunsten des auditiven Versuchsablaufes. Die verbliebenen neun Zielregionen besitzen keinen Unterschied. Zwei der 17 Zielregionen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf kann ein starker Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen zugesprochen werden. Es sind der rechtsseitige Pars orbitalis des G. frontalis inferior und der linksseitige G. rectus.

Zusammenfassend kann bei den Probanden 1 und 8 den Zielregionen der Frontallappen mehrheitlich eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei der Minderheit liegt kein Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen vor. Mit Proband 2 verhält es sich genau umgekehrt. Mehrheitlich liegt für die Zielregionen kein Unterschied vor und in der Minderheit eine höhere Konnektivität unter dem auditiven Versuchsablauf. Bei den Probanden 4, 5 und 7 zeigen die Zielregionen in unterschiedlichen Verteilungen sowohl eine höhere Konnektivität im auditiven, im visuellen oder in keinem Versuchsablauf. Bei Proband 6 besitzen alle Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Parietallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 11.

Bei den Probanden 1, 5, 6 und 7 liegt für mindestens eine Zielregion bis maximal zehn Zielregionen der Parietallappen ein starker modalitätsabhängiger Unterschied in der funktionellen Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes vor (Differenz $\geq 0,150$ mittlere Korrelationsstärken).

Bei Proband 1 ist für 13 Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und für zwei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf feststellbar. Zum linksseitigen G. supramarginalis besteht kein Unterschied. Zu acht der 13 Zielregionen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf fällt der Unterschied stark aus. Bei den beiden Zielregionen mit höherer Konnektivität im visuellen Versuchsablauf handelt es sich mit einer Differenz von 0,041 bis 0,099 mittlerer Korrelationsstärke um die linksseitigen Regionen von Lobulus paracentralis und Precuneus.

Bei Proband 2 besteht zu fünf Zielregionen eine um 0,015 bis 0,089 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Es handelt sich beidseitig um Insula, rechtsseitig um G. parietalis superior und G. angularis sowie linksseitig um Lobulus paracentralis. Zu den restlichen elf Zielregionen liegt kein modalitätsabhängiger Unterschied vor.

Bei Proband 4 besteht zu sieben Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, zu fünf Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und zu vier Zielregionen kein Unterschied. Vier der fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied weisen eine um 0,101 bis 0,137 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf auf. Die verbliebene rechtsseitige Zielregion Lobulus paracentralis weist hingegen eine um 0,136 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im visuellen Versuchsablauf auf.

Bei Proband 5 zeigen vier Zielregionen eine höhere funktionellen Konnektivität im auditiven Versuchsablauf und zwei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf. Zu den verbliebenen zehn Zielregionen besteht kein modalitätsabhängiger Unterschied. Unter den fünf Zielregionen mit der größten Modalitätsabhängigkeit weisen vier Zielregionen eine um 0,080 bis 0,165 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf auf. Es handelt sich um die rechtsseitigen G. supramarginalis, Lobulus paracentralis und Insula sowie um den linksseitigen G. angularis. Dabei fällt der Unterschied einzig zur rechtsseitigen G. supramarginalis stark aus. Weiterhin gehört den fünf Zielregionen mit der größten

Modalitätsabhängigkeit, hingegen mit einer um 0,040 mittlere Korrelationsstärken höheren Konnektivität im visuellen Versuchsablauf, die rechtsseitige Insula an.

Bei Proband 6 und 7 liegt zu allen Zielregionen eine höhere funktionellen Konnektivität im auditiven Versuchsablauf vor. Bei Proband 6 besteht zu sieben und bei Proband 7 zu zehn der 16 Zielregionen beider Parietallappen ein starker modalitätsabhängiger Unterschied.

Bei Proband 8 zeigen sieben Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, drei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und sechs Zielregionen zeigen keinen Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe. Der linksseitige G. angularis weist mit einer um 0,112 mittlere Korrelationsstärken höheren Konnektivität im visuellen Versuchsablauf den größten modalitätsabhängigen Unterschied auf. Die verbliebenen Zielregionen mit einem der fünfgrößten modalitätsabhängigen Unterschiede besitzen hingegen eine höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Es handelt sich beidseitig um G. parietalis superior, linksseitig um G. parietalis inferior und Precuneus sowie rechtsseitig um G. supramarginalis.

Zusammenfassend kann bei den Probanden 6 und 7 allen Zielregionen der Parietallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei Proband 2 liegt für die Mehrheit der Zielregionen kein modalitätsabhängiger Unterschied vor. Für die Minderheit der Zielregionen liegt eine höhere Konnektivität unter dem auditiven Versuchsablauf vor. Bei den Probanden 1, 4, 5 und 8 zeigen die Zielregionen in unterschiedlichen Verteilungen sowohl eine höhere Konnektivität im auditiven, im visuellen oder in keinem Versuchsablauf.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 12: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal-, und Okzipitallappen.

Temporalappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Heschl	l	0,196	0,119	0	0,074	0,186	0,403	0,113
Heschl	r	0,145	0	0,157	0,022	0,275	0,260	0,139
Temporal_Sup	l	0	0	0	0	0	0	0
Temporal_Sup	r	0,216	0	0,165	0,168	0,135	0,152	0,127
Temporal_Pole_Sup	l	0,297	0,041	0,078	0,135	0,115	0,154	0,104
Temporal_Pole_Sup	r	0,165	0	0,084	0,088	0,155	0,190	0,039
Temporal_Mid	l	0,031	0,072	0,162	0,112	0,126	0,155	0,129
Temporal_Mid	r	0,090	0,076	0,195	0,153	0,135	0,135	0,163
Temporal_Pole_Mid	l	0,349	0,048	-0,044	0	0,129	0,048	0,106
Temporal_Pole_Mid	r	0,022	0,041	-0,031	0	0,170	0	0,140
Temporal_Inf	l	0,083	0,033	0	0	0,163	0,065	0,134
Temporal_Inf	r	0,245	0,086	0	0	0,159	0,103	0,185
Okzipitallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Occipital_Sup	l	0,183	0	0	0	0,148	0,141	0,053
Occipital_Sup	r	0,207	0	0,080	0	0,101	0,174	0,097
Occipital_Mid	l	0,182	0	-0,035	-0,040	0,177	0,220	0,082
Occipital_Mid	r	0,110	0	-0,042	-0,053	0,127	0,182	0,120
Occipital_Inf	l	0,237	0	0	0,070	0,395	0,221	0,112
Occipital_Inf	r	0,336	0	0,047	0	0,227	0,231	0,186
Cuneus	l	0,184	0	0	0	0,163	0,210	0,125
Cuneus	r	0,130	0	0	0	0,081	0,186	0,074
Calcarine	l	0,121	0,043	0	0	0,185	0,216	0
Calcarine	r	0,141	0	0	0	0,149	0,237	0
Lingual	l	0,179	0	0	0	0,163	0,165	0,033
Lingual	r	0,185	0	0	0	0,188	0,205	0,071
Fusiform	l	0,158	0	0	-0,064	0,214	0,171	0,107
Fusiform	r	0,129	0	0,108	-0,079	0,254	0,122	0,122

Gezeigt sind für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) und für die sieben Probanden (siehe Spalten) die Differenz gerundet auf drei Dezimalstellen in der mittleren Korrelationsstärke zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf. Positive Differenzwerte werden schwarz, negative Differenzwerte rot markiert. Zielregionen, bei denen die Voruntersuchung mittels U-Test keinen signifikanten Unterschied zwischen der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe ergeben hat, wird willkürlich der Differenzwert null zugeteilt (blau markiert). Die fünfgrößten sowie sämtliche Differenzwerte $\geq 0,150$ mittlerer Korrelationsstärke sind fett markiert. Eine Differenz in der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe $\geq 0,150$ ist als starker Unterschied in der funktionellen Konnektivität definiert. P_: Proband, r: rechts, l: links

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporalappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 12. Der linksseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxel der linken BA 42 nicht weiter betrachtet.

Alle Probanden bis auf Ausnahme von Proband 2 zeigen für mindestens zwei und maximal sechs Zielregionen der Temporalappen einen starken modalitätsabhängigen Unterschied zugunsten des auditiven Versuchsablaufes (Differenz $\geq 0,150$ mittlere Korrelationsstärken).

Bei Proband 1 besteht zu allen Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Dabei besteht ein starker modalitätsabhängiger Unterschied zu sechs Zielregionen. Es handelt sich beidseitig um Polus temporalis des G. temporalis superior, linksseitig um Heschl und Polus temporalis des G. temporalis medius sowie rechtsseitig um G. temporalis superior und G. temporalis inferior.

Bei Proband 2 liegt zu acht Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf vor. Zu den verbliebenen drei Zielregionen, den rechtsseitigen Regionen von Heschl, G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis superior, zeigt sich hingegen kein modalitätsabhängiger Unterschied. Die fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied besitzen eine um 0,048 bis 0,118 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Es handelt sich beidseitig um G. temporalis medius, linksseitig um Heschl und Polus temporalis des G. temporalis medius sowie rechtsseitig um G. temporalis inferior.

Bei Proband 4 zeigen sechs Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, zwei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und drei Zielregionen zeigen keinen Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe. Vier der fünf Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied besitzen einen starken Unterschied zugunsten des auditiven Versuchsablaufes. Es handelt sich beidseitig um G. temporalis medius und rechtsseitig um Heschl und G. temporalis superior. Mit einer um 0,084 mittleren Korrelationsstärken höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf besitzt der rechtsseitige Polus temporalis des G. temporalis superior den fünftgrößten modalitätsabhängigen Unterschied.

Bei Proband 5 zeigen sieben Zielregionen einen modalitätsabhängigen Unterschied zugunsten des auditiven Versuchsablaufes und vier Zielregionen zeigen keinen Unterschied.

Zwei der sieben Zielregionen, die rechtsseitigen G. temporalis superior und G. temporalis medius, kann dabei ein starker Unterschied zugesprochen werden. Mit einer um 0,088 bis 0,135 mittlerer Korrelationsstärke höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf gehören weiterhin die beidseitigen Polus temporalis der G. temporales superiores sowie der linksseitige G. temporalis medius den fünf Zielregionen mit der größten Modalitätsabhängigkeit an.

Bei Proband 6 besteht zu allen Zielregionen der Temporallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Dabei liegt zu sechs Zielregionen ein starker modalitätsabhängiger Unterschied vor. Es handelt sich beidseitig um Heschl und G. temporalis inferior sowie rechtsseitig um Polus temporalis des G. temporalis medius und Polus temporalis des G. temporalis superior.

Bei Proband 7 ist für alle Zielregionen bis auf den rechtsseitigen Polus temporalis des G. temporalis medius ein modalitätsabhängiger Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf feststellbar. Die Ausnahme besitzt hingegen keinen signifikanten Unterschied. Sechs Zielregionen weisen einen starken modalitätsabhängigen Unterschied auf. Es handelt sich beidseitig um Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior, rechtsseitig um G. temporalis superior und linksseitig um G. temporalis medius.

Bei Proband 8 besteht zu allen Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Dabei besteht ein starker Unterschied zu den zwei rechtsseitigen Zielregionen von G. temporalis medius und G. temporalis inferior.

Die Probanden 1, 6 und 8 weisen zu allen Zielregionen der Temporallappen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf auf. Den Probanden 2, 5 und 7 kann für die Mehrheit der Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Mindestens eine bis maximal fünf Zielregionen haben hingegen keinen modalitätsabhängigen Unterschied. Proband 4 weist für die Mehrheit der Zielregionen eine höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf auf. Allerdings sind auch einige Zielregionen vertreten, die entweder einen Unterschied zugunsten des visuellen Versuchsablaufes oder keinen Unterschied besitzen.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Okzipitallappen lässt sich für die getesteten Probanden wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 12.

Bei den Probanden 1, 6, 7 und 8 liegt für mindestens eine Zielregion bis maximal zwölf Zielregionen der Okzipitallappen ein starker modalitätsabhängiger Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf vor (Differenz $\geq 0,150$ mittlere Korrelationsstärken).

Bei Proband 1 ist für alle Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes feststellbar. Zu neun Zielregionen besteht ein starker Unterschied. Es handelt sich bei den neun Zielregionen um beidseitig G. occipitalis superior, G. occipitalis inferior und G. lingualis sowie linksseitig um G. occipitalis medius, Cuneus und G. fusiformis. Bei Proband 2 besteht zu allen Zielregionen bis auf die linksseitige calcarinische Region kein modalitätsabhängiger Unterschied. Die Ausnahme besitzt hingegen eine um 0,043 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf.

Bei Proband 4 besteht zu drei Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf, zu zwei Zielregionen im visuellen Versuchsablauf und zu neun Zielregionen besteht kein modalitätsabhängiger Unterschied. Bei den drei Zielregionen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf handelt es sich um die rechtsseitigen Regionen von G. occipitalis superior, G. occipitalis inferior und G. fusiformis. Sie besitzen eine um 0,047 bis 0,108 höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Die verbliebenen zwei der fünf Zielregionen mit größter Modalitätsabhängigkeit zeigen eine um 0,035 bis 0,042 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im visuellen Versuchsablauf. Es handelt sich um die beidseitigen G. occipitales medii.

Bei Proband 5 zeigen neun Zielregionen keinen modalitätsabhängigen Unterschied. Zum linksseitigen G. occipitalis inferior besteht ein Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Zu den verbliebenen vier Zielregionen der Okzipitallappen besteht eine um 0,040 bis 0,079 mittlere Korrelationsstärken höhere Konnektivität im visuellen Versuchsablauf. Es handelt sich um die beidseitigen G. occipitales medii und G. fusiformes.

Bei Proband 6 und 7 ist für alle Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf feststellbar. Dabei liegt bei Proband 6 zu neun Zielregionen ein starker modalitätsabhängiger Unterschied vor. Bei Proband 7 liegt zu zwölf Zielregionen ein starker modalitätsabhängiger Unterschied vor.

Bei Proband 8 ist zu allen Zielregionen - bis auf die beidsseitige calcarinische Region - eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf feststellbar. Dabei kann einzig zum rechtsseitigen G. occipitalis inferior ein starker modalitätsabhängiger Unterschied zuerkannt werden. Die beiden Ausnahmen besitzen hingegen keinen modalitätsabhängigen Unterschied.

Bei den Probanden 1, 6 und 7 kann allen Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Bei Proband 8 kann bis auf die beidseitige calcarinische Region allen Zielregionen eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf zugesprochen werden. Die Ausnahmen weisen keinen Unterschied auf. Bei Proband 2 kann allen Zielregionen bis auf die linksseitige calcarinische Region kein Unterschied in der Konnektivität beider Versuchsabläufe zugesprochen werden. Bei den Probanden 4 und 5 zeigen die Zielregionen der Okzipitallappen mehrheitlich keinen Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen. Jedoch zeigen auch einige Zielregionen einen Unterschied zugunsten des auditiven sowie visuellen Versuchsablaufes.

5 Ergebnisse - Gruppenanalyse

Die Gruppenanalyse erfolgt unter zwei Gesichtspunkten.

Als erster Gesichtspunkt wird die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen in Kapitel 5.1 und der linken BA 42 in Kapitel 5.2 für die Gruppe analysiert. Absicht dieser Evaluation ist es, diejenigen Zielregionen zu identifizieren, für die eine probandenübergreifend hohe funktionelle Konnektivität unter dem visuellen oder auditiven Versuchsablauf besteht. In Kapitel 5.1 und 5.2 werden dabei zur besseren Übersicht zunächst die Ergebnisse des auditiven gefolgt von den Ergebnissen des visuellen Versuchsablaufes abgebildet. Dabei werden die Ergebnisse jeweils für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen gesondert von den Ergebnissen der Temporal- und Parietallappen dargestellt. Im Anschluss werden nochmals separat die 20 Zielregionen, unabhängig ihrer Lappenzugehörigkeit, mit der stärksten funktionellen Konnektivität in einer Tabelle für beide Versuchsabläufe nebeneinander aufgetragen, um explizit die spezifischen Zielregionen einer BA 42 unter dem jeweiligen Versuchsablauf zu beschreiben.

Als zweiter Gesichtspunkt wird der Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf in Kapitel 5.3 und der entsprechenden linken BA 42 in Kapitel 5.4 für die Gruppe analysiert. Dabei wird die Absicht verfolgt, diejenigen Zielregionen zu identifizieren, für die ein probandenübergreifend hoher Unterschied in der funktionellen Konnektivität der jeweiligen BA 42 zwischen beiden Versuchsabläufen festgestellt werden kann. In Kapitel 5.3 und 5.4 werden zur besseren Übersicht zunächst die Ergebnisse für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen gesondert von den Ergebnissen der Temporal- und Parietallappen dargestellt. Im Anschluss wird in Kapitel 5.5 nochmals separat die 20 Zielregionen, unabhängig ihrer Lappenzugehörigkeit, mit dem höchsten Unterschied in der funktionellen Konnektivität zwischen beiden Versuchsabläufen für beide BA 42 nebeneinander aufgetragen, um explizit die spezifischen modalitätsabhängigen Zielregionen zu beschreiben.

5.1 Funktionelle Konnektivität der rechten Brodmann Area 42

5.1.1 Auditiver Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 13: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

FRONTALAPPEN				PARIETALLAPPEN					
		Mittelwert	StaAbw	Rang		Mittelwert	StaAbw	Rang	
Precentral	r	0,678	0,069	6	Insula	r	0,627	0,090	11
Precentral	l	0,660	0,063	8	Postcentral	l	0,627	0,134	12
Frontal_Inf_Tri	r	0,636	0,101	9	Postcentral	r	0,624	0,107	13
Frontal_Inf_Tri	l	0,620	0,064	14	SupraMarginal	r	0,617	0,136	15
Supp_Motor_Area	l	0,613	0,098	16	Precuneus	l	0,606	0,109	19
Frontal_Inf_Orb	r	0,608	0,079	17	Paracentral_Lobule	l	0,590	0,099	21
Frontal_Inf_Orb	l	0,607	0,094	18	Parietal_Sup	l	0,581	0,095	25
Supp_Motor_Area	r	0,605	0,108	20	Paracentral_Lobule	r	0,571	0,118	26
Frontal_Mid	r	0,584	0,093	22	Parietal_Inf	l	0,569	0,067	27
Frontal_Inf_Oper	r	0,583	0,091	23	Precuneus	r	0,552	0,112	31
Frontal_Sup	r	0,560	0,099	29	Insula	l	0,547	0,145	34
Frontal_Sup_Medial	l	0,558	0,100	30	Parietal_Inf	r	0,525	0,061	43
Rolandic_Oper	l	0,551	0,160	32	Parietal_Sup	r	0,523	0,063	45
Frontal_Mid	l	0,541	0,058	37	SupraMarginal	l	0,516	0,169	47
Rolandic_Oper	r	0,541	0,099	38	Angular	r	0,466	0,076	61
Frontal_Sup	l	0,541	0,071	40	Angular	l	0,440	0,088	62
Frontal_Mid_Orb	l	0,506	0,099	48					
Frontal_Sup_Medial	r	0,500	0,127	51					
Frontal_Mid_Orb	r	0,494	0,096	53					
Frontal_Inf_Oper	l	0,492	0,106	54					
Rectus	l	0,483	0,119	59					
Olfactory	r	0,437	0,104	63					
Frontal_Sup_Orb	r	0,429	0,080	64					
Frontal_Sup_Orb	l	0,422	0,107	65					
Olfactory	l	0,418	0,121	66					
Rectus	r	0,398	0,105	67					

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Frontallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 13.

Acht von den 26 Zielregionen beider Frontallappen, nämlich die beidseitigen G. precentrales, Pars triangularis sowie Pars orbitalis der G. frontales inferiores und die beidseitigen SMA, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 getesteten Zielregionen an. Die im Mittel höchste funktionelle Konnektivität mit 0,676 (Standardabweichung 0,069) besitzt der rechtsseitige G. precentralis. Der rechtsseitige G. precentralis ist zugleich die am stärksten konnektierte Zielregion außerhalb beider Temporallappen und belegt unter allen 68 untersuchten Zielregionen die sechststärkste funktionelle Konnektivität. Es folgt der linksseitige G. precentralis mit im Mittel 0,660 und einer Standardabweichung von 0,069. Der linksseitige G. precentralis belegt unter den 68 untersuchten Zielregionen den achten Rang. Es schließen sich die beiden Pars triangularis der G. frontales inferiores an. Der rechtsseitige belegt mit im Mittel für die Gruppe 0,636 die neuntstärkste und der linksseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior mit im Mittel für die Gruppe 0,620 die vierzehntstärkste Konnektivität aller 68 untersuchten Zielregionen. Schließlich sind die beidseitigen SMA und die beidseitigen Pars orbitalis der G. frontales inferiores mit einer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität zwischen 0,605 und 0,613 die fünfte bis achte Zielregion beider Frontallappen, die im auditiven Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten sind.

Für die restlichen achtzehn Zielregionen der GL Frontal liegt für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,398 bis 0,584 vor. Damit belegen die restlichen achtzehn Zielregionen einen Rang unter den 22 bis 67 stärksten konnektierten Zielregionen.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Parietallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 13.

Fünf der 16 Zielregionen beider Parietallappen, nämlich die beidseitigen G. postcentrales, die rechtsseitige Insula und G. supramarginalis sowie die linksseitige Precuneus, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 getesteten Zielregionen an. Die im Mittel höchste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Parietallappen teilen sich mit 0,627 mittlerer Korrelationsstärke die rechtsseitige Insula und der linksseitige G. postcentralis. Damit belegen die beiden Regionen außerhalb beider Temporallappen die viertstärkste und fünftstärkste Konnektivität. Unter allen 68 untersuchten Zielregionen belegen sie den elften

und zwölften Rang. Die rechtsseitige Insula besitzt dabei eine Standardabweichung von 0,090. Der linksseitige G. postcentralis hat eine Standardabweichung von 0,134. Es folgt der rechtsseitige G. postcentralis mit einer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,624 und einer Standardabweichung von 0,107. Damit belegt der rechtsseitige G. postcentralis unter allen 68 untersuchten Zielregionen den dreizehnten Rang. Es schließt sich der rechtsseitige G. angularis mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,617 und einer Standardabweichung von 0,136 an. Er belegt unter allen untersuchten Zielregionen den 15. Rang. Schließlich ist die linksseitige Precuneus mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,606 die fünfte Zielregion beider Parietallappen, die im auditiven Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten ist.

Für die restlichen elf Zielregionen beider Parietallappen liegt für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,440 bis 0,590 vor. Damit belegen die restlichen elf Zielregionen einen der Ränge zwischen 21 bis 62.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 14: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

TEMPORALLAPPEN		Mittelwert	StaAbw	Rang	OKZIPITALLAPPEN		Mittelwert	StaAbw	Rang
Temporal_Sup	r	0,989	0,000	0	Calcarine	l	0,566	0,089	28
Temporal_Sup	l	0,823	0,041	1	Lingual	l	0,547	0,102	35
Temporal_Mid	l	0,786	0,054	2	Cuneus	l	0,544	0,117	36
Temporal_Mid	r	0,763	0,061	3	Lingual	r	0,541	0,121	39
Heschl	r	0,736	0,091	4	Fusiform	r	0,532	0,107	42
Temporal_Pole_Sup	l	0,684	0,061	5	Calcarine	r	0,523	0,103	44
Heschl	l	0,674	0,138	7	Cuneus	r	0,517	0,105	46
Temporal_Pole_Sup	r	0,628	0,095	10	Occipital_Sup	l	0,502	0,108	49
Temporal_Inf	l	0,582	0,068	24	Occipital_Sup	r	0,502	0,075	50
Temporal_Inf	r	0,547	0,103	33	Occipital_Mid	l	0,494	0,096	52
Temporal_Pole_Mid	r	0,533	0,131	41	Occipital_Mid	r	0,490	0,078	55
Temporal_Pole_Mid	l	0,485	0,096	57	Occipital_Inf	r	0,487	0,109	56
					Occipital_Inf	l	0,483	0,111	58
					Fusiform	l	0,474	0,122	60

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den zwölf Zielregionen beider Temporallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 14. Der rechtsseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxel der rechten BA 42 außer Acht gelassen.

Sieben von den zwölf Zielregionen beider Temporallappen, nämlich die beidseitigen G. temporales medii, Heschl sowie Polus temporalis der G. temporales superiores und der linksseitige G. temporalis superior, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 getesteten Zielregionen an. Die stärkste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Temporallappen sowie unter allen 68 untersuchten Zielregionen besitzt der linksseitige G. temporalis superior. Dabei besitzt dieser im Mittel für die Gruppe eine funktionell Konnektivität von 0,823 (Standardabweichung 0,041). Es folgen die beidseitigen G. temporales medii. Mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,786 (Standardabweichung 0,054) besitzt der linksseitige G.

temporalis medius die zweitstärkste Konnektivität aller 68 untersuchten Zielregionen. Mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,620 (Standardabweichung 0,064) besitzt der rechtsseitige G. temporalis medius die drittstärkste funktionelle Konnektivität aller 68 untersuchten Zielregionen. Schließlich sind die beidseitigen Polus temporalis der G. temporales superiores sowie Heschl mit einer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität zwischen 0,628 und 0,736 die vierte bis siebte Zielregion der Temporallappen, die im auditiven Versuchsablauf noch unter den zehn am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten sind.

Die restlichen vier Zielregionen der Temporallappen besitzen für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,485 bis 0,582. Damit belegen die restlichen vier Zielregionen einen der Ränge zwischen 24 bis 57.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Okzipitallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 14.

Keines der Zielregionen der Okzipitallappen ist unter den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zur rechten BA 42 vertreten. Die Zielregionen der GL Okzipital besitzen im Mittel eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,474 und 0,566. Sie belegen unter allen getesteten Zielregionen einen der Ränge zwischen 28 und 60. Bei der Zielregion mit der stärksten Konnektivität innerhalb beider Okzipitallappen handelt es sich um die linksseitige calcarinische Region.

5.1.2 Visueller Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 15: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

FRONTALAPPEN				PARIETALLAPPEN					
		Mittelwert	StaAbw	Rang		Mittelwert	StaAbw	Rang	
Supp_Motor_Area	l	0,585	0,051	3	Postcentral	l	0,584	0,045	4
Precentral	l	0,565	0,064	9	Precuneus	l	0,569	0,063	8
Supp_Motor_Area	r	0,530	0,046	18	Precuneus	r	0,564	0,081	10
Rolandic_Oper	l	0,528	0,053	19	Insula	r	0,558	0,060	11
Precentral	r	0,523	0,065	22	Postcentral	r	0,556	0,057	12
Frontal_Mid	r	0,507	0,060	29	Paracentral_Lobule	l	0,553	0,060	13
Frontal_Sup	r	0,506	0,083	30	Paracentral_Lobule	r	0,544	0,045	15
Frontal_Sup	l	0,502	0,081	33	Parietal_Sup	l	0,532	0,073	17
Frontal_Inf_Tri	l	0,498	0,050	35	Parietal_Sup	r	0,524	0,081	21
Frontal_Mid	l	0,498	0,025	37	SupraMarginal	r	0,514	0,071	25
Frontal_Inf_Orb	l	0,498	0,061	38	Insula	l	0,512	0,046	26
Frontal_Sup_Medial	l	0,485	0,070	45	Parietal_Inf	l	0,511	0,057	27
Rolandic_Oper	r	0,482	0,112	46	SupraMarginal	l	0,504	0,054	31
Frontal_Inf_Oper	l	0,472	0,052	47	Parietal_Inf	r	0,486	0,063	43
Frontal_Sup_Medial	r	0,462	0,066	50	Angular	r	0,431	0,065	56
Frontal_Inf_Orb	r	0,461	0,056	51	Angular	l	0,411	0,092	60
Frontal_Mid_Orb	l	0,445	0,041	53					
Frontal_Inf_Tri	r	0,434	0,074	54					
Frontal_Inf_Oper	r	0,433	0,051	55					
Olfactory	l	0,428	0,083	57					
Frontal_Mid_Orb	r	0,423	0,059	58					
Olfactory	r	0,421	0,070	59					
Frontal_Sup_Orb	l	0,395	0,034	64					
Frontal_Sup_Orb	r	0,380	0,060	65					
Rectus	l	0,377	0,050	66					
Rectus	r	0,348	0,040	67					

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen eines Lappens werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Frontallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 15.

Vier von den 26 Zielregionen beider Frontallappen, nämlich die beidseitigen SMA sowie die linksseitigen Regionen von G. precentralis und rolandisches Operculum, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 getesteten Zielregionen an. Die im

Mittel höchste funktionelle Konnektivität besitzt mit 0,585 (Standardabweichung 0,051) das linksseitige SMA. Das linksseitige SMA ist zugleich die am stärksten konnektierte Zielregion außerhalb beider Temporallappen und belegt unter allen 68 untersuchten Zielregionen die drittstärkste funktionelle Konnektivität. Es folgt der linksseitige G. precentralis mit einer im Mittel bestehenden Konnektivität von 0,565 und einer Standardabweichung von 0,064. Der linksseitige G. precentralis belegt unter den 68 untersuchten Zielregionen den neunten Rang. Es schließt sich das rechtsseitige SMA mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,530 und einer Standardabweichung von 0,046 an. Es belegt unter allen untersuchten Zielregionen den 18. Rang. Schließlich ist das linksseitige rolandische Operculum mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,528 die vierte Zielregion der Frontallappen, die im visuellen Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten ist.

Für die restlichen 22 Zielregionen beider Frontallappen liegt für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,348 bis 0,523 vor. Damit belegen die restlichen 22 Zielregionen einen der Ränge zwischen 22 bis 67.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Parietallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 15.

Acht der 16 Zielregionen beider Parietallappen gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen an. Es handelt sich um die beidseitigen G. postcentrales, Precuneus und Lobuli paracentrales, die rechtsseitige Insula sowie um den linksseitigen G. parietalis superior. Die im Mittel höchste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Parietallappen besitzt mit 0,584 (Standardabweichung 0,045) der linksseitige G. postcentralis. Der linksseitige G. postcentralis belegt die zweitstärkste Konnektivität außerhalb beider Temporallappen und die viertstärkste Konnektivität unter den 68 untersuchten Zielregionen. Es folgt die beidseitige Precuneus. Mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden Konnektivität von 0,569 und einer Standardabweichung von 0,063 besitzt die linksseitige Precuneus die achtstärkste funktionelle Konnektivität aller 68 untersuchten Zielregionen. Mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,564 und einer Standardabweichung von 0,081 belegt die rechtsseitige

Precuneus den zehnten Rang unter allen 68 untersuchten Zielregionen.

Es schließen sich die rechtsseitigen Regionen von Insula und G. postcentralis mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,558 bzw. 0,556 an. Sie belegen unter sämtlichen 68 Zielregionen die elftstärkste und zwölfte stärkste Konnektivität. Schließlich sind die beidseitigen Lobuli paracentrales und der linksseitige G. parietalis superior mit einer im Mittel bestehenden funktionelle Konnektivität zwischen 0,532 und 0,553 die sechste bis achte Zielregion beider Parietallappen, die im visuellen Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten sind.

Für die restlichen acht Zielregionen der Parietallappen liegt für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,411 bis 0,524 vor. Damit belegen die restlichen acht Zielregionen einen der Ränge zwischen 21 bis 60.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 16: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

TEMPORALLAPPEN				OKZIPITALLAPPEN					
		Mittelwert	StaAbw	Rang		Mittelwert	StaAbw	Rang	
Temporal_Sup	r	0,990	0,001	0	Calcarine	l	0,527	0,074	20
Temporal_Sup	l	0,648	0,061	1	Lingual	r	0,520	0,068	23
Temporal_Mid	l	0,592	0,077	2	Lingual	l	0,514	0,072	24
Temporal_Mid	r	0,579	0,075	5	Cuneus	r	0,509	0,075	28
Heschl	l	0,574	0,061	6	Cuneus	l	0,503	0,080	32
Temporal_Pole_Sup	l	0,570	0,039	7	Calcarine	r	0,500	0,073	34
Temporal_Pole_Sup	r	0,553	0,054	14	Occipital_Mid	r	0,494	0,059	39
Heschl	r	0,542	0,109	16	Occipital_Sup	l	0,493	0,083	40
Temporal_Inf	l	0,498	0,062	36	Fusiform	l	0,492	0,046	41
Temporal_Inf	r	0,465	0,075	49	Fusiform	r	0,487	0,047	42
Temporal_Pole_Mid	r	0,454	0,105	52	Occipital_Mid	l	0,485	0,040	44
Temporal_Pole_Mid	l	0,404	0,078	62	Occipital_Sup	r	0,466	0,052	48
					Occipital_Inf	l	0,408	0,082	61
					Occipital_Inf	r	0,401	0,065	63

Für jede Zielregion (siehe Zeilen) der GL Temporal und Okzipital ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Temporallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen.

Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 16. Der rechtsseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxel der rechten BA 42 außer Acht gelassen.

Sieben von den zwölf Zielregionen beider Temporallappen, nämlich die beidseitigen G. temporales medii, Heschl und Polus temporalis der G. temporales superiores sowie der linksseitige G. temporalis superior, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen an. Die stärkste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Temporallappen sowie unter allen 68 untersuchten Zielregionen besitzt der linksseitige G. temporalis superior. Dieser besitzt im Mittel für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität von 0,648 (Standardabweichung 0,061). Es folgen die beidseitigen G. temporales medii. Der linksseitige G. temporalis medius belegt mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,592 und einer Standardabweichung von 0,077 unter allen 68 untersuchten Zielregionen die zweitstärkste funktionelle Konnektivität. Der rechtsseitige G. temporalis medius besitzt mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,579 und einer Standardabweichung von 0,075 die fünftstärkste funktionelle Konnektivität aller 68 untersuchten Zielregionen. Es schließen sich die beidseitigen Region von Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior an. Mit ihrer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,542 bis 0,574 belegen sie unter allen 68 untersuchten Zielregionen einen Rang unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen.

Die restlichen vier Zielregionen der Temporallappen besitzen für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,404 bis 0,498. Damit belegen die restlichen vier Zielregionen einen der Ränge zwischen 36 bis 62.

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Okzipitallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 16.

Eines von 14 Zielregionen beider Okzipitallappen gehört den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zur rechten BA 42 an. Es handelt sich um die linksseitige

calcarinische Region mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,527 und einer Standardabweichung von 0,074.

Die restlichen 13 Zielregionen der Okzipitallappen weisen für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität zwischen 0,401 und 0,520 auf. Sie belegen unter allen getesteten Zielregionen einen der Ränge zwischen 23 und 63.

5.1.3 Starke funktionelle Konnektivitäten der rechten Brodmann Area 42

Tabelle 17: Starke funktionelle Konnektivitäten der rechten BA 42 (a) unter dem auditiven und (b) unter dem visuellen Versuchsablauf.

(a) BA 42 rechts, auditiver Versuchsablauf				(b) BA 42 rechts, visueller Versuchsablauf					
Rang	Zielregion		Mittelwert	Positionsänderung	Rang	Zielregion	Mittelwert	Positionsänderung	
0	Temporal_Sup	r	0,989	=	0	Temporal_Sup	r	0,990	=
1	Temporal_Sup	l	0,823	=	1	Temporal_Sup	l	0,648	=
2	Temporal_Mid	l	0,786	=	2	Temporal_Mid	l	0,592	=
3	Temporal_Mid	r	0,763	↑	3	Supp_Motor_Area	l	0,585	↑
4	Heschl	r	0,736	↑	4	Postcentral	l	0,584	↑
5	Temporal_Pole_Sup	l	0,684	↑	5	Temporal_Mid	r	0,579	↓
6	Precentral	r	0,678	↑	6	Heschl	l	0,574	↑
7	Heschl	l	0,674	=	7	Temporal_Pole_Sup	l	0,570	↓
8	Precentral	l	0,660	↑	8	Precuneus	l	0,569	↑
9	Frontal_Inf_Tri	r	0,636	↑	9	Precentral	l	0,565	↓
10	Temporal_Pole_Sup	r	0,628	↑	10	Precuneus	r	0,564	↑
11	Insula	r	0,627	=	11	Insula	r	0,558	=
12	Postcentral	l	0,627	↓	12	Postcentral	r	0,556	↑
13	Postcentral	r	0,624	↓	13	Paracentral_Lobule	l	0,553	↑
14	Frontal_Inf_Tri	l	0,620	↑	14	Temporal_Pole_Sup	r	0,553	↓
15	SupraMarginal	r	0,617	↑	15	Paracentral_Lobule	r	0,544	↑
16	Supp_Motor_Area	l	0,613	↓	16	Heschl	r	0,542	↓
17	Frontal_Inf_Orb	r	0,608	↑	17	Parietal_Sup	l	0,532	↑
18	Frontal_Inf_Orb	l	0,607	↑	18	Supp_Motor_Area	r	0,530	↑
19	Precuneus	l	0,606	↓	19	Rolandic_Oper	l	0,528	↑
20	Supp_Motor_Area	r	0,605	↓	20	Calcarine	l	0,527	↑

Die 20 aller 68 untersuchten Zielregionen (siehe Zeilen) mit der im Mittel für die Gruppe stärksten funktionellen Konnektivität zur rechten BA 42 werden in der linken Tabelle (a) für den auditiven Versuchsablauf und in der rechten Tabelle (b) für den visuellen Versuchsablauf aufgetragen. Die 20 Zielregionen werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. Die erste Spalte von links gibt den Rang an. Der zweiten Spalte von links ist die entsprechende Zielregion zu entnehmen. Der dritten Spalte von links kann die entsprechend im Mittel für die Gruppe bestehende funktionelle Konnektivität entnommen werden. Die 4. Spalte von links gibt die Positionsänderung zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf der jeweiligen Zielregion an. Wird die Positionsanzeige rot hervorgehoben, so ist diese Zielregion nur in diesem Versuchsablauf den 20 stärksten Zielregionen zugehörig. Aufgrund der Autokorrelation zwischen rechtsseitigem G. temporalis superior und der rechten BA 42 wird diese Region nicht in der Rangliste berücksichtigt (Rang 0). r: rechts, l: links, =: keine Positionsänderung zwischen beiden Versuchsabläufen; ↑: Positionsanstieg gegenüber dem anderen Versuchsablauf; ↓: Positionsabfall gegenüber dem anderen Versuchsablauf

Die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität in der Gruppenanalyse lässt sich wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 17.

Die funktionelle Konnektivität der 20 stärksten Zielregionen beträgt im Mittel für die Gruppe im auditiven Versuchsablauf zwischen 0,605 und 0,823 sowie im visuellen Versuchsablauf zwischen 0,527 und 0,648. Damit ist ein höheres Niveau im auditiven Versuchsablauf festzustellen. Bei der Untersuchung der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 sind

vierzehn Zielregionen sowohl im auditiven als auch im visuellen Versuchsablauf unter den 20 stärksten Zielregionen vertreten. Es handelt sich dabei um drei Zielregionen beider Frontallappen, vier Zielregionen beider Parietallappen und um sieben Zielregionen beider Temporallappen. Bei den drei Zielregionen der Frontallappen handelt es sich um die beidseitigen SMA und um den linksseitigen G. precentralis. Bei den vier Zielregionen der Parietallappen geht es um die beidseitigen G. postcentrales, die linksseitige Insula sowie um die rechtsseitige Precuneus. Die sieben Zielregionen der Temporallappen sind die beidseitigen Regionen von G. temporalis medius, Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior sowie der linksseitige G. temporalis superior.

Im auditiven Versuchsablauf stoßen fünf Zielregionen der Frontallappen sowie der rechtsseitige G. supramarginalis aus den Parietallappen zu den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität hinzu. Es handelt sich bei den fünf Zielregionen beider Frontallappen um die beidseitigen Pars orbitalis und Pars triangularis der G. frontales inferiores sowie um den rechtsseitigen G. precentralis.

Im visuellen Versuchsablauf sind zusätzlich vier Zielregionen aus den Parietallappen, das linksseitige rolandische Operculum aus den Frontallappen und die linksseitige calcarinische Region aus den Okzipitallappen den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zugehörig. Es handelt sich bei den Zielregionen der Parietallappen um die beidseitigen Lobuli paracentrales, die rechtsseitige Precuneus und um den linksseitigen G. parietalis superior.

Zusammenfassend verändern sich beim Wechsel der Modalität der Einzelwort-Wahrnehmung nicht die Zielregionen beider Temporallappen unter den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zur rechten BA 42. Es bleibt bei dem Anteil von sieben Zielregionen aus den oberen und mittleren Windungen der Temporallappen. Beim Wechsel der Modalität kommt es hingegen zu einer Veränderung des Anteils an Zielregionen der Frontallappen, Parietallappen sowie Okzipitallappen unter den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität. Der Anteil an Zielregionen der Frontallappen unter den 20 stärksten Konnektivitäten steigt von vier im visuellen Versuchsablauf auf acht Zielregionen im auditiven Versuchsablauf. Hingegen fällt der Anteil an Zielregionen der Parietallappen unter den 20 stärksten Konnektivitäten von acht im visuellen Versuchsablauf auf fünf Zielregionen im auditiven Versuchsablauf ab. Lediglich im visuellen Versuchsablauf ist die linksseitige calcarinische Region aus den Okzipitallappen

unter den 20 stärksten Konnektivitäten vertreten. Im auditiven Versuchsablauf belegt sie als stärkste Zielregion der Okzipitallappen lediglich den 28. Rang.

5.2 Funktionelle Konnektivität der linken Brodmann Area 42

5.2.1 Auditiver Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 18: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

Frontallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang	Parietallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang
Precentral	r	0,659	0,093	7	Postcentral	l	0,636	0,110	9
Precentral	l	0,657	0,109	8	Insula	r	0,629	0,113	11
Supp_Motor_Area	l	0,627	0,122	12	Postcentral	r	0,622	0,133	14
Rolandic_Oper	r	0,624	0,134	13	Precuneus	l	0,615	0,114	17
Supp_Motor_Area	r	0,619	0,120	15	SupraMarginal	r	0,614	0,103	18
Rolandic_Oper	l	0,618	0,128	16	Parietal_Sup	l	0,602	0,119	20
Frontal_Inf_Tri	l	0,614	0,072	19	Paracentral_Lobule	r	0,599	0,137	22
Frontal_Inf_Tri	r	0,599	0,101	21	Insula	l	0,598	0,130	24
Frontal_Mid	r	0,599	0,092	23	Precuneus	r	0,598	0,140	25
Frontal_Inf_Orb	r	0,584	0,093	28	Parietal_Inf	l	0,588	0,113	27
Frontal_Inf_Orb	l	0,579	0,103	29	Parietal_Sup	r	0,575	0,107	33
Frontal_Sup	r	0,575	0,142	32	Paracentral_Lobule	l	0,572	0,111	34
Frontal_Sup	l	0,563	0,091	40	SupraMarginal	l	0,570	0,120	35
Frontal_Sup_Medial	l	0,562	0,105	41	Parietal_Inf	r	0,568	0,119	36
Frontal_Mid	l	0,561	0,085	42	Angular	r	0,485	0,076	60
Frontal_Inf_Oper	l	0,561	0,068	43	Angular	l	0,468	0,142	62
Frontal_Inf_Oper	r	0,560	0,105	44					
Frontal_Sup_Medial	r	0,520	0,110	53					
Frontal_Mid_Orb	l	0,513	0,098	55					
Frontal_Mid_Orb	r	0,501	0,102	57					
Rectus	l	0,484	0,138	61					
Frontal_Sup_Orb	l	0,451	0,106	63					
Olfactory	l	0,433	0,108	64					
Olfactory	r	0,424	0,118	65					
Frontal_Sup_Orb	r	0,420	0,087	66					
Rectus	r	0,400	0,102	67					

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Frontallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 18.

Sieben von den 26 Zielregionen beider Frontallappen, nämlich die beidseitigen Regionen von G. precentralis, SMA und rolandisches Operculum sowie der linksseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen an. Die im Mittel für die Gruppe höchste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Frontallappen besitzt mit 0,659 und einer Standardabweichung von 0,069 der rechtsseitige G. precentralis. Der rechtsseitige G. precentralis belegt zugleich die stärkste Konnektivität außerhalb beider Temporallappen sowie die siebtstärkste Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es folgt der linksseitige G. precentralis mit einer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,657 und einer Standardabweichung von 0,109. Dieser belegt unter allen untersuchten Zielregionen den achten Rang. Es schließen sich die beidseitige Region von SMA und rolandisches Operculum an. Mit ihrer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,618 bis 0,627 belegen sie unter allen 68 untersuchten Zielregionen einen der Ränge zwischen zwölf und 16. Schließlich ist der linksseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,614 und einer Standardabweichung von 0,072 die siebte Zielregion der Frontallappen, die im auditiven Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten ist.

Für die restlichen 19 Zielregionen beider Frontallappen liegt für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,400 bis 0,599 vor. Damit belegen die restlichen 19 Zielregionen einen der Ränge zwischen 21 und 67.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Parietallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 18.

Sechs der 16 Zielregionen beider Parietallappen, nämlich die beidseitigen G. postcentrales, die rechtsseitigen Regionen von Insula und G. supramarginalis sowie die linksseitigen Regionen von Precuneus und G. parietalis superior, gehören den 20 Zielregionen mit der

stärksten Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen an. Die im Mittel höchste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Parietallappen besitzt mit 0,636 und einer Standardabweichung von 0,110 der linksseitige G. postcentralis. Damit belegt dieser außerhalb beider Temporallappen die drittstärkste sowie unter allen 68 untersuchten Zielregionen die neuntstärkste funktionelle Konnektivität. Es folgen die rechtsseitigen Zielregionen von Insula und G. postcentralis mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,629 bzw. 0,622. Die Standardabweichung liegt bei der rechtsseitigen Insula bei 0,110 und bei der rechtsseitigen G. postcentralis bei 0,133. Sie belegen unter allen 68 untersuchten Zielregionen den elften und 14. Rang. Es schließt sich die linksseitige Precuneus mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,615 und einer Standardabweichung von 0,114 an. Sie belegt unter allen 68 untersuchten Zielregionen den 17. Rang. Schließlich sind der rechtsseitige G. supramarginalis und der linksseitige G. parietalis superior mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,614 bzw. 0,602 die fünfte und sechste Zielregion der Parietallappen, die im auditiven Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten sind.

Für die restlichen zehn Zielregionen beider Parietallappen liegt für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,468 bis 0,602 vor. Damit belegen die restlichen zehn Zielregionen einen der Ränge zwischen 22 bis 61.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 19: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.

Temporalappen				Okzipitallappen					
	Mittelwert	StaAbw	Rang		Mittelwert	StaAbw	Rang		
Temporal_Sup	l	0,957	0,084	0	Calcarine	l	0,592	0,113	26
Temporal_Sup	r	0,789	0,118	1	Lingual	r	0,578	0,139	30
Temporal_Mid	l	0,704	0,076	2	Cuneus	l	0,576	0,136	31
Heschl	l	0,700	0,082	3	Lingual	l	0,568	0,122	37
Temporal_Mid	r	0,680	0,087	4	Calcarine	r	0,556	0,130	45
Temporal_Pole_Sup	l	0,678	0,100	5	Occipital_Sup	l	0,553	0,130	46
Heschl	r	0,673	0,160	6	Fusiform	r	0,551	0,107	47
Temporal_Pole_Sup	r	0,631	0,090	10	Cuneus	r	0,551	0,138	48
Temporal_Inf	l	0,567	0,094	38	Occipital_Sup	r	0,536	0,117	49
Temporal_Inf	r	0,564	0,126	39	Fusiform	l	0,535	0,123	50
Temporal_Pole_Mid	r	0,497	0,110	58	Occipital_Mid	l	0,535	0,118	51
Temporal_Pole_Mid	l	0,495	0,148	59	Occipital_Inf	l	0,524	0,123	52
					Occipital_Mid	r	0,519	0,102	54
					Occipital_Inf	r	0,510	0,119	56

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Temporalappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 19. Der linksseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der linken BA 42 außer Acht gelassen.

Sieben von den zwölf Zielregionen beider Temporalappen, nämlich die beidseitigen G. temporales medii, Heschl und Polus temporalis der G. temporales superiores sowie der rechtsseitige G. temporalis superior, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 getesteten Zielregionen an. Die im Mittel stärkste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Temporalappen sowie unter allen 68 untersuchten Zielregionen besitzt mit 0,789 und einer Standardabweichung von 0,041 der rechtsseitige G. temporalis superior. Es folgen der linksseitigen G. temporalis medius sowie Heschl mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von $\geq 0,700$. Die

Standardabweichung des linksseitigen G. temporalis medius liegt bei 0,076 und die Standardabweichung der linksseitigen Heschl bei 0,082. Beide Zielregionen besitzen nicht nur innerhalb beider Temporallappen, sondern auch unter allen 68 untersuchten Zielregionen die zweitstärkste und drittstärkste funktionelle Konnektivität. Es schließen sich die rechtsseitigen Regionen von G. temporalis medius und Heschl sowie der linksseitige Polus temporalis des G. temporalis superior an. Mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität zwischen 0,673 bis 0,680 belegen sie sowohl innerhalb beider Temporallappen als auch unter allen 68 getesteten Zielregionen die viertstärkste bis sechststärkste funktionelle Konnektivität. Schließlich ist der rechtsseitige Polus temporalis des G. temporalis superior mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,631 und einer Standardabweichung von 0,090 die siebte Zielregion beider Temporallappen, die im auditiven Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten ist.

Die restlichen vier Zielregionen beider Temporallappen besitzen für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,495 bis 0,567. Damit belegen die restlichen vier Zielregionen einen der Ränge zwischen 38 bis 59.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den vierzehn Zielregionen beider Okzipitallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den auditiven Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 19.

Keine Zielregion beider Okzipitallappen ist unter den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zur linken BA 42 vertreten. Die im Mittel stärkste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Okzipitallappen besitzt mit 0,592 und einer Standardabweichung von 0,113 die linksseitige calcarinische Region. Damit belegt sie unter allen 68 untersuchten Zielregionen den 26. Rang. Es folgt der rechtsseitige G. lingualis mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,578 und einer Standardabweichung von 0,139. Dieser belegt unter allen 68 untersuchten Regionen den 30. Rang. Die restlichen zwölf Zielregionen beider Okzipitallappen besitzen für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,510 bis 0,568. Damit belegen die restlichen zwölf Zielregionen einen der Ränge zwischen 31 bis 56.

5.2.2 Visueller Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 20: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

Frontallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang	Parietallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang
Supp_Motor_Area	l	0,560	0,100	5	Postcentral	l	0,577	0,072	3
Precentral	l	0,546	0,100	9	Precuneus	l	0,564	0,102	4
Precentral	r	0,510	0,095	19	Precuneus	r	0,555	0,126	6
Supp_Motor_Area	r	0,506	0,079	22	Insula	r	0,550	0,105	7
Rolandic_Oper	l	0,505	0,080	23	Postcentral	r	0,547	0,092	8
Frontal_Sup	r	0,498	0,113	26	Paracentral_Lobule	l	0,531	0,095	14
Frontal_Mid	r	0,494	0,091	28	Paracentral_Lobule	r	0,525	0,096	15
Frontal_Mid	l	0,494	0,047	29	Insula	l	0,519	0,077	17
Frontal_Inf_Tri	l	0,488	0,058	32	SupraMarginal	r	0,512	0,084	18
Frontal_Inf_Orb	l	0,483	0,081	35	Parietal_Sup	l	0,509	0,089	20
Rolandic_Oper	r	0,477	0,109	39	SupraMarginal	l	0,501	0,084	24
Frontal_Sup	l	0,470	0,110	40	Parietal_Inf	l	0,499	0,062	25
Frontal_Sup_Medial	l	0,462	0,079	41	Parietal_Sup	r	0,496	0,085	27
Frontal_Inf_Oper	l	0,457	0,066	44	Parietal_Inf	r	0,458	0,090	42
Frontal_Sup_Medial	r	0,425	0,082	51	Angular	r	0,409	0,071	55
Frontal_Inf_Tri	r	0,417	0,082	52	Angular	l	0,394	0,064	60
Frontal_Inf_Orb	r	0,416	0,063	53					
Frontal_Mid_Orb	l	0,412	0,062	54					
Frontal_Mid_Orb	r	0,401	0,065	57					
Olfactory	l	0,399	0,090	58					
Olfactory	r	0,398	0,085	59					
Frontal_Inf_Oper	r	0,392	0,042	61					
Rectus	l	0,372	0,058	62					
Frontal_Sup_Orb	r	0,368	0,071	64					
Frontal_Sup_Orb	l	0,359	0,050	65					
Rectus	r	0,335	0,033	67					

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den 26 Zielregionen beider Frontallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 20.

Drei der 26 Zielregionen beider Frontallappen, nämlich die beidseitigen G. precentrales und das linksseitige SMA, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen an. Die im Mittel höchste funktionelle Konnektivität innerhalb

beider Frontallappen besitzt mit 0,560 und einer Standardabweichung von 0,100 das linksseitige SMA. Das linksseitige SMA belegt damit die drittstärkste Konnektivität außerhalb beider Temporallappen sowie die fünftstärkste Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es folgt der linksseitige G. precentralis mit einer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,546 und einer Standardabweichung von 0,100. Dieser belegt unter allen 68 untersuchten Zielregionen die neuntstärkste funktionelle Konnektivität zur linken BA 42. Es schließt sich der rechtsseitige G. precentralis mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,510 und einer Standardabweichung von 0,095 an. Damit ist dieser die dritte Zielregion beider Frontallappen, die im visuellen Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten ist.

Für die restlichen 23 Zielregionen beider Frontallappen besteht für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,335 bis 0,506. Damit belegen die restlichen 23 Zielregionen einen der Ränge zwischen 22 bis 67.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Parietallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 20.

Zehn der 16 Zielregionen beider Parietallappen gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen an. Dabei handelt es sich um die beidseitigen G. postcentrales, Precuneus, Insula und Lobuli paracentrales, um den rechtsseitigen G. supramarginalis und um den linksseitigen G. parietalis superior. Die im Mittel höchste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Parietallappen besitzt mit 0,577 und einer Standardabweichung von 0,072 der linksseitige G. postcentralis. Damit belegt er außerhalb beider Temporallappen die stärkste sowie unter allen 68 untersuchten Zielregionen die drittstärkste funktionelle Konnektivität. Es folgen die beidseitigen Precuneus. Die linksseitige Precuneus besitzt mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,564 und einer Standardabweichung von 0,102 unter allen 68 Zielregionen die viertstärkste funktionelle Konnektivität. Die rechtsseitige Precuneus belegt mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,555 und einer Standardabweichung von 0,126 den sechsten Rang unter allen 68 untersuchten Zielregionen.

Es schließen sich die rechtsseitigen Regionen von Insula und G. postcentralis mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,550 bzw. 0,547 an. Sie belegen unter allen 68 untersuchten Zielregionen noch einen Rang unter den zehn am stärksten konnektierten Regionen. Schließlich sind die beidseitigen Regionen von Lobulus paracentralis, die linksseitigen Regionen von Insula und G. parietalis superior sowie der rechtsseitige G. supramarginalis mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,509 bis 0,531 die sechste bis zehnte Zielregion beider Parietallappen, die im visuellen Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten sind.

Für die restlichen sechs Zielregionen beider Parietallappen liegt für die Gruppe eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,394 bis 0,501 vor. Damit belegen die restlichen sieben Zielregionen einen der Ränge zwischen 24 bis 60.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 21: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.

Temporallappen				Okzipitallappen			
	Mittelwert	StaAbw	Rang		Mittelwert	StaAbw	Rang
Temporal_Sup	l	0,989	0,000	0	Calcarine	l	0,506 0,100 21
Temporal_Sup	r	0,647	0,075	1	Cuneus	r	0,493 0,089 30
Temporal_Mid	l	0,592	0,080	2	Lingual	r	0,490 0,082 31
Temporal_Pole_Sup	l	0,546	0,037	10	Lingual	l	0,485 0,088 33
Temporal_Mid	r	0,545	0,071	11	Calcarine	r	0,479 0,094 36
Heschl	r	0,534	0,110	12	Occipital_Sup	l	0,477 0,077 37
Heschl	l	0,532	0,125	13	Cuneus	l	0,477 0,076 38
Temporal_Pole_Sup	r	0,523	0,083	16	Occipital_Mid	r	0,458 0,067 43
Temporal_Inf	l	0,484	0,062	34	Fusiform	l	0,455 0,069 45
Temporal_Inf	r	0,450	0,067	48	Occipital_Mid	l	0,455 0,063 46
Temporal_Pole_Mid	r	0,446	0,061	49	Fusiform	r	0,454 0,061 47
Temporal_Pole_Mid	l	0,404	0,067	56	Occipital_Sup	r	0,435 0,067 50
					Occipital_Inf	l	0,371 0,094 63
					Occipital_Inf	r	0,353 0,054 66

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) ist der Mittelwert und die Standardabweichung der mittleren Korrelationsstärken gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihrer im Mittel bestehenden funktionellen Konnektivität belegt. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. Diejenigen Zielregionen, die einen Rang unter den 20 funktionell am stärksten konnektierten Zielregionen aller vier GL belegen, werden fett hervorgehoben. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Temporallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 21. Der linksseitigen G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der linken BA 42 außer Acht gelassen.

Sieben von den elf Zielregionen beider Temporallappen, nämlich die beidseitigen G. temporales medii, Heschl und Polus temporalis der G. temporales superiores sowie der rechtsseitige G. temporalis superior, gehören den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität unter allen 68 untersuchten Zielregionen an. Die im Mittel stärkste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Temporallappen sowie unter allen 68 untersuchten Zielregionen besitzt mit 0,647 und einer Standardabweichung von 0,075 der rechtsseitige G. temporalis superior. Es folgt der linksseitige G. temporalis medius mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,592 (Standardabweichung 0,080). Damit belegt diese Region nicht nur innerhalb beider Temporallappen, sondern auch unter allen 68 untersuchten Zielregionen die zweitstärkste funktionelle Konnektivität. Es schließen sich die beidseitige Heschl, der linksseitige Polus temporalis des G. temporalis superior sowie der rechtsseitige G. temporalis medius an. Mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität zwischen 0,532 bis 0,546 belegen diese vier Regionen unter allen 68 untersuchten Zielregionen die zehntstärkste bis dreizehntstärkste funktionelle Konnektivität. Schließlich ist der rechtsseitige Polus temporalis des G. temporalis superior mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,523 und einer Standardabweichung von 0,083 die siebte Zielregion beider Temporallappen, die im visuellen Versuchsablauf noch unter den 20 am stärksten konnektierten Zielregionen vertreten ist.

Die restlichen vier Zielregionen beider Temporallappen besitzen für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,404 bis 0,484. Damit belegen die restlichen vier Zielregionen die Ränge 34, 48, 49 und 56.

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Okzipitallappen lässt sich in der Gruppenanalyse für den visuellen Versuchsablauf wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 21.

Keines der vierzehn Zielregionen innerhalb beider Okzipitallappen ist unter den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zur linken BA 42 vertreten. Die im Mittel stärkste funktionelle Konnektivität innerhalb beider Okzipitallappen besitzt mit 0,506 und einer Standardabweichung von 0,100 die linksseitige calcarinische Region. Damit belegt sie mit ihrer funktionellen Konnektivität Rang 21 unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es folgt die rechtsseitige Cuneus mit einer im Mittel für die Gruppe bestehenden funktionellen Konnektivität von 0,493 und einer Standardabweichung von 0,089. Sie belegt unter allen 68 untersuchten Regionen den 30. Rang.

Die restlichen zwölf Zielregionen beider Okzipitallappen besitzen für die Gruppe im Mittel eine funktionelle Konnektivität im Bereich von 0,353 bis 0,490. Damit belegen die restlichen zwölf Zielregionen einen der Ränge zwischen 36 und 66.

5.2.3 Starke funktionelle Konnektivitäten der linken Brodmann Area 42

Tabelle 22: Starke funktionelle Konnektivitäten der linken BA 42 (a) unter auditivem und (b) visuellem Versuchsablauf.

(a) BA 42 links, auditiver Versuchsablauf				(b) BA 42 links, visueller Versuchsablauf			
Rang	Zielregion	Mittelwert	Positionsänderung	Rang	Zielregion	Mittelwert	Positionsänderung
0	Temporal_Sup	0,957	=	0	Temporal_Sup	0,989	=
1	Temporal_Sup r	0,789	=	1	Temporal_Sup r	0,647	=
2	Temporal_Mid	0,704	=	2	Temporal_Mid	0,592	=
3	Heschl	0,700	↑	3	Postcentral	0,577	↑
4	Temporal_Mid r	0,680	↑	4	Precuneus	0,564	↑
5	Temporal_Pole_Sup	0,678	↑	5	Supp_Motor_Area	0,560	↑
6	Heschl r	0,673	↑	6	Precuneus r	0,555	↑
7	Precentral r	0,659	↑	7	Insula r	0,550	↑
8	Precentral	0,657	↑	8	Postcentral r	0,547	↑
9	Postcentral	0,636	↓	9	Precentral	0,546	↓
10	Temporal_Pole_Sup r	0,631	↑	10	Temporal_Pole_Sup	0,546	↓
11	Insula r	0,629	↓	11	Temporal_Mid r	0,545	↓
12	Supp_Motor_Area	0,627	↓	12	Heschl r	0,534	↓
13	Rolandic_Oper r	0,624	↑	13	Heschl	0,532	↓
14	Postcentral r	0,622	↓	14	Paracentral_Lobule	0,531	↑
15	Supp_Motor_Area r	0,619	↑	15	Paracentral_Lobule r	0,525	↑
16	Rolandic_Oper	0,618	↑	16	Temporal_Pole_Sup r	0,523	↓
17	Precuneus	0,615	↓	17	Insula	0,519	↑
18	SupraMarginal r	0,614	=	18	SupraMarginal r	0,512	=
19	Frontal_Inf_Tri	0,614	↑	19	Precentral r	0,510	↓
20	Parietal_Sup	0,602	=	20	Parietal_Sup	0,509	=

Die 20 aller 68 untersuchten Zielregionen (siehe Zeilen) mit der im Mittel für die Gruppe stärksten funktionellen Konnektivität zur linken BA 42 werden in der linken Tabelle (a) für den auditiven Versuchsablauf und in der rechten Tabelle (b) für den visuellen Versuchsablauf aufgetragen. Die 20 Zielregionen werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. Die erste Spalte von links gibt den Rang an. Der zweiten Spalte von links ist die entsprechende Zielregion zu entnehmen. Der dritten Spalte von links ist die entsprechende im Mittel für die Gruppe bestehende funktionelle Korrelationsstärke zu entnehmen. Die vierte Spalte von links gibt die Positionsänderung zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf der jeweiligen Zielregion an. Wird die Positionsanzeige rot hervorgehoben, so ist diese Zielregion nur in diesem Versuchsablauf den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zugehörig. Der linksseitigen G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der linken BA 42 außer Acht gelassen (Rang 0). r: rechts, l: links, =: keine Positionsänderung zwischen beiden Versuchsabläufen; ↑: Positionsanstieg gegenüber dem anderen Versuchsablauf; ↓: Positionsabfall gegenüber dem anderen Versuchsablauf

Die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität in der Gruppenanalyse lässt sich wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 22.

Die funktionelle Konnektivität der 20 stärksten Zielregionen beträgt im Mittel für die Gruppe im auditiven Versuchsablauf zwischen 0,602 und 0,789 sowie im visuellen Versuchsablauf zwischen 0,509 und 0,647. Damit ist ein höheres Niveau im auditiven Versuchsablauf festzustellen. Bei der Untersuchung der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 sind 16

Zielregionen sowohl im auditiven als auch im visuellen Versuchsablauf unter den 20 stärksten Zielregionen vertreten. Es handelt sich dabei um drei Zielregionen beider Frontallappen, sechs Zielregionen beider Parietallappen und um sieben Zielregionen beider Temporallappen. Bei den drei Zielregionen der Frontallappen handelt es sich um die beidseitigen G. precentrales und um das linksseitige SMA. Bei den sechs Zielregionen der Parietallappen handelt es sich um die beidseitigen G. postcentrales, um die rechtsseitigen Insula und G. supramarginalis sowie um die linksseitigen Precuneus und G. parietalis superior. Die sieben Zielregionen der Temporallappen sind die beidseitigen G. temporales medii, Heschl und Polus temporalis der G. temporales superiores sowie der rechtsseitige G. temporalis superior.

Nur im auditiven Versuchsablauf stoßen vier Zielregionen der Frontallappen zu den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität hinzu. Es handelt sich bei den vier Zielregionen beider Frontallappen um die beidseitigen rolandischen Opercula, um das rechtsseitige SMA sowie um den linksseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior.

Im visuellen Versuchsablauf sind weitere vier Zielregionen der Parietallappen den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zugehörig. Es handelt sich um die beidseitigen Lobuli paracentrales, die rechtsseitige Precuneus sowie um die linksseitige Insula.

Zusammenfassend verändern sich beim Wechsel der Modalität der Einzelwort-Wahrnehmung nicht die Zielregionen beider Temporallappen unter den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität zur linken BA 42. Es bleibt somit bei dem Anteil von sieben Zielregionen aus den oberen und mittleren Windungen der Temporallappen. Beim Wechsel der Modalität kommt es hingegen zu einer Veränderung des Anteils an Zielregionen der Frontallappen und Parietallappen unter den 20 Zielregionen mit der stärksten Konnektivität. Der Anteil an Zielregionen der Frontallappen unter den 20 stärksten Konnektivitäten steigt von drei im visuellen Versuchsablauf auf sieben Zielregionen im auditiven Versuchsablauf. Hingegen fällt der Anteil an Zielregionen der Parietallappen unter den 20 stärksten Konnektivitäten von zehn im visuellen Versuchsablauf auf sechs Zielregionen im auditiven Versuchsablauf ab. Weder im auditiven noch im visuellen Versuchsablauf sind Zielregionen beider Okzipitallappen unter den 20 stärksten Konnektivitäten vertreten.

5.3 Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 23: Gruppenanalyse des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen.

Frontallappen				Parietallappen					
		Mittelwert	StaAbw	Rang		Mittelwert	StaAbw	Rang	
Frontal_Inf_Tri	r	0,202	0,074	1	SupraMarginal	r	0,100	0,087	14
Precentral	r	0,155	0,074	5	Insula	r	0,069	0,083	26
Frontal_Inf_Oper	r	0,150	0,081	6	Postcentral	r	0,063	0,067	28
Frontal_Inf_Orb	r	0,147	0,073	8	Angular	r	0,061	0,047	29
Frontal_Inf_Tri	l	0,122	0,061	9	Postcentral	l	0,054	0,100	32
Frontal_Inf_Orb	l	0,105	0,065	12	Parietal_Inf	l	0,050	0,038	35
Rectus	l	0,102	0,113	13	Parietal_Sup	l	0,046	0,045	38
Precentral	l	0,095	0,050	15	Insula	l	0,043	0,127	41
Frontal_Mid	r	0,084	0,062	16	Paracentral_Lobule	l	0,040	0,059	42
Rolandic_Oper	r	0,079	0,093	19	Parietal_Inf	r	0,037	0,024	47
Supp_Motor_Area	r	0,077	0,101	22	Precuneus	l	0,037	0,056	48
Frontal_Mid_Orb	r	0,071	0,065	24	Paracentral_Lobule	r	0,032	0,118	52
Frontal_Sup_Medial	l	0,071	0,060	25	Angular	l	0,028	0,089	54
Frontal_Mid_Orb	l	0,063	0,073	27	SupraMarginal	l	0,014	0,130	57
Rectus	r	0,050	0,116	34	Precuneus	r	-0,001	0,028	65
Frontal_Sup	r	0,049	0,075	36	Parietal_Sup	r	-0,009	0,035	66
Supp_Motor_Area	l	0,047	0,069	37					
Frontal_Sup_Medial	r	0,043	0,072	40					
Frontal_Sup	l	0,040	0,053	43					
Frontal_Mid	l	0,039	0,049	44					
Frontal_Sup_Orb	r	0,038	0,067	46					
Frontal_Sup_Orb	l	0,037	0,077	49					
Frontal_Inf_Oper	l	0,027	0,078	55					
Rolandic_Oper	l	0,013	0,137	58					
Olfactory	r	0,005	0,085	62					
Olfactory	l	-0,010	0,108	67					

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) ist der Mittelwert (zweite Spalte) und die Standardabweichung (dritte Spalte) der Differenz aus der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihres im Mittel bestehenden Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe belegt. Die 20 Zielregionen mit dem im Mittel größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Frontallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 23.

Für alle Zielregionen beider Frontallappen bis auf den linken olfaktorischen Kortex – im Mittel $0,010 \pm 0,108$ höher visuell - ist im Mittel eine höhere funktioneller Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen.

Unter sämtlichen untersuchten Zielregionen gehören zehn Zielregionen beider Frontallappen den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied an. Es handelt sich um die beidseitigen G. frontales inferiores, Pars orbitalis sowie Pars triangularis der G. frontales inferiores, um die rechtsseitigen Regionen von Pars opercularis des G. frontalis inferior, G. frontalis medius und rolandisches Operculum sowie um den linksseitigen G. rectus. Den im Mittel größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe besitzt der rechtsseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior. Dieser besitzt im auditiven Versuchsablauf eine im Mittel um 0,202 höhere Konnektivität. Die Standardabweichung beträgt 0,074. Er besitzt damit den größten modalitätsabhängigen Unterschied unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es folgen die rechtsseitigen Zielregionen von G. precentralis und Pars opercularis des G. frontalis inferior mit einem Unterschied von $\geq 0,150$ mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Sie belegen den fünfhöchsten und sechsthöchsten Unterschied unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es schließen sich die beidseitigen Pars orbitalis der G. frontales inferiores sowie die linksseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior und G. rectus mit einer im Mittel für die Gruppe um mehr als 0,100 höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf an. Sie belegen unter allen 68 untersuchten Zielregionen die Ränge 8, 9, 12 und 13. Schließlich sind die rechtsseitigen Regionen von G. frontalis medius und rolandisches Operculum sowie der linksseitige G. precentralis mit einer im Mittel noch um 0,079 bis 0,095 höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf unter den 20 Zielregionen mit dem größten Unterschied vertreten.

Die restlichen fünfzehn Zielregionen beider Frontallappen besitzen für die Gruppe im Mittel einen Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf von 0,005 bis 0,071. Damit belegen die restlichen Zielregionen einen der Ränge zwischen 22 bis 62.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den 16 Zielregionen beider Parietallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 23.

Für alle Zielregionen beider Parietallappen - bis auf die rechtsseitigen Precuneus (Mittel $0,001 \pm 0,028$ höher visuell) und G. parietalis superior (Mittel $0,009 \pm 0,035$ höher visuell) - ist im Mittel eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen.

Unter allen 68 untersuchten Zielregionen gehört nur eine Zielregion aus den Parietallappen den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied an. Es handelt sich um den rechtsseitigen G. supramarginalis. Dieser besitzt im auditiven Versuchsablauf eine im Mittel um 0,100 höhere Konnektivität. Die Standardabweichung beträgt 0,087. Damit belegt dieser unter allen 68 untersuchten Zielregionen den 14. Rang.

Die restlichen 13 Zielregionen beider Parietallappen besitzen für die Gruppe noch im Mittel einen Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf von 0,014 bis 0,069. Damit belegen die restlichen 13 Zielregionen einen der Ränge zwischen 26 bis 57.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 24: Gruppenanalyse des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen.

Temporallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang	Okzipitallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang
Temporal_Mid	l	0,194	0,076	2	Occipital_Inf	r	0,078	0,085	21
Temporal_Mid	r	0,185	0,080	3	Occipital_Inf	l	0,058	0,129	31
Temporal_Sup	l	0,175	0,038	4	Cuneus	l	0,050	0,048	33
Heschl	r	0,149	0,122	7	Fusiform	r	0,045	0,077	39
Heschl	l	0,120	0,063	10	Calcarine	l	0,039	0,043	45
Temporal_Pole_Sup	l	0,114	0,042	11	Occipital_Sup	r	0,035	0,035	50
Temporal_Inf	l	0,083	0,049	17	Lingual	l	0,033	0,047	51
Temporal_Pole_Mid	r	0,081	0,088	18	Calcarine	r	0,031	0,076	53
Temporal_Inf	r	0,079	0,086	20	Lingual	r	0,021	0,076	56
Temporal_Pole_Sup	r	0,076	0,060	23	Occipital_Mid	l	0,009	0,075	59
Temporal_Pole_Mid	l	0,060	0,072	30	Occipital_Sup	l	0,007	0,038	60
Temporal_Sup	r	0,000	0,001	64	Cuneus	r	0,006	0,039	61
					Occipital_Mid	r	0,001	0,064	63
					Fusiform	l	-0,018	0,087	68

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) ist der Mittelwert (zweite Spalte) und die Standardabweichung (dritte Spalte) der Differenz aus der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihres im Mittel bestehenden Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe belegt. Die 20 Zielregionen mit dem im Mittel größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen eines Lappens werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Temporallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 24. Der rechtsseitige G. temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der rechten BA 42 außer Acht gelassen.

Für alle Zielregionen beider Temporallappen ist im Mittel eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen.

Neun Zielregionen beider Temporallappen gehören den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied an. Es handelt sich um die beidseitigen Regionen von G. temporalis medius, Heschl und G. temporalis inferior, um die linksseitigen Regionen von G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis superior sowie um den rechtsseitigen Polus temporalis des G. temporalis medius. Innerhalb beider Temporallappen besitzt der linksseitige G. temporalis medius den im Mittel größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe. Er weist im auditiven Versuchsablauf eine im Mittel um 0,194 höhere Konnektivität auf. Die Standardabweichung beträgt 0,076. Damit besitzt dieser unter allen 68 untersuchten Zielregionen den zweitgrößten Unterschied. Es folgt der rechtsseitige G. temporalis medius mit einer im Mittel für die Gruppe um 0,185 höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Die Standardabweichung liegt bei 0,080. Damit belegt er den dritten Rang unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es schließt sich der linksseitige G. temporalis superior mit einer im Mittel um 0,175 höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf an. Damit belegt er den vierten Rang unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Schließlich besitzen die beidseitigen Heschl und G. temporales inferiores, der linksseitige Polus temporalis des G. temporalis superior sowie der rechtsseitige Polus temporalis des G. temporalis medius eine im Mittel um 0,079 bis 0,122 höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Sie belegen damit unter allen 68 untersuchten Zielregionen die Ränge 7, 10, 11, 17, 18 und 20.

Die restlichen zwei Zielregionen beider Temporallappen besitzen für die Gruppe noch im Mittel einen Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf von 0,060 bzw. 0,076. Damit belegen sie unter allen 68 Zielregionen die Ränge 23 und 30.

Zusammenfassend sind alle Zielregionen beider Temporallappen unter den 30 Zielregionen mit der größten Modalitätsabhängigkeit vertreten.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen beider Okzipitallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 24.

Für alle Zielregionen beider Okzipitallappen - bis auf den linksseitigen G. fusiformis (Mittel $0,018 \pm 0,087$ höher visuell) - ist im Mittel eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen. Keine Zielregion beider Okzipitallappen ist unter den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied vertreten. Die dreizehn Zielregionen beider Okzipitallappen mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf besitzen für die Gruppe im Mittel einen Unterschied von 0,001 bis 0,078. Damit belegen die dreizehn Zielregionen einen der Ränge zwischen 21 bis 63. Dabei besitzt der rechtsseitige G. occipitalis inferior den im Mittel größten modalitätsabhängigen Unterschied innerhalb der Okzipitallappen. Die Standardabweichung beträgt 0,085.

5.4 Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken Brodmann Area 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf

Zielregionen der Frontal- und Parietallappen:

Tabelle 25: Gruppenanalyse des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu Zielregionen der Frontal- und Parietallappen.

Frontallappen				Parietallappen					
		Mittelwert	StaAbw	Rang		Mittelwert	StaAbw	Rang	
Frontal_Inf_Tri	r	0,176	0,090	1	SupraMarginal	r	0,103	0,071	18
Frontal_Inf_Oper	r	0,162	0,096	2	Parietal_Inf	r	0,102	0,098	20
Frontal_Inf_Orb	r	0,162	0,076	3	Parietal_Sup	l	0,090	0,076	34
Frontal_Inf_Tri	l	0,133	0,076	10	Parietal_Inf	l	0,084	0,077	36
Precentral	r	0,127	0,101	12	Insula	l	0,083	0,129	39
Rolandic_Oper	r	0,120	0,128	13	Insula	r	0,081	0,072	41
Rectus	l	0,112	0,131	15	Paracentral_Lobule	r	0,077	0,130	44
Supp_Motor_Area	r	0,106	0,094	17	Postcentral	r	0,075	0,073	46
Frontal_Mid_Orb	l	0,101	0,094	21	Angular	l	0,074	0,134	49
Frontal_Mid_Orb	r	0,099	0,089	22	Parietal_Sup	r	0,071	0,068	51
Rolandic_Oper	l	0,097	0,125	24	Angular	r	0,068	0,104	52
Frontal_Mid	r	0,096	0,085	25	SupraMarginal	l	0,066	0,095	56
Frontal_Sup_Orb	l	0,094	0,088	27	Postcentral	l	0,059	0,095	59
Precentral	l	0,094	0,075	29	Precuneus	l	0,056	0,081	61
Frontal_Inf_Orb	l	0,093	0,079	30	Precuneus	r	0,042	0,083	64
Frontal_Sup_Medial	l	0,093	0,071	32	Paracentral_Lobule	l	0,035	0,114	66
Frontal_Sup	l	0,084	0,093	35					
Frontal_Sup_Medial	r	0,081	0,090	40					
Frontal_Mid	l	0,074	0,079	48					
Frontal_Inf_Oper	l	0,073	0,072	50					
Frontal_Sup	r	0,068	0,092	54					
Supp_Motor_Area	l	0,059	0,110	58					
Rectus	r	0,058	0,120	60					
Frontal_Sup_Orb	r	0,048	0,076	63					
Olfactory	l	0,039	0,088	65					
Olfactory	r	0,020	0,092	67					

Für jede Zielregion der GL Frontal und Parietal (siehe Zeilen) ist der Mittelwert (zweite Spalte) und die Standardabweichung (dritte Spalte) der Differenz aus der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihres im Mittel bestehenden Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe belegt. Die 20 Zielregionen mit dem im Mittel größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen der GL werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Frontallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 25.

Für alle Zielregionen beider Frontallappen ist im Mittel eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen.

Unter allen 68 untersuchten Zielregionen gehören acht Zielregionen beider Frontallappen den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied an. Es handelt sich um die beidseitigen Pars triangularis der G. frontales inferiores, um die rechtsseitigen Regionen von Pars opercularis des G. frontalis inferior, Pars orbitalis des G. frontalis inferior, G. precentralis, rolandisches Operculum und G. rectus sowie um das linksseitige SMA. Der rechtsseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior besitzt unter allen 68 untersuchten Zielregionen den größten modalitätsabhängigen Unterschied. Er besitzt im auditiven Versuchsablauf eine im Mittel um 0,176 höhere Konnektivität. Die Standardabweichung beträgt 0,090. Es folgen die beiden rechtsseitigen Zielregionen Pars opercularis des G. frontalis inferior und Pars orbitalis des G. frontalis inferior mit einer im Mittel für die Gruppe im auditiven Versuchsablauf jeweils um 0,162 höheren Konnektivität. Die Standardabweichung der rechtsseitigen Pars opercularis des G. frontalis inferior beträgt 0,096 und der rechtsseitigen Pars orbitalis des G. frontalis inferior beträgt 0,076. Damit belegen die beiden Zielregionen den zweithöchsten und dritthöchsten Unterschied unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es schließen sich die rechtsseitigen Regionen von G. precentralis, rolandisches Operculum und SMA sowie die linksseitigen Regionen von Pars triangularis des G. frontalis inferior und G. rectus mit einer im Mittel für die Gruppe im auditiven Versuchsablauf um mehr als 0,106 höheren Konnektivität an. Sie belegen unter allen 68 untersuchten Zielregionen die Ränge 10, 12, 13, 15 und 17.

Die restlichen 18 Zielregionen beider Frontallappen besitzen für die Gruppe noch im Mittel einen Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf von 0,020 bis 0,101. Damit belegen die restlichen Zielregionen einen der Ränge zwischen 21 bis 67.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Parietallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 25.

Für alle Zielregionen beider Parietallappen ist im Mittel eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen.

Unter allen 68 untersuchten Zielregionen gehören zwei Zielregionen beider Parietallappen den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied an. Es handelt sich um die rechtsseitigen Regionen von G. supramarginalis und G. parietalis inferior. Den größten

Unterschied zwischen beiden Versuchsabläufen besitzt der rechtsseitige G. supramarginalis. Er besitzt im auditiven Versuchsablauf eine im Mittel um 0,103 höhere Konnektivität. Die Standardabweichung beträgt 0,071. Damit belegt er unter allen 68 untersuchten Zielregionen den 18. Rang. Es folgt der rechtsseitige G. parietalis inferior mit einer im Mittel um 0,102 höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Die Standardabweichung beträgt 0,098. Damit belegt er noch unter allen untersuchten Zielregionen den 20. Rang.

Die restlichen 14 Zielregionen beider Parietallappen besitzen für die Gruppe noch im Mittel einen Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf von 0,035 bis 0,090. Damit belegen die restlichen Zielregionen einen der Ränge zwischen 34 bis 66.

Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen:

Tabelle 26: Gruppenanalyse des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen.

Temporallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang	Okzipitallappen		Mittelwert	StaAbw	Rang
Heschl	l	0,156	0,128	4	Occipital_Inf	l	0,148	0,145	5
Heschl	r	0,143	0,105	7	Occipital_Inf	r	0,147	0,132	6
Temporal_Sup	r	0,138	0,067	8	Cuneus	l	0,097	0,095	23
Temporal_Mid	r	0,135	0,041	9	Occipital_Sup	r	0,094	0,079	26
Temporal_Pole_Sup	l	0,132	0,082	11	Fusiform	r	0,094	0,106	28
Temporal_Mid	l	0,112	0,047	14	Lingual	r	0,093	0,097	31
Temporal_Inf	r	0,111	0,092	16	Occipital_Mid	l	0,084	0,111	37
Temporal_Pole_Sup	r	0,103	0,070	19	Fusiform	l	0,084	0,105	38
Temporal_Pole_Mid	l	0,091	0,128	33	Calcarine	l	0,081	0,093	42
Temporal_Inf	l	0,068	0,063	53	Lingual	l	0,077	0,087	43
Temporal_Pole_Mid	r	0,049	0,076	62	Calcarine	r	0,075	0,099	45
Temporal_Sup	l	0,000	0,000	68	Occipital_Sup	l	0,075	0,080	47
					Cuneus	r	0,067	0,073	55
					Occipital_Mid	r	0,063	0,093	57

Für jede Zielregion der GL Temporal und Okzipital (siehe Zeilen) ist der Mittelwert (zweite Spalte) und die Standardabweichung (dritte Spalte) der Differenz aus der mittleren Korrelationsstärke beider Versuchsabläufe gerundet auf drei Dezimalstellen für die Gruppe angegeben. In der letzten Spalte wird angegeben, welchen Rang die jeweilige Zielregion unter den 68 untersuchten Zielregionen bezüglich ihres im Mittel bestehenden Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe belegt. Die 20 Zielregionen mit dem im Mittel größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe werden fett hervorgehoben. Die Zielregionen eines Lappens werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. r: rechts, l: links, StaAbw: Standardabweichung

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Temporallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 26. Der linksseitige G.

temporalis superior wird aufgrund seiner Autokorrelation mit den Ausgangsvoxeln der linken BA 42 außer Acht gelassen.

Für alle Zielregionen der Temporallappen ist im Mittel eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen.

Mit acht von ihren elf Zielregionen sind die Temporallappen anteilig am stärksten unter den 20 Zielregionen mit der größten Modalitätsabhängigkeit vertreten. Es handelt sich um die beidseitigen Regionen von Heschl, G. temporalis medius und Polus temporalis des G. temporalis superior sowie um die rechtsseitigen Regionen von G. temporalis superior und G. temporalis inferior. Innerhalb der Temporallappen besitzt die linksseitige Heschl den größten modalitätsabhängigen Unterschied. Sie besitzt eine im Mittel für die Gruppe im auditiven Versuchsablauf um 0,156 höhere Konnektivität. Die Standardabweichung beträgt 0,128. Damit besitzt sie zugleich unter allen 68 untersuchten Zielregionen den viertgrößten Unterschied. Es folgt die rechtsseitige Heschl mit einer im Mittel für die Gruppe um 0,143 höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Die Standardabweichung liegt bei 0,105. Damit belegt sie den siebtgrößten Unterschied unter allen 68 untersuchten Zielregionen. Es schließt sich der rechtsseitige G. temporalis superior mit einer im Mittel um 0,138 höheren Konnektivität im auditiven Versuchsablauf an. Damit belegt er den achten Rang unter allen 68 Zielregionen. Schließlich besitzen die beidseitigen G. temporales medii und Polus temporalis der G. temporales superiores sowie der rechtsseitige G. temporalis inferior eine im Mittel um 0,103 bis 0,135 höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Sie belegen die Ränge 9, 11, 14, 16 und 19.

Die restlichen drei Zielregionen beider Temporallappen besitzen für die Gruppe noch im Mittel einen Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf von 0,049 bis 0,091. Damit belegen diese restlichen Zielregionen die Ränge 33, 53 und 62.

Der modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen beider Okzipitallappen lässt sich in der Gruppenanalyse wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 26.

Für alle Zielregionen der Okzipitallappen ist im Mittel eine höhere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festzustellen. Nur für die vier Zielregionen mit dem größten

modalitätsabhängigen Unterschied fällt der im Mittel für die Gruppe bestehende Unterschied größer als die jeweilige Standardabweichung aus.

Zwei Zielregionen der Okzipitallappen sind unter den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied vertreten. Es handelt sich dabei beidseitig um den G. occipitalis inferior. Der linksseitige G. occipitalis inferior besitzt im auditiven Versuchsablauf eine im Mittel um 0,148 höhere Konnektivität. Die Standardabweichung beträgt 0,145. Damit belegt er zugleich unter allen 68 untersuchten Zielregionen den fünftgrößten Unterschied. Der rechtsseitige G. occipitalis inferior besitzt eine im Mittel um 0,147 höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Die Standardabweichung beträgt 0,132. Damit belegt dieser unter allen getesteten Zielregionen den sechsten Rang.

Die restlichen zwölf Zielregionen beider Okzipitallappen besitzen für die Gruppe im Mittel einen Unterschied mit höherer Konnektivität im auditiven Versuchsablauf von 0,063 bis 0,097. Damit belegen die zwölf Zielregionen einen der Ränge zwischen 23 und 57.

5.5 Starke modalitätsabhängige funktionelle Konnektivität beider Brodmann Areas 42

Tabelle 27: Starke Modalitätsabhängigkeit der funktionellen Konnektivität der (a) rechten und (b) linken BA 42.

(a) BA 42 rechts (AUD - VIS)					(b) BA 42 links (AUD - VIS)						
Rang	Zielregion		Mittelwert	Δ Position	Δ Differenz	Rang	Zielregion		Mittelwert	Δ Position	Δ Differenz
1	Frontal_Inf_Tri	r	0,202	=	0,026	1	Frontal_Inf_Tri	r	0,176	=	-0,026
2	Temporal_Mid	l	0,194	↑	0,081	2	Frontal_Inf_Oper	r	0,162	↑	0,013
3	Temporal_Mid	r	0,185	↑	0,049	3	Frontal_Inf_Orb	r	0,162	↑	0,015
4	Temporal_Sup	l	0,175	↑	n.A.	4	Heschl	l	0,156	↑	0,036
5	Precentral	r	0,155	↑	0,028	5	Occipital_Inf	l	0,148	↑	0,090
6	Frontal_Inf_Oper	r	0,150	↓	-0,013	6	Occipital_Inf	r	0,147	↑	0,069
7	Heschl	r	0,149	=	0,007	7	Heschl	r	0,143	=	-0,007
8	Frontal_Inf_Orb	r	0,147	↓	-0,015	8	Temporal_Sup	r	0,138	↑	n.A.
9	Frontal_Inf_Tri	l	0,122	↑	-0,011	9	Temporal_Mid	r	0,135	↓	-0,049
10	Heschl	l	0,120	↓	-0,036	10	Frontal_Inf_Tri	l	0,133	↓	0,011
11	Temporal_Pole_Sup	l	0,114	=	-0,018	11	Temporal_Pole_Sup	l	0,132	=	0,018
12	Frontal_Inf_Orb	l	0,105	↑	0,012	12	Precentral	r	0,127	↓	-0,028
13	Rectus	l	0,102	↑	-0,010	13	Rolandic_Oper	r	0,120	↑	0,041
14	SupraMarginal	r	0,100	↑	-0,003	14	Temporal_Mid	l	0,112	↓	-0,081
15	Precentral	l	0,095	↑	0,001	15	Rectus	l	0,112	↓	0,010
16	Frontal_Mid	r	0,084	↑	-0,012	16	Temporal_Inf	r	0,111	↑	0,032
17	Temporal_Inf	l	0,083	↑	0,015	17	Supp_Motor_Area	r	0,106	↑	0,029
18	Temporal_Pole_Mid	r	0,081	↑	0,032	18	SupraMarginal	r	0,103	↓	0,003
19	Rolandic_Oper	r	0,079	↓	-0,041	19	Temporal_Pole_Sup	r	0,103	↑	0,027
20	Temporal_Inf	r	0,079	↓	-0,032	20	Parietal_Inf	r	0,102	↑	0,065

Die 20 aller 68 untersuchten Zielregionen (siehe Zeilen) mit dem im Mittel für die Gruppe größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf werden in der linken Tabelle (a) für die rechte BA 42 und in der rechten Tabelle (b) für die linke BA 42 aufgetragen. Die 20 Zielregionen werden dabei absteigend dem jeweiligen Mittelwert angeordnet. Die erste Spalte von links gibt den Rang an. Der zweiten Spalte von links ist die entsprechende Zielregion zu entnehmen. Der dritten Spalte von links ist der im Mittel bestehende Unterschied in der funktionellen Konnektivität beider Versuchsabläufe zu entnehmen. Die vierte Spalte von links gibt für die jeweilige Zielregion die Positionsänderung zwischen der rechten und linken BA 42 an. Wird die Positionsanzeige rot hervorgehoben, so ist diese Zielregion einzig in der Konnektivität der jeweiligen BA 42 Seite unter den 20 Zielregionen mit dem größten Unterschied vertreten. Die fünfte Spalte gibt die entsprechende Differenz im Unterschied in der funktionellen Konnektivität zwischen der rechten und linken BA 42 wieder. r: rechts, l: links, Δ Position: Positionsänderung; Δ Differenz: Differenzänderung, = : keine Positionsänderung im Vergleich zur gegenseitigen BA 42; ↑: Positionsanstieg gegenüber der gegenseitigen BA 42; ↓: Positionsabfall gegenüber der gegenseitigen BA 42

Der im Mittel für die Gruppe bestehende Unterschied in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 sowie der linken BA 42 für die 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied lässt sich wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in Tabelle 27.

Die rechte BA 42 besitzt zu den 20 Zielregionen mit dem größten Unterschied zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf eine im Mittel für die Gruppe um 0,079 bis 0,202 höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. Dabei fällt für 14 der 20 Zielregionen mit der größten Modalitätsabhängigkeit der Unterschied über 0,100 mittlere Korrelationsstärken

aus. Die linke BA 42 besitzt zu den 20 Zielregionen mit dem größten Unterschied zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf eine im Mittel um 0,102 bis 0,176 höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf. In der Konnektivität der linken BA 42 fällt somit für 21 Zielregionen im auditiven Versuchsablauf (nicht abgebildet ist der linksseitige Pars orbitalis des G. frontalis medius mit im Mittel 0,101 höher auditiv) die Konnektivität um mehr als 0,100 höher aus. Vierzehn Zielregionen sind überlappend in der Konnektivität der rechten sowie linken BA 42 unter den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied vertreten. Die 14 Zielregionen verteilen sich auf drei der vier GL sowie auf neun rechtsseitige und auf fünf linksseitige Regionen. Sieben Zielregionen sind auf den Frontallappen, eine Zielregionen auf den Parietallappen und sechs Zielregionen auf den Temporallappen lokalisiert. Bei den sieben Zielregionen der Frontallappen handelt es sich um die beidseitigen Pars triangularis der G. frontales inferiores, die rechtsseitigen Regionen von G. precentralis, Pars opercularis des G. frontalis inferior, Pars orbitalis des G. frontalis inferior und rolandisches Operculum sowie um den linksseitigen G. rectus. Bei der Zielregion aus den Parietallappen handelt es sich um den rechtsseitigen G. supramarginalis. Die sechs Zielregionen der Temporallappen sind die beidseitigen G. temporales medii und Heschl, der linksseitige Polus temporalis des G. temporalis superior sowie der rechtsseitige G. temporalis inferior. Für neun der 14 Zielregionen, die in der Konnektivität der rechten und linken BA 42 den 20 Zielregionen mit größter Modalitätsabhängigkeit zugehörig sind, fällt der Unterschied für die linke BA 42 größer aus.

Einzig in der Konnektivität der rechten BA 42 stoßen zusätzlich weitere drei Zielregionen der Frontallappen sowie drei Zielregionen der Temporallappen zu den 20 Zielregionen mit dem größten modalitätsabhängigen Unterschied hinzu. Es handelt sich bei den drei Zielregionen beider Frontallappen um die linksseitigen Regionen von Pars orbitalis des G. frontalis inferior und G. precentralis sowie um den rechtsseitigen G. frontalis medius. Die drei Zielregionen der Temporallappen sind die linksseitigen Regionen von G. temporalis superior und G. temporalis inferior sowie der rechtsseitige Polus temporalis des G. temporalis medius.

Spezifisch in der Konnektivität der linken BA 42 sind weiterhin eine Zielregion aus den Frontallappen (rechtsseitige SMA), eine Zielregion aus den Parietallappen (rechtsseitiger G. parietalis inferior), zwei Zielregionen aus den Temporallappen (rechtsseitige Regionen von G. temporalis superior und Polus temporalis des G. temporalis superior) sowie zwei Zielregionen

aus den Okzipitallappen (beidseitige G. occipitales inferiores) unter den 20 Zielregionen mit dem größten Unterschied vertreten.

Zusammenfassend unterscheiden sich die rechte und linke BA 42 bei Gegenüberstellung ihrer starken modalitätsabhängigen Konnektivität nur in sechs von 20 Zielregionen voneinander. Dabei steigt der Anteil an starken modalitätsabhängigen Zielregionen der Frontallappen von acht in der Konnektivität der linken BA 42 auf zehn Zielregionen in der Konnektivität der rechten BA 42. Hingegen fällt der Anteil an starken modalitätsabhängigen Zielregionen der Parietallappen von zwei in der Konnektivität der linken BA 42 auf eine Zielregion in der Konnektivität der rechten BA 42. Der Anteil an starken modalitätsabhängigen Zielregionen der Temporallappen steigt von sieben in der Konnektivität der linken BA 42 auf neun Zielregionen in der Konnektivität der rechten BA 42. Lediglich in der Konnektivität der linken BA 42 sind zwei Zielregionen der Okzipitallappen unter den starken modalitätsabhängigen Zielregionen vertreten.

6 Zusammenfassende Ergebnisse

Nachfolgend werden zunächst in Kapitel 6.1 die Erkenntnisse aus den Ergebnissen der funktionellen Konnektivität beider BA 42 zusammengefasst. In Kapitel 6.1. wird zunächst auf die starken funktionellen Konnektivitäten eingegangen, die sowohl für beide BA 42 als auch unter auditiver sowie visueller Einzelwortverarbeitung – also unabhängig von der Art des sprachlichen Stimulus – bestanden. Es folgen dann die Erkenntnisse, die zwar für beide BA 42 feststellbar waren, jedoch spezifisch für den auditiven Versuchsablauf waren. Daran schließen sich die Erkenntnisse, die spezifisch für den visuellen Versuchsablauf waren. Schließlich finden die Erkenntnisse die spezifisch für die rechte BA 42 waren ihre Erwähnung. Zuletzt finden die Erkenntnisse die spezifisch für die linke BA 42 waren ihre Erwähnung.

In Kapitel 6.2 werden diejenigen Zielregionen beschrieben, für die eine unterschiedliche Konnektivität unter beiden Versuchsabläufen festgestellt werden konnte. Zunächst werden Gemeinsamkeiten beider BA 42 beschrieben. Es folgen die spezifischen Ergebnisse der rechten BA 42 und darauf die Besonderheiten der linken BA 42.

6.1 Zusammenfassung funktionelle Konnektivität beider Brodmann Areae 42

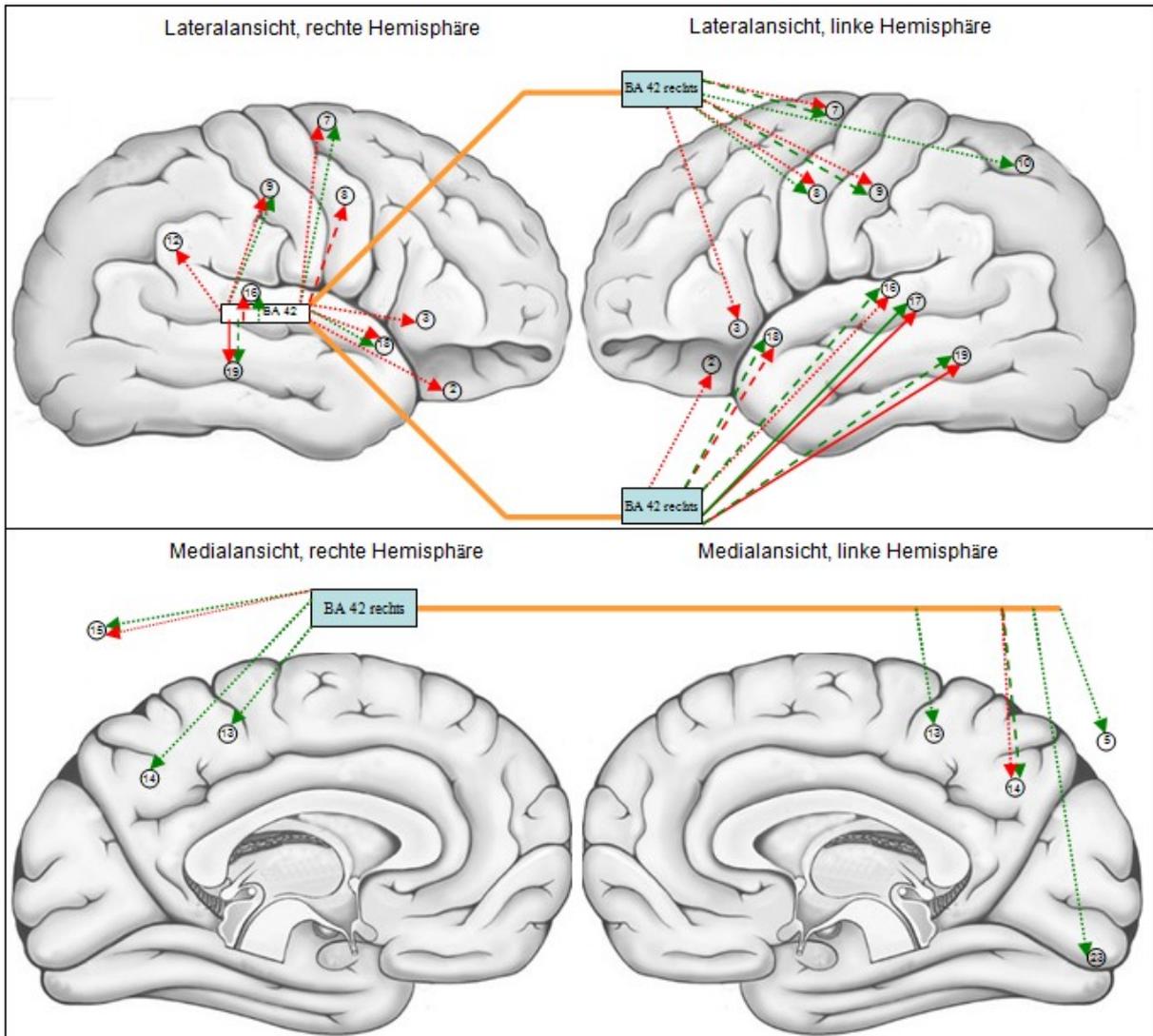


Abb. 8: Visualisierung der starken funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 unter auditivem und visuellem Versuchsablauf. Für die rechte BA 42 werden die 20stärksten aller 68 untersuchten funktionellen Konnektivitäten als Verlaufsbahnen anhand der Lateralansicht (obere Reihe) sowie Medialansicht (untere Reihe) beider Großhirnhemisphären für beide Versuchsabläufe abgebildet. Die 20 Zielregionen eines jeweiligen Versuchsablaufes wurden in drei Stärkestufen eingeteilt. Die Einstufung richtet sich danach, ob sich die im Mittel für die Gruppe errechnete Konnektivität einer jeweiligen Zielregion im oberen (auditiv: $\geq 0,751$, visuell: $\geq 0,607$), mittleren (auditiv: $\geq 0,678$, visuell: $\geq 0,567$) oder unteren (auditiv: $< 0,678$, visuell: $< 0,567$) Drittel der Differenz zwischen der stärksten und der 20. stärksten konnektierten Zielregion befindet. Für Zielregionen, die sich im oberen Drittel befinden, wird die Verlaufsbahn als durchgängige Linie dargestellt. Für Zielregionen im mittleren Drittel als gestrichelte und für Zielregionen im unteren Drittel als gepunktete Linie. Die Verlaufsbahnen spezifisch für den auditiven Versuchsablauf sind rot und spezifisch für den visuellen Versuchsablauf grün. Die Verlaufsbahnen zu den Zielregionen, die weder in der Lateral- noch in der Medialansicht abgebildet werden können, werden in den Abbildungen der Medialansicht außerhalb der Gehirnrinde aufgetragen (Insula und rolandisches Operculum). Zur Abbildung der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu kontralateral befindlichen Zielregionen werden kreuzende Schenkel (orange) verwendet. 1: G. frontalis medius; 2: G. frontalis inferior, Pars orbitalis; 3: G. frontalis inferior, Pars triangularis; 4: G. frontalis inferior, Pars opercularis; 5: Rolandisches Operculum; 6: G. rectus; 7: Supplementärmotorisches Areal (SMA); 8: G. precentralis; 9: G. postcentralis; 10: G. parietalis superior; 11: G. parietalis inferior; 12: G. supramarginalis; 13: Lobulus paracentralis; 14: Precuneus; 15: Insula; 16: Heschl(-Querwindungen); 17: G. temporalis superior; 18: G. temporalis superior, Polus temporalis; 19: G. temporalis medius; 20: G. temporalis medius, Polus temporalis; 21: G. temporalis inferior; 22: G. occipitalis inferior; 23: Calcarinische Region

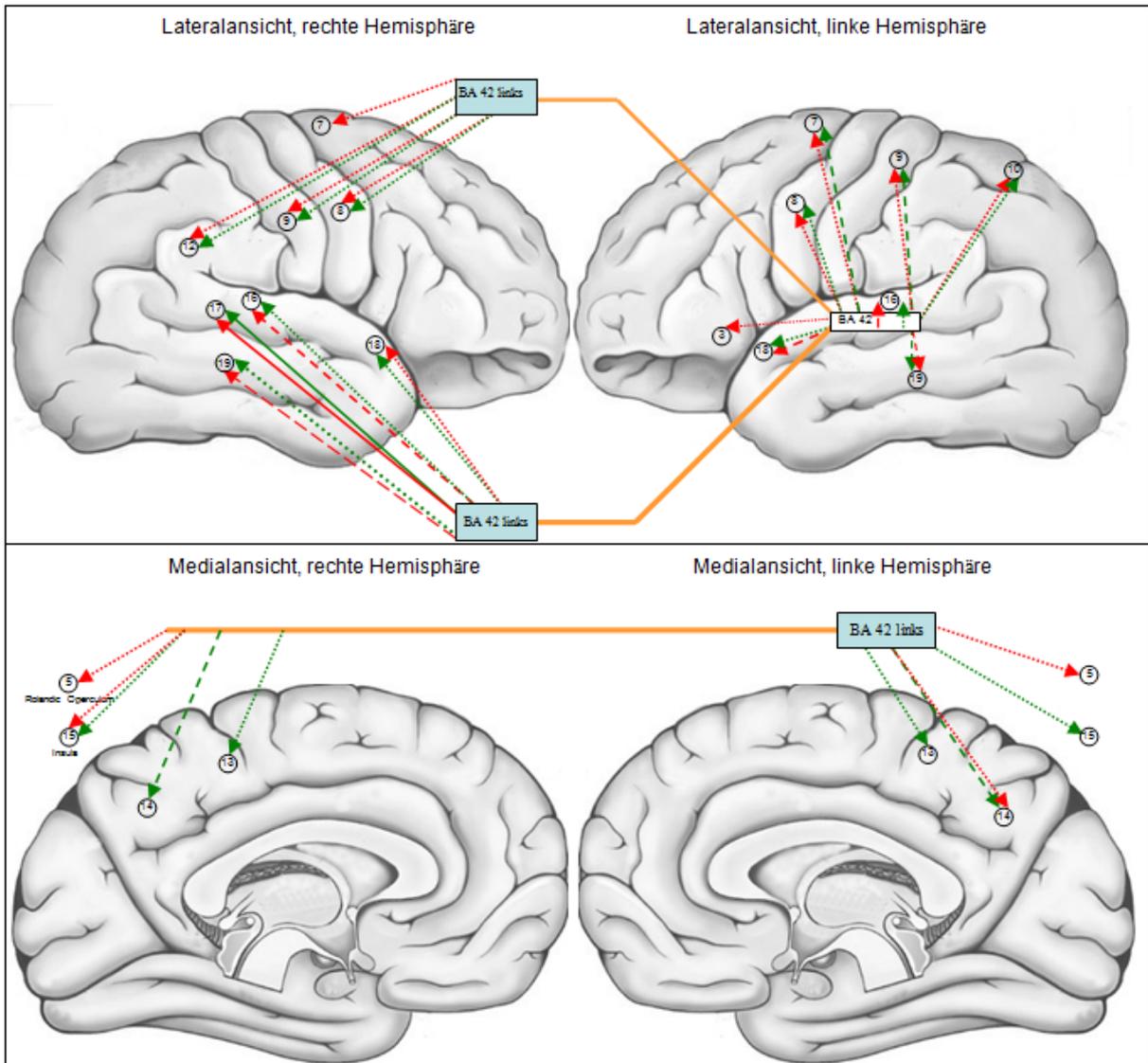


Abb. 9: Visualisierung der starken funktionellen Konnektivität der linken BA 42 unter auditivem und visuellem Versuchsablauf. Für die linke BA 42 werden die 20 stärksten aller 68 untersuchten funktionellen Konnektivitäten als Verlaufsbahnen anhand der Lateralansicht (obere Reihe) sowie Medialansicht (untere Reihe) beider Großhirnhemisphären für beide Versuchsabläufe abgebildet. Die 20 Zielregionen eines jeweiligen Versuchsablaufes wurden in drei Stärkestufen eingeteilt. Die Einstufung richtet sich danach, ob sich die Konnektivität einer jeweiligen Zielregion im oberen (auditiv: $\geq 0,726$, visuell: $\geq 0,601$), mittleren (auditiv: $\geq 0,664$, visuell: $\geq 0,555$) oder unteren (auditiv: $< 0,664$, visuell: $< 0,555$) Drittel der Differenz zwischen der stärksten und der 20. stärksten konnektierten Zielregion befindet. Für Zielregionen, die sich im oberen Drittel befinden, wird die Verlaufsbahn als durchgängige Linie dargestellt. Für Zielregionen im mittleren Drittel als gestrichelte und für Zielregionen im unteren Drittel als gepunktete Linie. Die Verlaufsbahnen spezifisch für den auditiven Versuchsablauf sind rot und spezifisch für den visuellen Versuchsablauf grün. Die Verlaufsbahnen zu den Zielregionen, die weder in der Lateral- noch in der Medialansicht abgebildet werden können, werden in der Medialansicht außerhalb der Gehirnrinde aufgetragen (Insula und rolandisches Operculum). Zur Abbildung der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu kontralateral befindlichen Zielregionen werden kreuzende Schenkel (orange) verwendet. 1: G. frontalis medius; 2: G. frontalis inferior, Pars orbitalis; 3: G. frontalis inferior, Pars triangularis; 4: G. frontalis inferior, Pars opercularis; 5: Rolandisches Operculum; 6: G. rectus; 7: Supplementärmotorisches Areal (SMA); 8: G. precentralis; 9: G. postcentralis; 10: G. parietalis superior; 11: G. parietalis inferior; 12: G. supramarginalis; 13: Lobulus paracentralis; 14: Precuneus; 15: Insula; 16: Heschl(-Querwindungen); 17: G. temporalis superior; 18: G. temporalis superior, Polus temporalis; 19: G. temporalis medius; 20: G. temporalis medius, Polus temporalis; 21: G. temporalis inferior; 22: G. occipitalis inferior; 23: Calcarinische Region

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen zur funktionellen Konnektivität beider BA 42 unter beiden Versuchsabläufen lassen sich wie folgt zusammenfassen. Eine vollständige Darstellung findet sich in den Abb. 8 und 9.

Die stärkste funktionelle Konnektivität besteht zum jeweils gegenseitigen G. temporalis superior. Die zweitstärkste funktionelle Konnektivität besteht jeweils zum linksseitigen G. temporalis medius. Die anatomischen Zielregionen der oberen und mittleren Windung der Temporallappen (beidseitige Regionen von G. temporalis medius, Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior) fallen sowohl im auditiven als auch im visuellen Versuchsablauf unter die stärksten funktionellen Verbindungen. Dieser Nachweis von starken temporo-temporalen Konnektivitäten beider BA 42 lässt ein lokoregionales Konnektivitätsmuster mit hoher interhemisphärischer Konnektivität vermuten. Daneben sind auch lappenübergreifend starke temporo-frontale und temporo-parietale Konnektivitäten beider BA 42 feststellbar. Zunächst ist eine starke funktionelle Konnektivität zum linksseitigen SMA und zum linksseitigen G. precentralis aus den Frontallappen identifizierbar. Dieser Nachweis an starken temporo-frontalen Konnektivitäten kann Ausdruck für eine funktionelle Einbindung zwischen beiden BA 42 und dem Motorkortex unter beiden Versuchsabläufen sein. Weiterhin ist eine starke funktionelle Konnektivität zu den beidseitigen G. postcentrales sowie zur linksseitigen Precuneus aus den Parietallappen vorhanden. Dieser Nachweis an starken temporo-parietalen Konnektivitäten kann als Ausdruck von funktioneller Einbindung beider BA 42 zu multiplen Arealen der Parietallappen beider Hemisphären unter beiden Versuchsabläufen gewertet werden. Der Nachweis an starken funktionellen Einbindungen zu Zielregionen der Temporal-, Frontal- und Parietallappen lässt die Annahme zu, dass die Verarbeitung von passiv dargebotenen auditiven und visuellen Einzelwörtern zu einer ausgedehnten Interaktion beider BA 42 in einem Netzwerk mit anderen weit voneinander verbreitenden Regionen führt.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen für beide BA 42 spezifisch für den auditiven Versuchsablauf folgende Feststellungen zu.

Lediglich im auditiven Versuchsablauf kann beider BA 42 eine starke temporo-frontale Konnektivität zum linksseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior anerkannt werden. Diese spezifisch für den auditiven Versuchsablauf nachweisbare funktionelle Einbindung zu einem Anteil des präfrontalen Kortex lässt die Vermutung aufkommen, dass dieses Areal eine Funktion in der auditiven Sprachwahrnehmung besitzt. Schließlich nimmt unter dem

auditiven Versuchsablauf der Anteil an temporo-frontalen Konnektivitäten unter den 20 stärksten Konnektivitäten zu.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen für beide BA 42 spezifisch für den visuellen Versuchsablauf folgende Feststellungen zu.

Lediglich im visuellen Versuchsablauf besitzen beide BA 42 eine starke temporo-parietale Konnektivität zum beidseitigen Lobulus paracentralis sowie zur rechtsseitigen Precuneus aus den Parietallappen. Somit nimmt unter dem visuellen Versuchsablauf der Anteil an temporo-parietalen Konnektivitäten unter den 20 stärksten Konnektivitäten zu.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen spezifisch für die funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 folgende Erkenntnisse zu (siehe Abb. 8).

Einzig für die rechte BA 42 konnte eine starke temporo-okzipitale Konnektivität zur linksseitigen calcarinischen Region festgestellt werden, wobei diese auch nur unter dem visuellen Versuchsablauf bestand. Weiterhin konnte nur für die rechte BA 42 eine starke Konnektivität zum linksseitigen rolandischen Operculum unter dem visuellen Versuchsablauf festgestellt werden. Schließlich konnte lediglich in der Konnektivität der rechten BA 42 den beidseitigen Pars orbitalis der G. frontales inferiores und der rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior eine starke Konnektivität, wobei diese auch nur unter dem auditiven Versuchsablauf bestanden, zuerkannt werden. Letztlich ist im Gegensatz zur homologen BA 42 nicht nur unter Einem, sondern beiden Versuchsabläufen eine starke funktionelle Konnektivität zum rechtsseitigen SMA und zur linksseitigen Insula feststellbar.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen spezifisch für die funktionelle Konnektivität der linken BA 42 folgende Erkenntnisse zu (siehe Abb. 9).

Nur in der Konnektivität der linken BA 42 stoßen die rechtsseitige Insula, unter beiden Versuchsabläufen, und die rechtsseitige Region des rolandischen Operculums, unter dem auditivem Versuchsablauf, zu den starken funktionellen Konnektivitäten hinzu. Letztlich ist im Gegensatz zur homologen BA 42 nicht nur unter Einem, sondern beiden Versuchsabläufen eine starke funktionelle Konnektivität zum rechtsseitigen G. precentralis sowie G. supramarginalis und zum linksseitigen G. parietalis superior nachweisbar.

6.2 Zusammenfassung modalitätsabhängiger Konnektivität beider Brodmann Areae

42

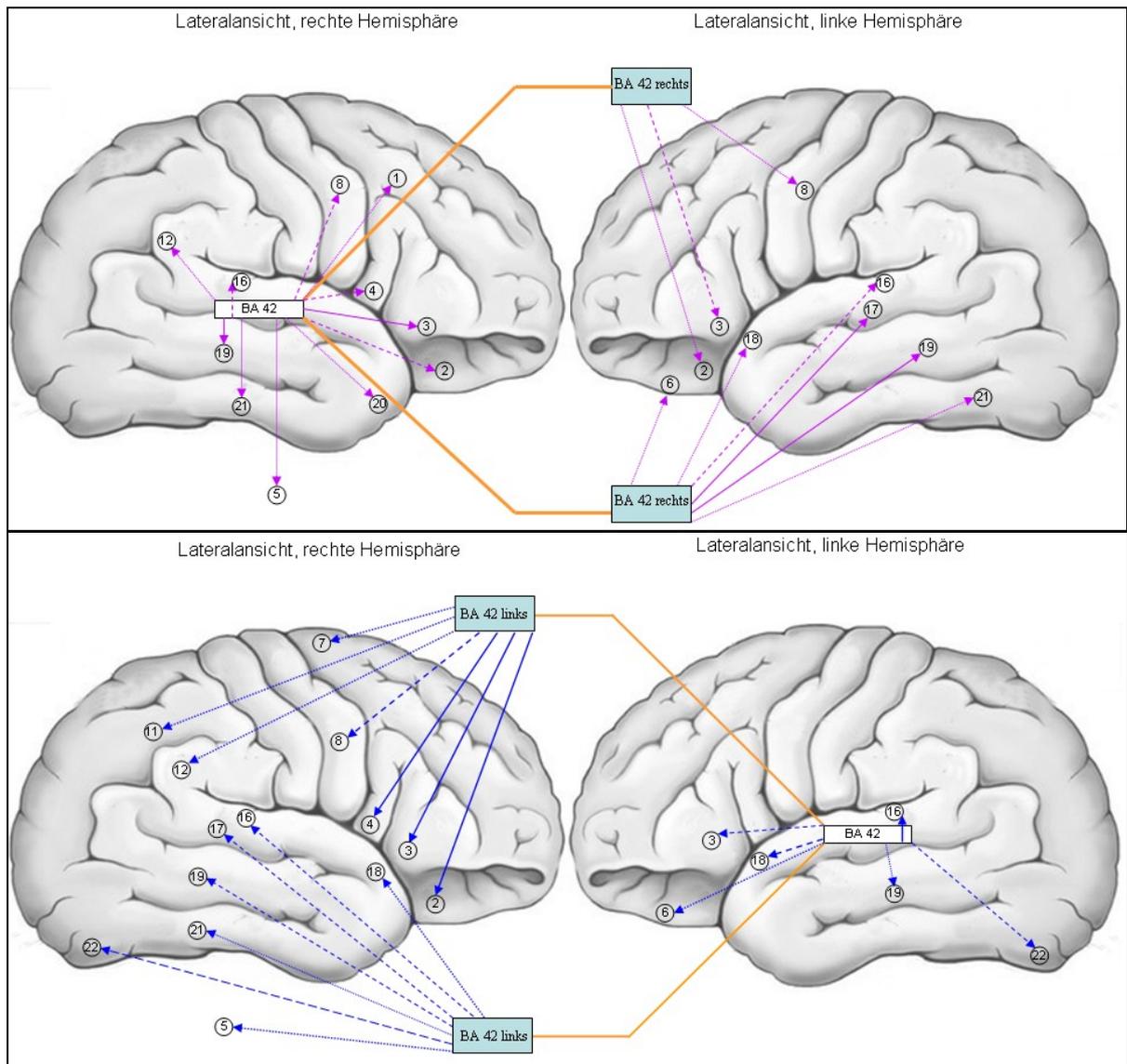


Abb. 10: Visualisierung der starken modalitätsabhängigen Konnektivität beider BA 42. Für die rechte BA 42 (obere Reihe) und linke BA 42 (untere Reihe) werden die 20 aller 68 untersuchten Zielregionen mit dem größten Unterschied in der funktionellen Konnektivität zwischen beiden Versuchsabläufen als Verlaufsbahnen anhand der Lateralansicht beider Großhirnhemisphären abgebildet. Diese 20 Zielregionen wurden getrennt in 3 Stärkestufen eingeteilt. Die Einstufung richtet sich danach, ob sich der Unterschied in der Konnektivität beider Versuchsabläufe einer jeweiligen Zielregion im oberen (BA 42 rechts: $\geq 0,161$; BA 42 links: $\geq 0,152$), mittleren (BA 42 rechts: $\geq 0,120$; BA 42 links: $\geq 0,127$) oder unteren (BA 42 rechts: $< 0,120$; BA 42 links: $< 0,127$) Drittel der Differenz zwischen der stärksten und der 20 stärksten modalitätsabhängigen Zielregion befindet. Für Zielregionen, die sich im oberen Drittel befinden, wird die Verlaufsbahn als durchgängige Linie dargestellt. Für Zielregionen im mittleren Drittel als gestrichelte und für Zielregionen im unteren Drittel als gepunktete Linie. Die Verlaufsbahnen spezifisch für die rechte BA 42 sind lila und spezifisch für die linke BA 42 blau. Die Verlaufsbahnen zu den Zielregionen, die nicht in der Lateralansicht abgebildet werden konnten, werden außerhalb der Hirnrinde aufgetragen (Rolandisches Operculum). Die sich zur entsprechenden BA 42 kontralateral befindlichen Zielregionen werden durch kreuzende Schenkel (orange) dargestellt. 1: G. frontalis medius; 2: G. frontalis inferior, Pars orbitalis; 3: G. frontalis inferior, Pars triangularis; 4: G. frontalis inferior, Pars opercularis; 5: Rolandisches Operculum; 6: G. rectus; 7: Supplementärmotorisches Areal; 8: G. precentralis; 9: G. postcentralis; 10: G. parietalis superior; 11: G. parietalis inferior; 12: G. supramarginalis; 13: Lobulus paracentralis; 14: Precuneus; 15: Insula; 16: Heschl(-Querwindungen); 17: G. temporalis superior; 18: G. temporalis superior, Polus temporalis; 19: G. temporalis medius; 20: G. temporalis medius, Polus temporalis; 21: G. temporalis inferior; 22: G. occipitalis inferior; 23: Calcarinische Region

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen für beide BA 42 folgende modalitätsabhängige Feststellungen zu. Eine graphische Darstellung erfolgt in der Abb. 10. Im Folgenden ist mit Modalitätsabhängigkeit jeweils eine stärkere funktionelle Konnektivität im auditiven Versuchsablauf gemeint.

Der stärkste modalitätsabhängige Unterschied in der funktionellen Konnektivität besteht jeweils zur rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior. Die anatomischen Zielregionen der oberen, mittleren und unteren Windung der Temporallappen (die beidseitigen Regionen von G. temporalis medius und Heschl, linksseitiger Polus temporalis des G. temporalis superior und rechtsseitiger G. temporalis inferior) besitzen in der Konnektivität beider BA 42 eine starke modalitätsabhängige Konnektivität. Dieser Nachweis von starken modalitätsabhängigen temporo-temporalen Konnektivitäten lässt eine stärkere Ausprägung des lokoregionalen Konnektivitätsmuster beider BA 42 im auditiven Versuchsablauf vermuten. Daneben sind auch lappenübergreifend starke modalitätsabhängige temporo-frontale und temporo-parietale Konnektivitäten beider BA 42 feststellbar. Zunächst ist eine starke modalitätsabhängige Konnektivität zu allen drei Anteilen (Pars orbitalis, triangularis und opercularis) des rechtsseitigen G. frontalis inferior, zum rechtsseitigen G. precentralis – einem Anteil des Motorkortex - und zum linksseitigen triangulären Anteil des G. frontalis inferior – einem Anteil der Broca-Area – feststellbar. Darüber hinaus ist weiterhin eine starke Modalitätsabhängigkeit zum rechtsseitigen rolandischen Operculum und zum linksseitigen G. rectus aus den Frontallappen feststellbar. Dieser Nachweis an starken modalitätsabhängigen temporo-frontalen Konnektivitäten kann als Ausdruck für eine funktionelle Einbindung beider BA 42 zu den Frontallappen unter auditiver Sprachwahrnehmung gedeutet werden. Schließlich ist eine starke modalitätsabhängige Konnektivität zum rechtsseitigen G. supramarginalis aus den Parietallappen vorhanden.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen spezifisch für die rechte BA 42 folgende modalitätsabhängige Erkenntnisse zu (siehe Abb. 10).

Für die rechte BA 42 konnte zusätzlich eine starke modalitätsabhängige temporo-frontale Konnektivität zum linksseitigen G. precentralis – einem Anteil des Motorkortex -, zum Pars orbitalis des linksseitigen G. frontalis inferior und zum rechtsseitigen G. frontalis medius festgestellt werden. Weiterhin lag für die rechte BA 42 ferner eine starke modalitätsabhängige temporo-temporale Konnektivität zu den linksseitigen G. temporalis superior sowie G. temporalis inferior und zum rechtsseitigen Pol des G. temporalis medius vor.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen spezifisch für die linke BA 42 folgende modalitätsabhängige Erkenntnisse aufkommen (siehe Abb. 10).

Einzig für die linke BA 42 konnten starke modalitätsabhängige temporo-okzipitale Konnektivitäten zu den beidseitigen G. occipitales inferiores aufgezeigt werden. Dies könnte als Nachweis von auditorisch okzipitalen Aktivitäten – im Englischen *auditory occipital activations* (AOAs) – gedeutet werden. Weiterhin lag nur für die linke BA 42 zusätzlich eine starke modalitätsabhängige temporo-frontale Konnektivität zum rechtsseitigen SMA sowie modalitätsabhängige temporo-parietale Konnektivität zum linksseitigen G. parietalis inferior vor. Schließlich konnten zusätzliche starke modalitätsabhängige temporo-temporale Konnektivitäten zum rechtsseitigen G. temporalis superior sowie zu dessen Pol in unseren Untersuchungen aufgezeigt werden.

7 Diskussion

In den Kapiteln 7.1 und 7.2 werden die festgestellten funktionellen Verbindungen mit der aktuellen Literatur in Zusammenhang gesetzt. In Kapitel 7.1 werden dabei die aus Kapitel 6.1 hervorgehenden Erkenntnisse mit der aktuellen Literatur verglichen. Analog befasst sich Kapitel 7.2 mit dem Vergleich zwischen den aus Kapitel 6.2 hervorgehenden Erkenntnissen und anderen Vergleichsarbeiten. Beide Kapitel sind in lappenspezifische Abschnitte und einem lappenübergreifenden Abschnitt unterteilt.

In Kapitel 7.3 findet eine kritische Beurteilung der Methodik statt.

7.1 Starke funktionelle Konnektivitäten beider Brodmann Areae 42

7.1.1 Temporo-frontale Konnektivität

Die unabhängig von der Art des sprachlichen Stimulus bestehende starke temporo-frontale Konnektivität beider BA 42 zum Motorkortex (linksseitiges SMA und linksseitiger G. precentralis) sind bereits im Jahr 1996 von der Arbeitsgruppe um Price – dort nur für die auditive Modalität, sowie unter einer komplexeren Aufgabenmodalität – gezeigt worden (46). Sie zeigten anhand einer Arbeit mittels Aktivitätssubtraktion die Rolle des sensomotorischen Kortex sowie der SMA bei Sprachausgabe. Die Aktivität des sensomotorischen Kortex wurde mit der für die Artikulation erforderlichen Muskelaktivität des Sprachapparates sowie der Atmungskontrolle (47) begründet. Die Aktivität des SMA wurde durch Price mit der bereits in älteren Läsionsstudien (48, 49) postulierten Mitbeteiligung dieses Areals bei der Sprachinitiation erklärt. Wilson et al. (2) konnten im Jahr 2004 anhand ihrer funktionellen Untersuchungen, die von Liberman et al. (1) postulierte Motortheorie der Sprachwahrnehmung, nach welcher das Hören eines Sprachlautes nicht nur Mechanismen zur Wahrnehmung dieses Lautes sondern auch das Motorsystem aktiviert, bestätigen. Die Arbeitsgruppe stellte in fMRT Untersuchungen an zehn Probanden die Gehirnaktivität unter passivem Hören von bedeutungslosen Silben und dem Nachsprechen jener gegenüber und konnte eine große Überlappung an aktivierten Gehirnregionen innerhalb der G. precentales sowie um die Sulci centralis feststellen. Die Arbeitsgruppe interpretierten die überlappenden motorischen Areale als weitere Evidenz, dass mithilfe der Rekrutierung des motorischen Systems eine Modulation des akustischen Informationseinganges erfolgt. Des Weiteren beschrieben Watkins et al. (50) in ihren Untersuchungen zur Motortheorie der Sprachwahrnehmung eine Seitendominanz für die linke Hemisphäre. In dieser Arbeit jedoch konnte auch der rechten BA 42 eine starke Konnektivität zum rechtsseitigen SMA, sowie der linken BA 42 eine starke Konnektivität zum rechtsseitigen G. precentralis zugeordnet werden.

7.1.2 Temporo-parietale Konnektivität

Die Ergebnisse dieser Arbeit weisen für beide BA 42 auf eine starke bilaterale Konnektivität zu den G. postcentrales bei passivem Lesen sowie Hören von Einzelwörtern. Die bisherigen Neuroimaging Untersuchungen zu diesem Thema haben lediglich eine Aktivität der bilateralen G. postcentrales unter Sprachproduktion zeigen können. Wie in dem Review von Price et al. (4) beschrieben, bringen zwei neue Arbeiten die bilaterale Aktivierung der G.

postcentralis mit der Funktion einer somatosensorischen Rückkopplungs- und Kontrollschleife unter Sprachproduktion in Verbindung (3, 5). Im Jahr 2006 versuchten Pulvermüller et al. (26) anhand von fMRT Untersuchungen festzustellen, ob die alleinige passive auditive Präsentation von Phonemen, die durch die Artikulation von Lippe und Zunge zustande kommen, zu einer Aktivierung von korrespondierenden somatosensorischen und somatomotorischen Hirnregionen führt. Sie konnten dabei zwar für den G. precentralis aber nicht für den G. postcentralis eine signifikante durch Sprachwahrnehmung evozierte Aktivierung feststellen.

Zukünftig können weiterführende Untersuchungen mit eingegrenzten Versuchsabläufen der Frage nachgehen, ob die alleinige Sprachwahrnehmung zu somatosensorischer Sensibilisierung führt. Komplementäre Untersuchungen wie zum Beispiel die Traktografie mittels diffusionsgewichteter Magnetresonanztomographie können mit den Ergebnissen aus funktionellen Konnektivitätsuntersuchungen gegenübergestellt werden. Die Traktografie ist dabei eine Methode zur Untersuchung anatomischer Verbindungen anhand von Faserbahnen entlang der weißen Substanz (51).

7.1.3 Temporo-temporale Konnektivität

Interhemisphärische Konnektivität:

Die funktionelle Konnektivität beider BA 42 ist sowohl unter dem auditiven als auch unter dem visuellen Versuchsablauf zum gegenseitigen G. temporalis superior am Höchsten. Dies kann als Ausdruck einer hohen interhemisphärischen Konnektivität angesehen werden. Die Vermutung einer hohen interhemisphärischen Konnektivität bei normalgesunden Probanden steht im Einklang mit anderen vorangegangenen funktionellen Untersuchungen (24, 27) und kann entsprechend als Validierung der in dieser Arbeit gewählten voxel-basierten funktionellen Konnektivitätsanalyse angesehen werden. Ebenso zeigten vorangegangene Läsionsstudien (52, 53) sowie funktionelle Konnektivitätsuntersuchungen (54) die Signifikanz der bestehenden interhemisphärischen Konnektivität beider G. temporales superiores. Cordes et al. (24) zeigten in Ihrer Untersuchung, dass einzeln platzierte Ausgangsvoxel auf dem G. temporalis superior unter Ruhebedingung nur signifikante Konnektivität zum ipsi-, und kontralateralen auditiven Cortex aufwiesen. Gavrilescu et al. (27) verglichen die interhemisphärische Konnektivität des primär-, und sekundär auditiven Cortex unter

Ruhezustand sowie passiver auditiver Stimulierung zwischen drei Patientenkollektiven. Es handelte sich um ein gesundes Kollektiv, ein Kollektiv aus Schizophreniekranken mit aktuellen auditiven Halluzinationen, sowie ein weiteres Kollektiv aus Schizophreniekranken ohne aktuelle Anamnese auditiver Halluzinationen. Sie zeigten eine verminderte interhemisphärische Konnektivität der Schizophreniekranken mit akustischen Halluzinationen gegenüber den anderen Kollektiven. Bereits Geschwind (53) stellte in seinen Untersuchungen zu Diskonnektions-Syndromen aus dem Jahre 1965 eine Hypothese bezüglich der Signifikanz interhemisphärischer Verbindungen auf. Er vermutete, dass auch die isolierte Unterbrechung von transkallosalen auditiven Projektionen zwischen den bilateralen G. temporales superiores zum klinischen Bild der Worttaubheit führen kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit weisen somit bei normalgesunden Probanden nicht nur für den auditiven, sondern zusätzlich auch für den visuellen Versuchsablauf auf eine hohe interhemisphärische Konnektivität von Anteilen beider G. temporales superiores hin.

Lokoregionales Konnektivitätsmuster:

Die Überschneidungen an hoher funktioneller Konnektivität beider BA 42 sowohl unter dem auditiven als auch unter dem visuellen Versuchsablauf zu anatomischen Zielregionen der oberen und mittleren Windungen beider Temporallappen (beidseitige Regionen von G. temporalis medius, Heschl und Polus temporalis des G. temporalis superior) erlauben die Annahme eines lokoregionalen Konnektivitätsmusters beider BA 42. Diese Feststellung deckt sich mit funktionellen Untersuchungen zu passivem Hören von Tönen und Sprache (21, 32). Ebenfalls decken sich diese Ergebnisse mit Arbeiten zu leisem und lautem Lesen von Wörtern (46, 55) sowie lautem Lesen von Einzelwörtern (25). Mummery et al. (32) verglichen im Jahr 1999 anhand einer PET Untersuchung passive auditive Verarbeitung von Wörtern mit sprachfremden Geräuschen. Sie räumten dem vorderen und hinteren Anteil beider G. temporales superiores sowie den beidseitigen Heschl, Sulci temporales superiores und G. temporales medii eine gesteigerte Aktivität ein. Turkeltaub et al. (25) konnten im Jahr 2002 in einer fMRT Untersuchung anhand von 32 Probanden den oberen und unteren Windungen der Temporallappen eine signifikante Aktivität unter lautem Lesen von einsilbigen Wörtern gegenüber einem kontrollierten Ausgangszustand zuordnen. Die Ergebnisse dieser Arbeit belegen zusätzlich, dass die alleinige passive visuelle oder auditive Einzelwort-Wahrnehmung zu einer funktionellen Einbindung der BA 42 mit benachbarten Regionen beider

Temporallappen führt. Letztendlich fasste erstmals die Gruppe um Demonet in den Jahren 1992 und 1994 in ihren PET-Untersuchungen zusammen, dass die bilateralen Gyri temporales superioreres in die pre-lexikale Verarbeitung eingebunden sind, wohingegen die linksseitigen Regionen der mittleren und unteren Windung des G. temporalis in semantische Prozesse eingebunden zu sein scheinen (56, 57). Die Links-Lateralisation des semantischen Systems hat sich seitdem in der Wissenschaft zunehmend etabliert (6). Diese Arbeit hingegen trennte nicht in ihrem Versuchsaufbau systematisch pre-lexikale von semantischer Verarbeitung und konnte keine Seitendominanz feststellen.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit deuten somit nicht nur für den auditiven sondern zusätzlich auch für den visuellen Versuchsablauf auf ein bilaterales lokoregionales Konnektivitätsmuster beider BA 42 hin.

7.1.4 Temporo-okzipitale Konnektivität

Bei Betrachtung der temporo-okzipitalen Konnektivität konnte für beide BA 42 und Versuchsabläufe festgestellt werden, dass die Konnektivität jeweils zur linksseitigen calcarinischen Region am Höchsten war. Es konnte jedoch einzig im visuellen Versuchsablauf und für die rechte BA 42 eine starke funktionelle Konnektivität zur linksseitigen calcarinischen Region festgestellt werden.

Eckert et al. (58) führten im Jahr 2008 eine funktionelle Konnektivitätsuntersuchung an 32 Probanden durch, um das Vorhandensein eines neuronalen Netzwerkes zwischen primär auditivem Cortex und dem primär visuellen Cortex zu untersuchen. Die fMRT Untersuchung sowie eine darauffolgende Independent Component Analyse bestätigten eine starke Konnektivität zwischen der medialen Heschl und den anterioren Anteilen der calcarinischen Region unter Ruhebedingungen. Diese Feststellung kann durch unsere Daten auch für die der Heschl lateral benachbarten BA 42 bestätigt werden, aber relativieren die Signifikanz dieser Konnektivität in Anbetracht der restlichen bestehenden stärkeren funktionellen Konnektivitäten der BA 42. Die weitere Feststellung, dass visuelle Aufgaben zu einer Verminderung der funktionellen Konnektivität zwischen primärem auditivem und visuellem Kortex führen, steht jedoch nur bedingt im Einklang mit unseren Ergebnissen. Zwar belegen unsere Daten, dass die funktionelle Konnektivität der BA 42 unter visuellem Versuchsablauf allgemein abfällt, aber die funktionelle Konnektivität beider BA 42 nimmt zur beidseitigen

calcarinischen Region in geringerem Maße ab als zur Mehrheit der Regionen innerhalb der Frontal-, Parietal-, und Temporallappen.

7.1.5 Lappenübergreifende Betrachtung

Die Ergebnisse dieser Arbeit zur Untersuchung von Einzelwort-Wahrnehmung anhand der funktionellen Konnektivität beider BA 42 weisen neben einer lokoregionalen Einbindung zusätzlich auf eine lappenübergreifend starke funktionelle Einbindung zu Regionen der Frontal-, und Parietallappen hin. Diese lappenübergreifend starke Einbindung ist unabhängig von der untersuchten Modalität der Einzelwort-Wahrnehmung.

Zahlreiche Arbeitsgruppen, die sich hingegen mit dem Aspekt des Sprachverständnisses beschäftigt haben, kommen ebenfalls zur Annahme einer weitverbreiteten Gehirnaktivität in frontalen, parietalen und temporalen Gehirnregionen (10, 22, 59). Diese Arbeitsgruppen sind sich jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht schlüssig, ob diese Aktivitätsmuster als Ausdruck der Integration bzw. Anschluss von unimodalen oder amodalen Sprachstimuli in das semantische Verarbeitungssystem zu interpretieren sind (22).

Die Gegenüberstellung unserer Ergebnisse zur sprachlichen Einzelwortverarbeitung mit der großen fMRT und PET Meta-Analyse von Binder et al. (6) bezüglich eines gemeinsamen semantischen Systems bei Lese- und Höraufgaben kann – abhängig von dem Anteil an Überschneidungen, Ausschluss darüber geben, ob oder inwiefern eine passive sprachliche Reizverarbeitung bereits auf Ebene der BA 42 zu funktioneller Einbindung zu bekannten semantischen Regionen führt. Unter Verwendung einer „*estimated likelihood estimate*“ Technik identifizierte die Gruppe um Binder ein linkslateralisiertes semantisches Netzwerk. Bei diesen sieben linksseitigen Regionen handelt es sich um den G. temporalis medius, posterioren G. cinguli mit angrenzendem ventralen Precuneus, G. frontalis inferior, G. parietalis inferior unter Zuzählung des G. angularis sowie G. supramarginalis, den G. fusiformis und G. parahippocampalis, die Region aus dorsomedialem präfrontalem Kortex sowie um die Region um den ventromedialen präfrontale Kortex. Nur für die Minderheit der genannten Regionen, nämlich für den G. temporalis medius sowie für die Precuneus, konnte in unserer Arbeit eine starke Konnektivität beider BA 42 für passives Hören und Lesen festgestellt werden. Der geringe Anteil an Überschneidungen lässt die Annahme aufkommen,

dass auf Ebene der BA 42 nicht bereits zu allen semantischen Regionen eine funktionelle Einbindung erfolgt.

Die hohen Überschneidungen an starken funktionellen Konnektivitäten beider BA 42 trotz unterschiedlicher Wahrnehmungsmodalitäten können im Sinne gemeinsamer konvergierender funktioneller Bahnen auf dem Weg von den primär sensorischen Systemen des visuellen und auditiven Systemen zu den für die Verarbeitung von Wörtern bedeutenden semantischen Regionen gedeutet werden. Im Jahr 2003 konnten Poremba et al. (60) in ihren Neuroimaging Untersuchungen an Primaten eine Konvergenz von auditiven und visuellen Bahnen zum G. parietalis inferior, Sulcus temporalis superior, G. temporalis medius und zum präfrontalen Kortex feststellen. Im Jahr 2006 führten Spitsyna et al. (61) an elf gesunden Probanden PET Untersuchungen durch, um die konvergierenden Regionen der unterschiedlichen sensorischen Bahnen bei der Sprachprozessierung aufzufinden. Sie verglichen dabei die Gehirnaktivität zwischen gehörten und gelesenen Texten mit unverständlichen gehörten und gelesenen Texten und registrierten nur bei Verarbeitung von verständlicher Sprache eine Aktivierung in den linksseitigen Regionen von Sulcus temporalis superior, Planum temporale, G. fusiformis und in der posterioren Kreuzungsstelle der Temporal-, Parietal- und Okzipitallappen. Die in unserer Arbeit für die beiden erstgenannten Regionen bestehende starke Konnektivität beider BA 42 erlauben die Vermutung, dass beide BA 42, als ein unmittelbar dem primär akustischen Zentrum nachgeschaltetes Assoziationsareal (16), bereits in die Konvergenz der getrennten sensorischen Systeme von auditiver und visuell präsentierten Einzelwörtern funktionell eingebunden sein könnten. Unterstützung findet diese Vermutung durch die in dieser Arbeit auch im visuellen Versuchsablauf bestehenden starken Konnektivitäten der BA 42. Um jedoch mehr Klarheit bezüglich einer Einbindung der BA 42 in die konvergierenden Bahnen der auditiven und visuellen Sprachwahrnehmung sowie in das semantische System zu erhalten, müssten in einer Folgearbeit der Versuchsaufbau dahingehend verändert werden, dass im verwendeten Sprachpool keine Pseudowörter ohne semantischen Zugang Verwendung finden.

Ein anderer Erklärungsansatz für die bimodale starke Konnektivität der BA 42 wurde im Jahr 2009 von der Gruppe um Hickok im Bezug auf ihren funktionellen Untersuchungen der temporoparietalen Region postuliert (62). Sie stellten die Vermutung auf, dass die untersuchende Region aus verschiedenen funktionell differenzierten Zellpopulationen bestehen könnte und somit unausweichlich für unterschiedliche Modalitäten funktionelle

Antworten feststellbar sind. Eine weiterführende Untersuchung unserer Daten – diesmal jedoch auf Ebene der einzelnen Ausgangsvoxel einer BA 42 - würde durch eine funktionelle Differenzierung der BA 42 einen Erkenntnisgewinn bringen.

Letztendlich könnten die überlappend starken Konnektivitäten der BA 42 für beide Einzelwortmodalitäten auch partiell durch die Theorie eines Default Netzwerkes erklärt werden (63, 64). Im Widerspruch dazu steht der Versuchsaufbau dieser Arbeit, der den Probanden zwei atypische Eigenschaften eines Default Netzwerkes abverlangt. In beiden Versuchsabläufen wurde die Aufmerksamkeit der Probanden benötigt und zielgerichtete Aufgaben vorgegeben.

7.2 Modalitätsabhängige Konnektivität beider Brodmann Areae 42

7.2.1 Lappenübergreifende Betrachtung

Die Ergebnisse dieser bimodalen Arbeit zur Untersuchung von Einzelwort-Wahrnehmung anhand der Gegenüberstellung der funktionellen Konnektivität beider BA 42 zwischen auditivem und visuellem Versuchsablauf weisen auf eine von der Modalität der Einzelwortperzeption abhängige Konnektivität hin. Dabei besitzen - bis auf wenige Ausnahmen in der Konnektivität der rechten BA 42 – alle Zielregionen eine höhere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf.

Creutzfeld et al. (65) stellten bereits 1989 die Vermutung auf, dass der primär auditive Kortex sowie die restlichen auf dem G. temporalis superior gelegenen Regionen, einschließlich der BA 42, als unimodale auditive Region anzusehen sind. Seltzer et al. (66) konnten für die der BA 42 morphologisch lateral und dorsal benachbarten G. temporales mediales und Sulci temporales superiores eine polymodale Funktion zusprechen, die neben auditiven Projektionen auch somatosensible und visuelle Projektionen enthält. Price et al. (4) fassten 2012 in ihrem Review zusammen, dass keine der mit auditiver Sprachverarbeitung assoziierten Regionen ausschließlich eine Aktivität unter dem auditiven Versuchsablauf aufwiesen. Im gleichen Sinne wie Price sind unsere Ergebnisse bezüglich der stärkeren Konnektivität der BA 42 im auditiven Versuchsablauf zu interpretieren. Die BA 42 scheint in der auditiven Verarbeitung von Einzelwörtern eine stärkere Einbindung zu den Regionen zu besitzen, dennoch sind auch Einbindungen im visuellen Versuchsablauf feststellbar. Die Ergebnisse ähneln sich mit den Ergebnissen der fMRT Untersuchung von Booth et al., 2002 (67). Sie konnten in Ihren fMRT Untersuchungen zu lexikalischer Bewertung von gehörten und geschriebenen Wörtern nachweisen, dass eine deutlicher Anstieg der Aktivität des G. temporalis superior (BA 42, 22) bei auditiver Sprachpräsentation erfolgt.

Eine Untersuchung unserer Ergebnisse auf Ebene der Ausgangsvoxel könnte einen Erkenntnisgewinn darüber geben, ob sich die stärkere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf für die ganze Region der BA 42 feststellen oder sich die BA 42 in funktionell unterschiedliche Regionen untergliedern lässt. Aus dieser Erkenntnis heraus könnte dann beurteilt werden, ob und inwiefern die BA 42 eine funktionell in unimodale und heteromodale Konnektivitäten untergliederte Region ist.

Die Modalitätsabhängigkeit der BA 42 fällt für die einzelnen Gehirnlappen unterschiedlich aus und wird in den Unterpunkten für jeden Gehirnlappen gesondert mit der aktuellen Literatur verglichen.

7.2.2 Modalitätsabhängige temporo-frontale Konnektivität

Die Ergebnisse dieser Arbeit zur Untersuchung von Einzelwortperzeption ergaben für beide BA 42 die größte modalitätsabhängige Veränderung der Konnektivität zur rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior. Dabei konnte eine starke Zunahme der funktionellen Konnektivität im auditiven Versuchsablauf festgestellt werden. Diese Erkenntnisse erlauben die Vermutung, dass die Konnektivität beider BA 42 zur rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior entweder essentiell für die auditive Einzelwort-Wahrnehmung sein oder negativ mit der visuellen Einzelwortverarbeitung in funktioneller Verbindung stehen muss. Bei Gegenüberstellung der funktionellen Konnektivität der rechts-, und linksseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior fällt auf, dass sowohl in der Konnektivität zur rechten als auch in der Konnektivität zur linken BA 42 der rechtsseitige Pars triangularis im visuellen Versuchsablauf eine deutlich gegenüber der linksseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior verminderte Konnektivität aufweist; sich jedoch die Konnektivität im auditiven Versuchsablauf nicht stark voneinander unterscheidet. In funktionellen Untersuchungen wurde der rechtsseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior (BA 45) bisher mit der syntaktischen Verarbeitung von Sprachverständnis in Verbindung gebracht (7-9). Die in unseren Experimenten verwendeten zweisilbigen Einzelwörter benötigten jedoch keiner syntaktischen Verarbeitung, so dass der Region eine supplementäre Funktion zugeteilt werden könnte.

Die in der Literatur für den linksseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior zugeteilten Aufgaben (68-70) würden, falls auf die rechte Seite reproduzierbar, einen Erklärungsansatz für die mit Abstand stärkste modalitätsabhängige Konnektivität beider BA 42 geben. Burton et al. (69) sowie Pedersen et al. (70) schlussfolgerten aus ihren Untersuchungen, dass der linksseitige Pars triangularis des G. frontalis inferior bei Segmentierung und in Speicherung im Arbeitsgedächtnis jeglichen Geräusches eine Aktivität aufwies. In einer Folgearbeit der Arbeitsgruppe um Burton et al. (68) aus dem Jahr 2005 konnte in einer fMRT-Untersuchung von visuell und auditiv präsentierten Paaren aus dreisilbigen Wörtern oder Pseudowörtern festgestellt werden, dass der ventrolaterale präfrontale Kortex, der sich zu einem Teil aus dem

Pars triangularis des G. frontalis inferior zusammensetzt, eine spezifische Aktivierung bei der Diskriminierung von Endkonsonanten aus einem Paar von Pseudowörtern aufweist. Die Arbeitsgruppe interpretierte diese Aufgaben-spezifische Aktivierung als weitere Evidenz, dass diese Region bei erhöhten Anforderungen an das auditive Arbeitsgedächtnisses und entsprechend bei der phonologischen Beurteilung von auditiv präsentierten Sprachlauten involviert sein könnte.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse zur temporo-frontalen Konnektivität beider BA 42 unter beiden Versuchsabläufen weist auf einen Zunahme der starken Konnektivitäten zu Arealen der G. frontales inferiores, wie bereits oben für den rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior beschrieben, sowie zu weiteren Anteilen der Motorkortices im auditiven Versuchsablauf hin. Zahlreiche kürzlich veröffentlichte Arbeiten haben, wie im Review von Price et al. (4) bezüglich der Erkenntnisse aus 20 Jahren fMRT und Neuroimaging Untersuchungen zusammengestellt, ebenfalls eine selektive Aktivierung von prämotorischen Regionen (71-74) bei auditiv eingeleiteter phonologischer Verarbeitung beschrieben. Ebenfalls wird eine Einbindung von motorischen Arealen bei auditiver Sprachwahrnehmung und Sprachproduktion, wie bereits obenstehend diskutiert, seit der im Jahr 1967 postulierten Motortheorie der Sprachwahrnehmung (1) vermutet. Inwiefern die stärkere Einbindung beider BA 42 zu motorischen Arealen unter auditiver gegenüber visueller Einzelwortverarbeitung zu interpretieren ist, bedarf weiterführenderer Untersuchungen.

Zusammenfassend beweist sich die temporo-frontale Konnektivität beider BA 42 aus unseren Ergebnissen sowie aus anderen Arbeiten als spezifisch für bestimmte Aspekte der auditiv präsentierten Sprachverarbeitung.

7.2.3 Modalitätsabhängige temporo-parietale Konnektivität

Wie aus dem Kapitel 6.1 hervorgeht, lässt sich eine Zunahme der starken temporo-parietalen Konnektivitäten beider BA 42 unter dem visuellen Versuchsablauf feststellen. Im visuellen Versuchsablauf stoßen die beidseitigen Lobuli paracentrales sowie die rechtsseitige Precuneus zu den starken Konnektivitäten beider BA 42 hinzu. Diese Erkenntnisse erlauben die Vermutung, dass die Konnektivität beider BA 42 zum Parietallappen entweder von größerer Bedeutung für die visuelle Einzelwort-Wahrnehmung sein muss oder die Konnektivität der anderen Gehirnlappen relativ weniger Bedeutung für die visuelle Einzelwortverarbeitung besitzen muss. Die Betrachtung der modalitätsabhängigen temporo-parietalen Konnektivitäten

jener Regionen bringt hierüber Aufschluss. Bei Betrachtung der modalitätsabhängigen Konnektivität der rechten und linken BA 42 fällt auf, dass unter sämtlichen 68 untersuchten Zielregionen der rechtsseitige Lobulus paracentralis den 52. respektive 44. Rang und der linksseitige Lobulus paracentralis den 42. respektive 66. Rang belegt. Ähnlich verhält es sich mit der rechtsseitigen Precuneus, die in der Konnektivität der rechten BA 42 den 65. Rang und in der Konnektivität der linken BA 42 den 64. Rang belegt. Somit ist die Verlagerung der starken funktionellen Konnektivitäten zum Parietallappen im visuellen Versuchsablauf dadurch zu interpretieren, dass diese Regionen relativ zu den Zielregionen aus dem Frontallappen eine geringe Abnahme ihrer funktionellen Konnektivität vom auditiven zum visuellen Versuchsablauf aufzeigen.

Innerhalb der Parietallappen kann einzig für den rechtsseitigen G. supramarginalis für beide BA 42 eine starke modalitätsabhängige Konnektivität zugunsten des auditiven Versuchsablaufes festgestellt werden. Unsere Feststellung für den rechtsseitigen G. supramarginalis ist mit Erkenntnissen anderer Arbeiten bezüglich der Funktion des rechtsseitigen G. supramarginalis vereinbar (10-12). Binder et al. (10) verglichen in einer fMRT Untersuchung an 30 gesunden Probanden die Gehirnaktivität unter auditiver Sprachaufgabe mit semantischer Komponente mit einer Tonhöhendiskriminierungsaufgabe, um spezifische sprachverarbeitende Hirnregionen zu identifizieren. Dabei konnte unter der Tonhöhendiskriminierungsaufgabe eine deutlich stärkere bilaterale Aktivierung der G. supramarginales festgestellt werden. Ebenso stellte sie, wie bereits von Zatorre und Samson (12) beschrieben, eine Lateralisation zugunsten des rechtsseitigen G. supramarginalis fest. Binder interpretierte diese Erkenntnisse als Evidenz dafür, dass der G. supramarginalis keine semantische Region darstellt und wie bereits von Paulesu et al. (11) postuliert, in allgemeine auditiven Kurzzeitgedächtnisaufgaben eingebunden zu sein scheint. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen die Hypothese aufkommen, dass beide BA 42 über eine funktionelle Einbindung zum rechtsseitigen G. supramarginalis Einfluss auf die Weiterleitung von auditiven Informationen an das Arbeitsgedächtnis nehmen.

Zusammenfassend ergibt die Untersuchung der modalitätsabhängigen temporo-parietalen Konnektivitäten, dass nur ein geringer Anteil an Zielregionen aus den Parietallappen unter den starken modalitätsabhängigen Konnektivitäten vertreten sind und somit im visuellen Versuchsablauf eine Verschiebung der starken Konnektivitäten zugunsten der Parietallappen stattfindet.

7.2.4 Modalitätsabhängige temporo-temporale Konnektivität

Die Ergebnisse dieser bimodalen Arbeit weisen für beide BA 42 auf zahlreiche von der Art des sprachlichen Stimulus abhängige funktionelle Konnektivitäten zum Temporallappen hin. Dabei liegt jeweils eine stärkere Konnektivität im auditiven Versuchsablauf vor. Diese Ergebnisse weisen somit auf eine stärkere Ausprägung des lokoregionalen Konnektivitätsmusters unter dem auditiven Versuchsablauf hin. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den von Mummery et al. (32) durchgeführten funktionellen MRT Untersuchungen. Sie konnten in ihren Untersuchungen unter passivem Hören oder Nachsprechen von Gehörtem eine signifikante bilaterale Aktivität der G. temporales superiores und medii nachweisen. Wir interpretieren diesen Befund als weitere Evidenz, dass die BA 42 in der auditiven Verarbeitung von Einzelwörtern stärker funktionell eingebunden ist als unter visueller Verarbeitung von Einzelwörtern.

7.2.5 Modalitätsabhängige temporo-okzipitale Konnektivität

Die Untersuchungen zur Modalitätsabhängigkeit ergaben lediglich für die linke BA 42 eine im auditiven Versuchsablauf starke Zunahme der temporo-okzipitalen Konnektivität zu den inferioren Anteilen beider Gyri occipitales. Eine funktionelle Konnektivität zwischen temporalen und okzipitalen Arealen unter auditivem Versuchsablauf wurde bereits in anderen Arbeitsgruppen an blinden (75) und normalsichtigen Probanden (76) festgestellt. Die Arbeiten sind sich dennoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht so schlüssig, unter welchen Modalitäten sowie Aufgabenstellungen eine auditorisch okzipitale Aktivität (AOA) zustande kommt. Cate et al. (76) wiesen nach, dass die auditorisch okzipitalen Aktivitäten (AOAs) aufmerksamkeitsabhängig und positiv korrelierend mit dem Schwierigkeitsgrad der Hör-Aufgaben sind und eine funktionelle Konnektivität nicht zum zentralen sondern peripheren visuellen Kortex vorliegt. Sie stellten die Hypothese auf, dass die funktionelle Verbindung zwischen visuellem Kortex durchweg bei Geräuschen außerhalb des Gesichtsfeldes vorliegen könne. Unsere vorliegenden Ergebnisse konnten diese funktionelle Einbindung nur für die linksseitige BA 42 unter passivem Hören von zweisilbigen Einzelwörtern nachweisen. Eine Untersuchung auf der Ebene der einzelnen Ausgangsvoxel beider BA 42 könnte das Vorhandensein von AOAs für beide BA 42 im Detail überprüfen.

7.3 Methodenkritik

Die funktionelle Konnektivität besitzt keine richtungsanzeigende Funktion und beschreibt lediglich das Ausmaß der Korrelation zwischen zwei räumlich entfernten Regionen (20). Unterstützende Untersuchungsmethoden unter Berücksichtigung des Verlaufs der Faserverbindungen sind daher notwendig, um festgestellte neuronale Netzwerke zu erhärten.

Zur Auswertung der funktionellen Konnektivität der gesamten BA 42 musste die detaillierte Darstellung der Einzelkonnektivitäten jedes einzelnen Ausgangsvoxels verlassen werden. Zunächst wurden nur die stärksten Voxelverbindungen eines Ausgangsvoxels berücksichtigt. Sie wurden als lokale Maxima definiert. Weiterhin erfolgte eine Mittelung der lokalen Maxima aller Ausgangsvoxel einer BA 42. Diese Entscheidung ging zugunsten einer allgemeinen Beurteilung der gesamten BA 42, jedoch auf Kosten der Untersuchung der funktionellen Differenzierung der BA 42.

Weiterhin wurde für die Definition von starken probandenübergreifenden funktionellen Konnektivitäten keine Grenzwelle bestimmt. Anstelle wurden die zwanzig stärksten Konnektivitäten einer Modalität automatisch als solche angesehen. Die sich daraus ergebenden Niveauunterschiede wurden zugunsten einer besseren Gegenüberstellung der funktionellen Konnektivität der zu untersuchenden Hirnregionen in Kauf genommen.

8 Schlussfolgerungen

Gemessen an der aktuellen Wissenslage bezüglich der funktionellen Konnektivität des auditiven Kortex und unter Berücksichtigung der Resultate dieser funktionellen Konnektivitätsanalyse, lässt sich die funktionelle Einbindung der BA 42 wie folgt zusammenfassen. Alleinstellungsmerkmal dieser Arbeit gegenüber der restlichen Literatur ist dabei, dass selektiv nur die funktionelle Konnektivität eines Anteils des sekundär auditiven Kortex, die zytoarchitektonisch der BA 42 entspricht, untersucht wurde.

Beide BA 42 sind in der Modulation von akustischen und visuellen Einzelwörtern funktionell in ein neuronales Netzwerk eingebunden. Dabei konnte für beide Modalitäten eine lokoregionale Einbindung innerhalb der Temporallappen sowie eine lappenübergreifende Einbindung zu den Frontal- und Parietallappen, jedoch weniger zu den Okzipitallappen nachgewiesen werden. Für beide Modalitäten der passiven Einzelwort-Wahrnehmung zeigt sich die höchste Konnektivität der BA 42 zum kontralateralen Gyrus temporalis superior. Dies legt eine hohe interhemisphärische Konnektivität nahe. Weiterhin zeigt sich für beide Modalitäten der passiven Einzelwort-Wahrnehmung eine hohe Konnektivität zu Anteilen des somatosensorischen (beidseitige G. postcentrales) und somatomotorischen Kortex (linksseitiges SMA und linksseitiger G. precentralis). Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen somit bereits auf Ebene der Sprachwahrnehmung und nicht erst auf Ebene der Sprachproduktion neben der Motortheorie der Sprachwahrnehmung (1, 2) ein somatosensorisches Äquivalent - Theorie einer somatosensorischen Rückkopplungs- und Kontrollschleife (3-5) - für beide Modalitäten vermuten. Schließlich stellt sich auch eine hohe Konnektivität zum linksseitigen G. temporalis medius und Precuneus, welche zu dem semantischen Wortverarbeitungssystem (6) zählen, heraus. Die Ergebnisse dieser Arbeit weisen somit auf eine Einbindung beider BA 42 zu Teilen des semantischen Wortverarbeitungssystems hin. Letztendlich legen die trotz unterschiedlicher Modalität hohen Überschneidungen an starken funktionellen Konnektivitäten beider BA 42 zu identischen Zielregionen nahe, dass beide BA 42, als ein unmittelbar dem primär akustischen Zentrum nachgeschaltetes Assoziationsareal (16), bereits in die Konvergierung der getrennten sensorischen Systeme (60) von auditiv und visuell präsentierten Einzelwörtern funktionell eingebunden sein könnten.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse aus beiden Modalitäten zeigt auf, dass beide BA 42 eine stärkere lokoregionale und lappenübergreifende Einbindung unter auditiver Einzelwort-

Wahrnehmung besitzen, wobei zu keiner Zielregion ausschließlich eine Aktivität unter der auditiven Modalität besteht. Die größte modalitätsabhängig abweichende Konnektivität mit höherer Konnektivität in der auditiven Modalität besteht für beide BA 42 zur rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior. Bisherige Untersuchungen bringen nur die linksseitige Partnerregion mit Speicherung und Segmentierung von akustischen Signalen in ein Arbeitsgedächtnis (68-70) und die rechtsseitige Pars triangularis mit der syntaktischen Verarbeitung von Sprachverständnis (7-9) in Verbindung. Die Ergebnisse dieser Arbeit plädieren somit für eine Erweiterung des Aufgabenspektrums der rechtsseitigen Pars triangularis des G. frontalis inferior um spezifische semantische Aufgaben bei passiver auditiver Einzelwortwahrnehmung und Verarbeitung. Weiterhin deuten die Ergebnisse für beide BA 42 auf die Tatsache hin, dass im Allgemeinen die Zielregionen der Parietallappen relativ zu den Zielregionen aus den Frontallappen und Temporallappen eine geringe Abnahme ihrer funktionellen Konnektivität vom auditiven zum visuellen Versuchsablauf verzeichnen. Schließlich lässt die unter auditiver Modalität stärkere funktionelle Einbindung beider BA 42 zum rechtsseitigen G. supramarginalis vermuten, dass beide BA 42 Einfluss auf das im Areal des G. supramarginalis assoziierte auditive Kurzzeitgedächtnis (10-12) nehmen. Letztendlich legen die Ergebnisse für die linke BA 42 eine funktionelle Einbindung des sekundär akustischen Kortex zu den inferioren Anteilen beider Gyri occipitales im Sinne auditorisch okzipitaler Aktivitäten (75, 76) nahe.

9 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Manuelle und elektronische Grenzziehung der BA 42 beider Seiten.....	13
Abb. 2: Laterale Ansicht der linken Großhirnhemisphäre mit Gliederung und Nummerierung aller Rindfelder nach Brodmann.....	14
Abb. 3: Anatomische MRT Schnittbilder mit abgesteckten Ausgangsvoxel eines Probanden	16
Abb. 4: Programmroutinen in der Programmiersprache C++ zur Berechnung der funktionellen Konnektivität.....	16
Abb. 5: Graphikfenster 1 des Programms Project1	19
Abb. 6: Graphikfenster 2 des Programms Project1.....	20
Abb. 7: Mathematische Formel zur Berechnung des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität.....	25
Abb. 8: Visualisierung der starken funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 unter auditivem und visuellem Versuchsablauf.....	116
Abb. 9: Visualisierung der starken funktionellen Konnektivität der linken BA 42 unter auditivem und visuellem Versuchsablauf.....	117
Abb. 10: Visualisierung der starken modalitätsabhängigen Konnektivität beider BA 42.....	120

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf	28
Tabelle 2: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.....	31
Tabelle 3: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.....	35
Tabelle 4: Funktionelle Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf	39
Tabelle 5: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf	43
Tabelle 6: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.....	46
Tabelle 7: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.....	49
Tabelle 8: Funktionelle Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf	53
Tabelle 9: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal-, und Parietallappen.....	57
Tabelle 10: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal-, und Okzipitallappen	63
Tabelle 11: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal-, und Parietallappen.....	68
Tabelle 12: Modalitätsabhängige Unterschiede in der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal-, und Okzipitallappen	73
Tabelle 13: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.....	78
Tabelle 14: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf	81

Tabelle 15: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf	83
Tabelle 16: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.....	85
Tabelle 17: Starke funktionelle Konnektivitäten der rechten BA 42 (a) unter dem auditivem und (b) unter dem visuellen Versuchsablauf	88
Tabelle 18: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem auditiven Versuchsablauf.....	90
Tabelle 19: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem auditiven Versuchsablauf	93
Tabelle 20: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen unter dem visuellen Versuchsablauf	95
Tabelle 21: Gruppenanalyse der funktionellen Konnektivität der linken BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen unter dem visuellen Versuchsablauf.....	97
Tabelle 22: Starke funktionelle Konnektivitäten zur linken BA 42 (a) unter auditivem und (b) visuellem Versuchsablauf.....	100
Tabelle 23: Gruppenanalyse des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Frontal- und Parietallappen.....	102
Tabelle 24: Gruppenanalyse des modalitätsabhängigen Unterschiedes in der funktionellen Konnektivität der rechten BA 42 zu den Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen .	104
Tabelle 25: Gruppenanalyse der modalitätsabhängigen Differenzen funktioneller Konnektivität der linken BA 42 zu Zielregionen der Frontal- und Parietallappen	107
Tabelle 26: Gruppenanalyse der modalitätsabhängigen Differenzen funktioneller Konnektivität der linken BA 42 zu Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen.....	109
Tabelle 27: Starke Modalitätsabhängigkeit der funktionellen Konnektivität der (a) rechten und (b) linken BA 42	112
Tabelle 28: Mann-Whitney-U-Test zur Prüfung auf modalitätsabhängigen Unterschied in der funktionellen Konnektivität für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen.....	149
Tabelle 29: Mann-Whitney-U-Test zur Prüfung auf modalitätsabhängigen Unterschied in der funktionellen Konnektivität für die Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen	150

11 Literaturverzeichnis

1. Liberman AM, Cooper FS, Shankweiler DP, Studdert-Kennedy M. Perception of the speech code. *Psychological review*. 1967;74(6):431-61. Epub 1967/11/01.
2. Wilson SM, Saygin AP, Sereno MI, Iacoboni M. Listening to speech activates motor areas involved in speech production. *Nature neuroscience*. 2004;7(7):701-2. Epub 2004/06/09.
3. Peschke C, Ziegler W, Kappes J, Baumgaertner A. Auditory-motor integration during fast repetition: the neuronal correlates of shadowing. *NeuroImage*. 2009;47(1):392-402. Epub 2009/04/07.
4. Price CJ. A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *NeuroImage*. 2012;62(2):816-47. Epub 2012/05/16.
5. Zheng ZZ, Munhall KG, Johnsrude IS. Functional overlap between regions involved in speech perception and in monitoring one's own voice during speech production. *Journal of cognitive neuroscience*. 2010;22(8):1770-81. Epub 2009/08/01.
6. Binder JR, Desai RH, Graves WW, Conant LL. Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cereb Cortex*. 2009;19(12):2767-96. Epub 2009/03/31.
7. Friederici AD, Meyer M, von Cramon DY. Auditory language comprehension: an event-related fMRI study on the processing of syntactic and lexical information. *Brain and language*. 2000;75(3):289-300. Epub 2001/06/02.
8. Kang AM, Constable RT, Gore JC, Avrutin S. An event-related fMRI study of implicit phrase-level syntactic and semantic processing. *NeuroImage*. 1999;10(5):555-61. Epub 1999/11/05.
9. Moro A, Tettamanti M, Perani D, Donati C, Cappa SF, Fazio F. Syntax and the brain: disentangling grammar by selective anomalies. *NeuroImage*. 2001;13(1):110-8. Epub 2001/01/03.
10. Binder JR, Frost JA, Hammeke TA, Cox RW, Rao SM, Prieto T. Human brain language areas identified by functional magnetic resonance imaging. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*. 1997;17(1):353-62. Epub 1997/01/01.
11. Paulesu E, Frith CD, Frackowiak RS. The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*. 1993;362(6418):342-5. Epub 1993/03/25.

12. Zatorre RJ, Samson S. Role of the right temporal neocortex in retention of pitch in auditory short-term memory. *Brain : a journal of neurology*. 1991;114 (Pt 6):2403-17. Epub 1991/12/01.

13. Trepel M. *Neuroanatomie Struktur und Funktion ; [mit dem Plus im Web, Zugangscod im Buch]*. 5. Aufl. ed. München: Elsevier Urban & Fischer; 2012. XII, 420 S. zahlr. Ill. p.

14. Brodmann vK. *Physiologie des Gehirns*. Stuttgart: Union Dt. Verl. Ges.; 1914. XVII, S. 87 - 426 8-o p.

15. Gazzaniga MS. *The cognitive neurosciences*. 3rd ed. Cambridge, Mass.: MIT Press; 2004. xiv, 1385 p. p.

16. Kaas JH, Hackett TA. Subdivisions of auditory cortex and processing streams in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2000;97(22):11793-9. Epub 2000/10/26.

17. *Anatomie*, Schiebler TH, Korf H-W. *Anatomie Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie ; unter Berücksichtigung des Gegenstandskatalogs ; mit 111 Tabellen*. 10., vollst. überarb. Aufl. ed. [Heidelberg]: Steinkopff; 2007. XVII, 916 S. Ill., graph. Darst. p.

18. Aumüller G. *Anatomie 208 Tabellen ; [mit CD-ROM zum Präp-Kurs]*. Stuttgart: Thieme; 2007. XXVIII, 1344 S. zahlr. Ill., graph. Darst. p.

19. Buxton RB. *Introduction to functional magnetic resonance imaging : principles and techniques*. 2nd ed. Cambridge ; New York: Cambridge University Press; 2009. 457 p. p.

20. Friston KJ, Frith CD, Liddle PF, Frackowiak RS. Functional connectivity: the principal-component analysis of large (PET) data sets. *Journal of cerebral blood flow and metabolism : official journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 1993;13(1):5-14. Epub 1993/01/01.

21. Binder JR, Frost JA, Hammeke TA, Rao SM, Cox RW. Function of the left planum temporale in auditory and linguistic processing. *Brain : a journal of neurology*. 1996;119 (Pt 4):1239-47. Epub 1996/08/01.

22. Chee MW, O'Craven KM, Bergida R, Rosen BR, Savoy RL. Auditory and visual word processing studied with fMRI. *Human brain mapping*. 1999;7(1):15-28. Epub 1999/01/09.

23. Binder JR, Frost JA, Hammeke TA, Bellgowan PS, Springer JA, Kaufman JN, et al. Human temporal lobe activation by speech and nonspeech sounds. *Cereb Cortex*. 2000;10(5):512-28. Epub 2000/06/10.

24. Cordes D, Haughton VM, Arfanakis K, Wendt GJ, Turski PA, Moritz CH, et al. Mapping functionally related regions of brain with functional connectivity MR imaging. *AJNR American journal of neuroradiology*. 2000;21(9):1636-44. Epub 2000/10/20.
25. Turkeltaub PE, Eden GF, Jones KM, Zeffiro TA. Meta-analysis of the functional neuroanatomy of single-word reading: method and validation. *NeuroImage*. 2002;16(3 Pt 1):765-80. Epub 2002/08/10.
26. Pulvermuller F, Huss M, Kherif F, Moscoso del Prado Martin F, Hauk O, Shtyrov Y. Motor cortex maps articulatory features of speech sounds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2006;103(20):7865-70. Epub 2006/05/10.
27. Gavrilescu M, Rossell S, Stuart GW, Shea TL, Innes-Brown H, Henshall K, et al. Reduced connectivity of the auditory cortex in patients with auditory hallucinations: a resting state functional magnetic resonance imaging study. *Psychological medicine*. 2010;40(7):1149-58. Epub 2009/11/07.
28. Price CJ. The anatomy of language: a review of 100 fMRI studies published in 2009. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2010;1191:62-88. Epub 2010/04/16.
29. Price CJ. The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging. *Journal of anatomy*. 2000;197 Pt 3:335-59. Epub 2000/12/16.
30. Mirz F, Ovesen T, Ishizu K, Johannsen P, Madsen S, Gjedde A, et al. Stimulus-dependent central processing of auditory stimuli: a PET study. *Scandinavian audiology*. 1999;28(3):161-9. Epub 1999/09/18.
31. Scott SK, Blank CC, Rosen S, Wise RJ. Identification of a pathway for intelligible speech in the left temporal lobe. *Brain : a journal of neurology*. 2000;123 Pt 12:2400-6. Epub 2000/12/02.
32. Mummery CJ, Ashburner J, Scott SK, Wise RJ. Functional neuroimaging of speech perception in six normal and two aphasic subjects. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1999;106(1):449-57. Epub 1999/07/27.
33. Booth JR, Burman DD, Meyer JR, Gitelman DR, Parrish TB, Mesulam MM. Modality independence of word comprehension. *Human brain mapping*. 2002;16(4):251-61. Epub 2002/07/12.
34. Hickok G, Buchsbaum B, Humphries C, Muftuler T. Auditory-motor interaction revealed by fMRI: speech, music, and working memory in area Spt. *Journal of cognitive neuroscience*. 2003;15(5):673-82. Epub 2003/09/11.

35. Turkeltaub PE, Coslett HB. Localization of sublexical speech perception components. *Brain and language*. 2010;114(1):1-15. Epub 2010/04/24.
36. Galantucci B, Fowler CA, Turvey MT. The motor theory of speech perception reviewed. *Psychonomic bulletin & review*. 2006;13(3):361-77. Epub 2006/10/20.
37. Baudrexel S. Eine graphentheoretische Untersuchung zur funktionellen Konnektivität cerebraler Netzwerke in der fMRT: "Neural Traffic": Universität Düsseldorf, Nuklearmedizinische Klinik; 2009.
38. Benton A.L. HK. *Multilingual Aphasia Examination manual* 1976.
39. Lambert WE, Havelka J, Crosby C. The influence of language-acquisition contexts on bilingualism. *Journal of abnormal psychology*. 1958;56(2):239-44. Epub 1958/03/01.
40. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 1971;9(1):97-113. Epub 1971/03/01.
41. Baschek V, Battmer RD. [A new method of testing directional hearing (author's transl)]. *Hno*. 1977;25(9):318-21. Epub 1977/09/01. Eine neue Methode zur Prüfung des Richtungshorens mittels Kunstkopf-Technik.
42. Wilson MD. The MRC Psycholinguistic Database: Machine Readable Dictionary, Version 2. *Behavioural Research Methods, Instruments and Computers*. 1988;20(1):6-11.
43. Evans C, Collins D. L., Mills S. R. , Brown E. D., Kelly R. L. and T. M. Peters. 3D statistical neuroanatomical models from 305 MRI volumes. *Proc IEEE-Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference*. 1993:1813-7.
44. Brett M, Leff AP, Rorden C, Ashburner J. Spatial normalization of brain images with focal lesions using cost function masking. *NeuroImage*. 2001;14(2):486-500. Epub 2001/07/27.
45. Menschen AdAd, Paulsen SHvF. *Atlas der Anatomie des Menschen*. 23. Aufl. / hrsg. von F. Paulsen ... ed. München: Urban & Fischer in Elsevier; 2010.
46. Price CJ, Wise RJ, Warburton EA, Moore CJ, Howard D, Patterson K, et al. Hearing and saying. The functional neuro-anatomy of auditory word processing. *Brain : a journal of neurology*. 1996;119 (Pt 3):919-31. Epub 1996/06/01.
47. Ramsay SC, Adams L, Murphy K, Corfield DR, Grootenck S, Bailey DL, et al. Regional cerebral blood flow during volitional expiration in man: a comparison with volitional inspiration. *The Journal of physiology*. 1993;461:85-101. Epub 1993/02/01.

48. Damasio AR, Geschwind N. The neural basis of language. *Annual review of neuroscience*. 1984;7:127-47. Epub 1984/01/01.
49. Mesulam MM. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Annals of neurology*. 1990;28(5):597-613. Epub 1990/11/01.
50. Watkins KE, Strafella AP, Paus T. Seeing and hearing speech excites the motor system involved in speech production. *Neuropsychologia*. 2003;41(8):989-94. Epub 2003/04/02.
51. Mori S, van Zijl PC. Fiber tracking: principles and strategies - a technical review. *NMR in biomedicine*. 2002;15(7-8):468-80. Epub 2002/12/19.
52. Buchman AS, Garron DC, Trost-Cardamone JE, Wichter MD, Schwartz M. Word deafness: one hundred years later. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*. 1986;49(5):489-99. Epub 1986/05/01.
53. Geschwind N. Disconnexion syndromes in animals and man. I. *Brain : a journal of neurology*. 1965;88(2):237-94. Epub 1965/06/01.
54. Quigley M, Cordes D, Turski P, Moritz C, Haughton V, Seth R, et al. Role of the corpus callosum in functional connectivity. *AJNR American journal of neuroradiology*. 2003;24(2):208-12. Epub 2003/02/20.
55. Hagoort P, Indefrey P, Brown C, Herzog H, Steinmetz H, Seitz RJ. The neural circuitry involved in the reading of German words and pseudowords: A PET study. *Journal of cognitive neuroscience*. 1999;11(4):383-98. Epub 1999/09/03.
56. Demonet JF, Chollet F, Ramsay S, Cardebat D, Nespoulous JL, Wise R, et al. The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects. *Brain : a journal of neurology*. 1992;115 (Pt 6):1753-68. Epub 1992/12/01.
57. Demonet JF, Price C, Wise R, Frackowiak RS. A PET study of cognitive strategies in normal subjects during language tasks. Influence of phonetic ambiguity and sequence processing on phoneme monitoring. *Brain : a journal of neurology*. 1994;117 (Pt 4):671-82. Epub 1994/08/01.
58. Eckert MA, Kamdar NV, Chang CE, Beckmann CF, Greicius MD, Menon V. A cross-modal system linking primary auditory and visual cortices: evidence from intrinsic fMRI connectivity analysis. *Human brain mapping*. 2008;29(7):848-57. Epub 2008/04/17.
59. Hashimoto R, Homae F, Nakajima K, Miyashita Y, Sakai KL. Functional differentiation in the human auditory and language areas revealed by a dichotic listening task.

NeuroImage. 2000;12(2):147-58. Epub 2000/07/29.

60. Poremba A, Saunders RC, Crane AM, Cook M, Sokoloff L, Mishkin M. Functional mapping of the primate auditory system. *Science*. 2003;299(5606):568-72. Epub 2003/01/25.

61. Spitsyna G, Warren JE, Scott SK, Turkheimer FE, Wise RJ. Converging language streams in the human temporal lobe. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*. 2006;26(28):7328-36. Epub 2006/07/14.

62. Hickok G. The functional neuroanatomy of language. *Physics of life reviews*. 2009;6(3):121-43. Epub 2010/02/18.

63. Buckner RL, Andrews-Hanna JR, Schacter DL. The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2008;1124:1-38. Epub 2008/04/11.

64. Raichle ME, MacLeod AM, Snyder AZ, Powers WJ, Gusnard DA, Shulman GL. A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2001;98(2):676-82. Epub 2001/02/24.

65. Creutzfeldt O, Ojemann G, Lettich E. Neuronal activity in the human lateral temporal lobe. I. Responses to speech. *Experimental brain research Experimentelle Hirnforschung Experimentation cerebrale*. 1989;77(3):451-75. Epub 1989/01/01.

66. Seltzer B, Pandya DN. Parietal, temporal, and occipital projections to cortex of the superior temporal sulcus in the rhesus monkey: a retrograde tracer study. *The Journal of comparative neurology*. 1994;343(3):445-63. Epub 1994/05/15.

67. Booth JR, Burman DD, Meyer JR, Gitelman DR, Parrish TB, Mesulam MM. Functional anatomy of intra- and cross-modal lexical tasks. *NeuroImage*. 2002;16(1):7-22. Epub 2002/04/24.

68. Burton MW, Locasto PC, Krebs-Noble D, Gullapalli RP. A systematic investigation of the functional neuroanatomy of auditory and visual phonological processing. *NeuroImage*. 2005;26(3):647-61. Epub 2005/06/16.

69. Burton MW, Small SL, Blumstein SE. The role of segmentation in phonological processing: an fMRI investigation. *Journal of cognitive neuroscience*. 2000;12(4):679-90. Epub 2000/08/11.

70. Pedersen CB, Mirz F, Ovesen T, Ishizu K, Johannsen P, Madsen S, et al. Cortical centres underlying auditory temporal processing in humans: a PET study. *Audiology : official organ of the International Society of Audiology*. 2000;39(1):30-7. Epub 2000/04/05.

71. Agnew ZK, McGettigan C, Scott SK. Discriminating between auditory and motor cortical responses to speech and nonspeech mouth sounds. *Journal of cognitive neuroscience*. 2011;23(12):4038-47. Epub 2011/08/05.
72. Callan D, Callan A, Gamez M, Sato MA, Kawato M. Premotor cortex mediates perceptual performance. *NeuroImage*. 2010;51(2):844-58. Epub 2010/02/27.
73. Tremblay P, Small SL. On the context-dependent nature of the contribution of the ventral premotor cortex to speech perception. *NeuroImage*. 2011;57(4):1561-71. Epub 2011/06/15.
74. Zekveld AA, Heslenfeld DJ, Festen JM, Schoonhoven R. Top-down and bottom-up processes in speech comprehension. *NeuroImage*. 2006;32(4):1826-36. Epub 2006/06/20.
75. Roder B, Stock O, Bien S, Neville H, Rosler F. Speech processing activates visual cortex in congenitally blind humans. *The European journal of neuroscience*. 2002;16(5):930-6. Epub 2002/10/10.
76. Cate AD, Herron TJ, Yund EW, Stecker GC, Rinne T, Kang X, et al. Auditory attention activates peripheral visual cortex. *PloS one*. 2009;4(2):e4645. Epub 2009/02/28.

12 Anhang

12.1 U-Test Ergebnisse der rechten und linken Brodmann Area 42 für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen

Tabelle 28: Mann-Whitney-U-Test zur Prüfung auf modalitätsabhängigen Unterschied in der funktionellen Konnektivität für die Zielregionen der Frontal- und Parietallappen.

(a) BA 42 rechts: U-Test für Zielregionen der Frontal- und Parietallappen								(b) BA 42 links: U-Test für Zielregionen der Frontal- und Parietallappen									
FRONTALAPPEN		P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	FRONTALAPPEN		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	
Olfactory	l	0,38	0,44	0,03	0,00	0,00	0,00	0,91	Olfactory	l	0,25	0,09	0,13	0,00	0,00	0,09	0,66
Olfactory	r	0,31	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Olfactory	r	0,00	0,47	0,00	0,97	0,00	0,00	0,03
Frontal_Sup	l	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,78	0,22	Frontal_Sup	l	0,00	0,10	0,33	0,03	0,00	0,00	0,47
Frontal_Sup	r	0,00	0,01	0,00	0,24	0,00	0,00	0,11	Frontal_Sup	r	0,00	0,08	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00
Frontal_Sup_Medial	l	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,86	0,04	Frontal_Sup_Medial	l	0,00	0,00	0,04	0,24	0,00	0,00	0,00
Frontal_Sup_Medial	r	0,00	0,79	0,07	0,00	0,00	0,00	0,91	Frontal_Sup_Medial	r	0,00	0,46	0,25	0,10	0,00	0,00	0,00
Frontal_Sup_Orb	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	Frontal_Sup_Orb	l	0,00	0,48	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00
Frontal_Sup_Orb	r	0,00	0,00	0,93	0,07	0,00	0,11	0,24	Frontal_Sup_Orb	r	0,00	0,13	0,25	0,04	0,00	0,01	0,00
Frontal_Mid	l	0,00	0,02	0,14	0,00	0,00	0,05	0,05	Frontal_Mid	l	0,00	0,89	0,01	0,43	0,00	0,00	0,09
Frontal_Mid	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	Frontal_Mid	r	0,00	0,13	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04
Frontal_Mid_Orb	l	0,00	0,88	0,00	0,17	0,00	0,00	0,07	Frontal_Mid_Orb	l	0,00	0,61	0,00	0,49	0,00	0,00	0,02
Frontal_Mid_Orb	r	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	Frontal_Mid_Orb	r	0,00	0,02	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
Frontal_Inf_Orb	l	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	Frontal_Inf_Orb	l	0,00	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00
Frontal_Inf_Orb	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Frontal_Inf_Orb	r	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Frontal_Inf_Tri	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Frontal_Inf_Tri	l	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frontal_Inf_Tri	r	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	Frontal_Inf_Tri	r	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frontal_Inf_Oper	l	0,01	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Frontal_Inf_Oper	l	0,00	0,12	0,18	0,00	0,00	0,00	0,45
Frontal_Inf_Oper	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Frontal_Inf_Oper	r	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rolandic_Oper	l	0,00	0,87	0,80	0,00	0,00	0,04	0,35	Rolandic_Oper	l	0,00	0,45	0,56	0,12	0,00	0,00	0,25
Rolandic_Oper	r	0,00	0,00	0,08	0,85	0,00	0,00	0,25	Rolandic_Oper	r	0,00	0,08	0,00	0,35	0,00	0,00	0,68
Rectus	l	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	Rectus	l	0,00	0,05	0,85	0,01	0,00	0,00	0,00
Rectus	r	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	Rectus	r	0,43	0,11	0,50	0,00	0,00	0,00	0,59
Supp_Motor_Area	l	0,00	0,01	0,46	0,01	0,00	0,00	0,30	Supp_Motor_Area	l	0,00	0,08	0,00	0,51	0,00	0,00	0,82
Supp_Motor_Area	r	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	Supp_Motor_Area	r	0,00	0,24	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
Precentral	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Precentral	l	0,00	0,28	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Precentral	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Precentral	r	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,06
Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	Parietallappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Postcentral	l	0,00	0,46	0,00	0,06	0,00	0,54	0,00	Postcentral	l	0,00	0,71	0,55	0,10	0,00	0,00	0,01
Postcentral	r	0,00	0,09	0,00	0,68	0,00	0,02	0,65	Postcentral	r	0,00	0,64	0,00	0,71	0,00	0,00	0,53
Parietal_Sup	l	0,00	0,09	0,03	0,16	0,00	0,00	0,13	Parietal_Sup	l	0,00	0,09	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00
Parietal_Sup	r	0,28	0,00	0,00	0,09	0,01	0,65	0,35	Parietal_Sup	r	0,00	0,00	0,77	0,30	0,00	0,00	0,00
Parietal_Inf	l	0,00	0,05	0,02	0,16	0,00	0,00	0,00	Parietal_Inf	l	0,00	0,93	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00
Parietal_Inf	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,29	Parietal_Inf	r	0,01	0,16	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00
SupraMarginal	l	0,63	0,44	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	SupraMarginal	l	0,34	0,58	0,00	0,27	0,00	0,00	0,03
SupraMarginal	r	0,00	0,38	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	SupraMarginal	r	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Angular	l	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	Angular	l	0,00	0,89	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Angular	r	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	Angular	r	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,50
Paracentral_Lobule	l	0,00	0,35	0,00	0,05	0,00	0,00	0,63	Paracentral_Lobule	l	0,00	0,02	0,02	0,20	0,00	0,00	0,19
Paracentral_Lobule	r	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Paracentral_Lobule	r	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94
Precuneus	l	0,00	0,67	0,00	0,01	0,00	0,72	0,00	Precuneus	l	0,00	0,96	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
Precuneus	r	0,00	0,84	0,05	0,00	0,14	0,33	0,01	Precuneus	r	0,00	0,86	0,00	0,07	0,00	0,00	0,03
Insula	l	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	Insula	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
Insula	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	Insula	r	0,00	0,00	0,45	0,01	0,00	0,00	0,61

In der linken Tabelle (a) wird für die rechte BA 42 und in der rechten Tabelle (b) wird für die linke BA 42 für die Zielregionen des Frontal- und Parietallappens (siehe Zeilen) und für jeden Probanden (siehe Spalten) der durch den U-Test berechnete p-Wert angegeben. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% (p-Wert: 0,05) festgelegt und diejenigen U-Test Werten, die das Signifikanzniveau unterschreiten (p-Wert \leq 0,05), wurde ein signifikanter Unterschied zugeschrieben (grün markiert). r: rechts; l: links; P_: Proband

12.2 U-Test Ergebnisse der rechten und linken BA 42 für die Zielregionen der Parietal- und Okzipitallappen

Tabelle 29: Mann-Whitney-U-Test zur Prüfung auf modalitätsabhängigen Unterschied in der funktionellen Konnektivität für die Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen.

(a) BA 42 rechts: U-Test für Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen								(b) BA 42 links: U-Test für Zielregionen der Temporal- und Okzipitallappen									
Temporalappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	Temporalappen		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Heschl	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	Heschl	l	0,00	0,00	0,06	0,01	0,00	0,01	0,00
Heschl	r	0,00	0,08	0,00	0,39	0,02	0,03	0,00	Heschl	r	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temporal_Sup	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Temporal_Sup	l	0,78	0,91	0,06	0,84	0,90	0,08	0,06
Temporal_Sup	r	0,48	0,12	0,00	0,00	0,14	0,06	0,00	Temporal_Sup	r	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temporal_Pole_Sup	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Temporal_Pole_Sup	l	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Temporal_Pole_Sup	r	0,00	0,05	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	Temporal_Pole_Sup	r	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Temporal_Mid	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Temporal_Mid	l	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Temporal_Mid	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Temporal_Mid	r	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Temporal_Pole_Mid	l	0,01	0,00	0,05	0,62	0,00	0,00	0,00	Temporal_Pole_Mid	l	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
Temporal_Pole_Mid	r	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00	Temporal_Pole_Mid	r	0,00	0,02	0,00	0,81	0,00	0,59	0,00
Temporal_Inf	l	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	Temporal_Inf	l	0,00	0,01	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00
Temporal_Inf	r	0,00	0,00	0,01	0,11	0,00	0,05	0,00	Temporal_Inf	r	0,00	0,00	0,29	0,67	0,00	0,00	0,00
OKZIPITALLAPPEN		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	OKZIPITALLAPPEN		P_1	P_2	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
Occipital_Sup	l	0,00	0,27	0,00	0,36	0,03	0,59	0,01	Occipital_Sup	l	0,00	0,27	0,22	0,39	0,00	0,00	0,00
Occipital_Sup	r	0,00	0,45	0,00	0,20	0,09	0,00	0,00	Occipital_Sup	r	0,00	0,26	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
Occipital_Mid	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Occipital_Mid	l	0,00	0,30	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
Occipital_Mid	r	0,07	0,06	0,00	0,00	0,69	0,00	0,00	Occipital_Mid	r	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Occipital_Inf	l	0,07	0,81	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	Occipital_Inf	l	0,00	0,07	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00
Occipital_Inf	r	0,00	0,84	0,34	0,19	0,00	0,00	0,00	Occipital_Inf	r	0,00	0,49	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00
Cuneus	l	0,00	0,49	0,90	0,27	0,00	0,00	0,00	Cuneus	l	0,00	0,21	0,48	0,41	0,00	0,00	0,00
Cuneus	r	0,00	0,00	0,05	0,45	0,29	0,25	0,01	Cuneus	r	0,00	0,19	0,14	0,72	0,00	0,00	0,00
Calcarine	l	0,00	0,10	0,03	0,26	0,00	0,00	1,00	Calcarine	l	0,00	0,02	0,40	0,85	0,00	0,00	0,63
Calcarine	r	0,00	0,07	0,00	0,16	0,00	0,00	0,07	Calcarine	r	0,00	0,46	0,39	0,24	0,00	0,00	0,12
Lingual	l	0,00	0,41	0,02	0,80	0,00	0,00	0,00	Lingual	l	0,00	0,32	0,43	0,19	0,00	0,00	0,00
Lingual	r	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	Lingual	r	0,00	0,42	0,62	0,09	0,00	0,00	0,00
Fusiform	l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Fusiform	l	0,00	0,92	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Fusiform	r	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	Fusiform	r	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

In der linken Tabelle (a) wird für die rechte BA 42 und in der rechten Tabelle (b) wird für die linke BA 42 für die Zielregionen des Temporal- und Okzipitallappens (siehe Zeilen) und für jeden Probanden (siehe Spalten) der durch den U-Test berechnete p-Wert angegeben. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% (p-Wert: 0,05) festgelegt und denjenigen U-Test Werten, die das Signifikanzniveau unterschreiten (p-Wert \leq 0,05), wurde ein signifikanter Unterschied zugeschrieben (grün markiert). r: rechts; l: links; P_: Proband

DANKSAGUNG:

Großer Dank gebührt zu allererst Univ.-Prof. Dr. med. BA (open) H.-W. Müller.

Der gleiche Dank gilt dem Diplom Physiker Markus Beu.

Mein größter Dank gilt vor allem meinen Eltern und meiner Schwester.

Weiterhin gebührt einem langjährigen guten Freund, Herrn Adem Dolas, großer Respekt für seine Ratschläge.

Des Weiteren danke ich den anderen Doktoranden der Arbeitsgruppe „Neural-Traffic“.

Ein großes Dankeschön gebührt auch den Probanden.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Amir Farokh Ansari Pirsarai

Düsseldorf, den 01.12.2015