

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theorie Gehörlosigkeit	3
2.1	<i>Definition und Abgrenzung des Begriffes „Gehörlosigkeit“</i>	3
2.2	<i>Epidemiologie der Gehörlosigkeit</i>	3
2.3	<i>Physiologische Leitung akustischer Stimuli über die Hörbahn</i>	4
2.4	<i>Ätiologie der Gehörlosigkeit</i>	5
2.5	<i>Allgemeines zur Darstellung von Studien und Befunden zu Veränderungen der Hirnfunktionen und -strukturen bei gehörlosen Menschen</i>	7
3	Grundlagen des Bilder-Paradigmas: Wernicke-Areal, Broca-Areal, ventraler Pfad, Gyrus praecentralis	9
3.1	<i>Sprache bei Hörenden</i>	10
3.1.1	<i>Sprachentwicklung bei Hörenden</i>	10
3.1.2	<i>Zerebrale Repräsentation von Lautsprache</i>	11
3.1.2.1	<i>Verarbeitung sprachlicher Stimuli</i>	11
3.1.2.2	<i>Verarbeitung nicht-sprachlicher Stimuli</i>	11
3.2	<i>Sprache bei Gehörlosen</i>	12
3.2.1	<i>Sprachentwicklung bei Gehörlosen</i>	12
3.2.1.1	<i>Unterschiede zwischen frühem und spätem Spracherwerb bei Gehörlosen</i>	13
3.2.1.2	<i>Die Auswirkungen unterschiedlicher Bezugspersonen, von denen die Gebärdensprache gelernt wird</i>	14
3.2.2	<i>Zerebrale Repräsentation von Gebärdensprache</i>	14
3.2.2.1	<i>Verarbeitung sprachlicher Stimuli</i>	15
3.2.2.2	<i>Verarbeitung nicht-sprachlicher Stimuli</i>	16
3.3	<i>Besondere Anforderungen durch die Gebärdensprache und Auswirkungen auf die zerebrale Repräsentation dieser Sprachform</i>	17
3.3.1	<i>Primärer auditiver Kortex (= Gyri temporales transversi)</i>	22
3.3.2	<i>Sekundärer auditiver Kortex (= Gyrus temporalis superior)</i>	23
3.3.3	<i>Broca-Areal (= motorisches Sprachareal)</i>	23
3.3.4	<i>Gyrus praecentralis (= Motokortex)</i>	24
3.3.5	<i>Ventraler Pfad (= Teil des Gyrus fusiformis)</i>	25
3.3.6	<i>Dorsaler Pfad (= Teil des Parietallappens)</i>	26
3.4	<i>Neuronale Besonderheiten durch bilingualen Spracherwerb und -gebrauch</i>	29
3.5	<i>Worin besteht der Unterschied zwischen Gebärdensprache und Gesten?</i>	31
3.5.1	<i>Einordnung des Begriffes „Gesten“</i>	33
3.5.2	<i>Welche neuronalen Korrelate hängen mit der Verarbeitung von Gesten zusammen?</i>	33
4	Hypothesen des Bilder-Paradigmas: Wernicke-Areal, Broca-Areal, ventraler Pfad, Gyrus praecentralis	35
4.1	<i>Hypothesen zum Wernicke-Areal</i>	35
4.2	<i>Hypothesen zum Broca-Areal</i>	37
4.3	<i>Hypothesen zum ventralen Pfad</i>	37
4.4	<i>Hypothesen zum Gyrus praecentralis</i>	39

5	Methode	41
5.1	<i>Physikalische und neurobiologische Grundlagen zum Messverfahren</i>	<i>41</i>
5.1.1	Grundprinzip der Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT)	41
5.1.2	Weiterverarbeitung des MR-Signals	44
5.1.3	Echo-Planar-Imaging Methode (EPI)	45
5.1.4	Grundprinzip der funktionellen Magnet-Resonanz-Tomografie (fMRT)	45
5.1.5	Brain Impulse Response	47
5.1.6	Kritische Betrachtung des MRT-Verfahrens	48
5.2	<i>Stichprobe</i>	<i>49</i>
5.2.1	Vergleich: Gehörlose (GL) und Kontrollgruppe 1 (K1)	49
5.2.2	Vergleich: Gebärdensprachdolmetscher (D) und Kontrollgruppe 2 (K2)	51
5.3	<i>Materialien für das fMRT-Experiment</i>	<i>52</i>
5.4	<i>Paradigma</i>	<i>55</i>
5.5	<i>Versuchsaufbau</i>	<i>57</i>
5.6	<i>Versuchsablauf</i>	<i>58</i>
5.7	<i>Verarbeitung der fMRT-Daten</i>	<i>61</i>
5.7.1	Darstellung von fMRT-Daten im <i>Talairach-Raum</i>	61
5.7.2	Ablauf der Einzelschritte zur Transformation der Daten	63
5.7.2.1	Erstellen von Positionsfiles zur Lagebestimmung des Kopfes	63
5.7.2.2	Erstellen einer funktionellen Datei und Anlegen einer Referenzdatei als Ausgangsdatei zur Bearbeitung aller folgenden Volumes	63
5.7.2.3	Bewegungskorrektur der funktionellen Volumes zum Ausgleich von Bewegungsfaktoren	65
5.7.2.4	Zeitliche Korrektur der funktionellen Volumes und Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses	66
5.7.2.5	Erstellen einer anatomischen Datei zur Zuordnung von Aktivierungen zu anatomischen Strukturen	67
5.7.2.6	Verknüpfung und Übereinanderlegung des funktionellen Bildes und des anatomischen Bildes zur genauen Lokalisation von Aktivierungen	68
5.7.2.7	Standardisierung der anatomischen Bilder zur Übereinstimmung mit dem Referenzgehirn mittels manueller Korrektur an zehn Referenzpunkten	69
5.7.2.8	Verknüpfung des funktionellen Bildes mit dem anatomischen Bild und Erstellen der zeitlichen Reihenfolge aller funktionellen Bilder	72
5.7.2.9	Räumliche Glättung der funktionellen Daten zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses	74
5.7.3	Grenzen in der Datenaufbereitung mit <i>Brain Voyager 2000</i>	75
5.7.4	Statistische Weiterverarbeitung der Daten	76
5.7.4.1	Random-Effect-Analyse	80
5.7.4.2	Fixed-Effect-Analyse	81
5.7.5	Hypothesengeleitete Datenverarbeitung	82
5.7.5.1	Datenanalyse für das Bilderparadigma	83
5.7.5.2	Datenanalyse für das Motorikparadigma	84
6	Ergebnisse des Bilder-Paradigmas: Wernicke-Areal, Broca-Areal, ventraler Pfad, Gyrus praecentralis	86
6.1	<i>Ergebnisse in Bezug auf das Wernicke-Areal</i>	<i>87</i>
6.1.1	Ergebnisse bezüglich der Hypothese 1	87
6.1.2	Tests zu den Lateralisierungsmustern der Aktivierungen	94
6.1.2.1	Varianzanalysen mit Messwiederholung	94
6.1.2.2	Lateralitätsindex	96
6.1.3	Lateralisierungsmuster der Aktivierungen im Wernicke-Areal – Ergebnisse bezüglich der Hypothese 2	97
6.2	<i>Ergebnisse in Bezug auf das Broca-Areal</i>	<i>101</i>
6.2.1	Ergebnisse bezüglich der Hypothese 3	101

Inhaltsverzeichnis

6.2.2	Lateralisierungsmuster der Aktivierungen im Broca-Areal – Ergebnisse bezüglich der Hypothese 4.....	108
6.3	<i>Ergebnisse in Bezug auf den ventralen Pfad</i>	111
6.3.1	Ergebnisse bezüglich der Hypothese 5.....	111
6.3.2	Lateralisierungsmuster der Aktivierungen im ventralen Pfad – Ergebnisse bezüglich der Hypothese 6.....	118
6.4	<i>Ergebnisse in Bezug auf den Gyrus praecentralis</i>	121
6.4.1	Ergebnisse bezüglich der Hypothesen 7 und 8.....	121
6.4.2	Lateralisierungsmuster der Aktivierungen im Gyrus praecentralis.....	126
7	Diskussion des Bilder-Paradigmas: Wernicke-Areal, Broca-Areal, ventraler Pfad, Gyrus praecentralis	129
7.1	<i>Diskussion der Untersuchungsergebnisse des Wernicke-Areals</i>	129
7.1.1	Die Aktivierungsmuster aller Gruppen im Wernicke-Areal.....	129
7.2	<i>Diskussion der Untersuchungsergebnisse des Broca-Areals</i>	138
7.2.1	Die Aktivierungsmuster der hörenden Gruppen im Broca-Areal.....	139
7.2.2	Die Aktivierungsmuster der Gehörlosen im Broca-Areal.....	143
7.2.2.1	Das Broca-Areal als modalitätsunabhängiges Sprachareal.....	144
7.2.2.2	Das Broca-Areal als modalitätsabhängiges Sprachareal.....	145
7.2.2.3	Methodologische Kritik und soziodemografische Unterschiede.....	146
7.3	<i>Diskussion der Untersuchungsergebnisse des ventralen Pfades</i>	150
7.3.1	Die Aktivierungsmuster aller Gruppen im ventralen Pfad.....	150
7.4	<i>Diskussion der Untersuchungsergebnisse im Gyrus praecentralis</i>	155
8	Grundlagen des Bilder-Paradigmas: Gyri temporales transversi, Gyrus temporalis superior	161
8.1	<i>Lage und Funktion</i>	161
8.2	<i>Veränderungen durch Deprivation oder stärkere Beanspruchung</i>	162
8.2.1	Plastische Veränderungen und Aktivitätsveränderungen als Folge von Kompensationsvorgängen.....	163
8.2.2	Cross-modale Reorganisationsprozesse.....	166
8.3	<i>Mechanismen der cross-modalen Plastizität</i>	166
9	Hypothesen des Bilder-Paradigmas: Gyri temporales transversi, Gyrus temporalis superior	169
10	Ergebnisse des Bilder-Paradigmas: Gyri temporales transversi, Gyrus temporalis superior	170
10.1	<i>Allgemeines zur Auswertung der fMRT-Daten des Bilder-Paradigmas</i>	171
10.2	<i>Gyri temporales transversi und Gyrus temporalis superior</i>	172
11	Diskussion des Bilder-Paradigmas: Gyri temporales transversi, Gyrus temporalis superior	176
11.1	<i>Aktivierungen im primären auditiven Kortex</i>	177
11.2	<i>Aktivierungen im sekundären auditiven Kortex</i>	179

Inhaltsverzeichnis

12 Grundlagen des Bilder-Paradigmas: dorsaler Pfad, ventraler Pfad.....	183
12.1 <i>Verarbeitung und Weiterleitung visueller Stimuli in der retinogenikulosträren Bahn zu den kortikalen Projektionsgebieten.....</i>	<i>184</i>
12.2 <i>Lage und Funktion.....</i>	<i>186</i>
12.3 <i>Entwicklungen der Modellvorstellungen zum dorsalen und ventralen Pfad.....</i>	<i>187</i>
12.4 <i>Die Funktion des dorsalen Pfades bei der Verarbeitung bewegter Bilder und bei der Perzeption von Fremd- und Eigenbewegungen.....</i>	<i>188</i>
13 Hypothesen des Bilder-Paradigmas: dorsaler Pfad, ventraler Pfad.....	192
14 Ergebnisse des Bilder-Paradigmas: dorsaler Pfad, ventraler Pfad.....	193
15 Diskussion des Bilder-Paradigmas: dorsaler Pfad, ventraler Pfad.....	200
15.1 <i>Diskussion zum dorsalen Pfad.....</i>	<i>200</i>
15.1.1 <i>Verbesserung visueller Fertigkeiten bei Gehörlosen und die Rolle des parietalen Kortex</i>	<i>202</i>
15.1.2 <i>Diskussion der Aktivierungsmuster im SPC (= superiorer parietaler Kortex) bei Hörenden und Gehörlosen.....</i>	<i>205</i>
15.2 <i>Diskussion zum ventralen Pfad.....</i>	<i>210</i>
15.3 <i>Diskussion von Besonderheiten in den Aktivierungsmustern.....</i>	<i>213</i>
15.3.1 <i>Ventrale Aktivität bei der Verarbeitung der Kategorie „Wort“.....</i>	<i>213</i>
15.3.2 <i>Aktivierungen im dorsalen Pfad außerhalb der Kategorie „Gebärden mit Pfeil“.....</i>	<i>213</i>
16 Grundlagen des Motorik-Paradigmas.....	215
16.1 <i>Plastizität des primärmotorischen Kortex (M1) und dessen Veränderungen aufgrund alternierender Bedingungen.....</i>	<i>215</i>
16.1.1 <i>Veränderungen der Repräsentationsareale von Körperregionen am Beispiel von Geigern, Pianisten, Braille-Lesern und Verletzten.....</i>	<i>217</i>
16.1.2 <i>Plastische Veränderungen bei Stroke-Patienten durch die <i>Constraint-induced movement therapy (CIMT)</i> und ihre Gemeinsamkeiten zu gebärdenden Gehörlosen.....</i>	<i>220</i>
16.1.3 <i>Deutliche Dissoziationen in den Befunden zur Somatotopie der Hände und Finger im primärmotorischen Kortex.....</i>	<i>222</i>
16.1.4 <i>Das geeignete Paradigma und die sinnvolle Weiterverarbeitung der Daten zur Darstellung der Hand.....</i>	<i>224</i>
17 Hypothesen des Motorik-Paradigmas.....	226
17.1 <i>Größe des Repräsentationsareals der Hände in M1.....</i>	<i>226</i>
17.2 <i>Ausdehnung der Handrepräsentation.....</i>	<i>227</i>
17.3 <i>Quotientenbildung.....</i>	<i>228</i>
18 Methode des Motorik-Paradigmas.....	229
18.1 <i>Probanden.....</i>	<i>229</i>
18.2 <i>Aufgabe.....</i>	<i>229</i>
18.3 <i>Hypothesengeleitete Verarbeitung der Daten.....</i>	<i>231</i>
19 Ergebnisse des Motorik-Paradigmas.....	234
19.1 <i>Lokalisation der Finger- und Handrepräsentationen.....</i>	<i>234</i>
19.2 <i>Prüfung der Hypothese 11.....</i>	<i>237</i>
19.2.1 <i>Darstellung der Aktivierungsumfänge (Number-of-Voxel) für das Tapping mit der rechten Hand.....</i>	<i>239</i>

Inhaltsverzeichnis

19.2.2	Darstellung der Aktivierungsumfänge (Number-of-Voxel) für das Tapping mit der linken Hand	242
19.3	<i>Prüfung der Hypothese 12</i>	246
19.4	<i>Prüfung der Hypothese 13</i>	248
20	Diskussion des Motorik-Paradigmas	251
20.1	<i>Fehlende Intensität der Hand- und Fingerbenutzung</i>	252
20.2	<i>Methodologische Kritik und technische Beschränkungen</i>	254
20.3	<i>Automatisierung und Auslagerungen der Aktivierungen</i>	256
20.4	<i>Ökonomisierungs- und Kompensationsprozesse</i>	257
21	Zusammenfassende Diskussion	259
21.1	<i>Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse des Bilder-Paradigmas</i>	259
21.2	<i>Zusammenfassende Diskussion der Ergebnisse des Motorik-Paradigmas</i>	271
22	Ausblick	273
	Literaturverzeichnis	276
	Abkürzungsverzeichnis	296
	Abbildungsverzeichnis	299
	Tabellenverzeichnis	304
	Formelverzeichnis	307