



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Wie schlaganfallbedingte Aphasie mit Gesang scheinbar
ausgelöscht werden kann“

verfasst von / submitted by

Sophia Umfahrer, BA

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Master of Arts (MA)

Wien, 2021 / Vienna 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 836

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Musikwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Christoph Reuter

Danksagung

Danke an meine erste Inspiration für diese Arbeit, Herrn Peter Dorrigli. Ohne ihn hätte es diese wundervolle und aufregende Zeit der Beschäftigung mit diesem persönlichen Herzenthema nicht gegeben.

Danke an Herrn Univ.-Prof. Dr. Christoph Reuter für die verlässliche Betreuung, das zur Verfügung-stellen vieler Quellen sowie seine sachlichen und doch mitfühlenden, aufbauenden, ausführlichen Antworten, die nie lange auf sich warten ließen. All dies ist bei Weitem nicht selbstverständlich.

Danke an meine wundervollen Eltern, die mir den Druck von den Schultern genommen haben und immer ein offenes Ohr hatten, wenn es irgendwo hakte und nicht voran ging. Danke für den allzeitlichen Rückhalt, die umfassende Unterstützung und die Ermöglichung eines Studiums.

Danke an meinen Bruder Lukas für die Impulse, aus dem Perfektionismus auszubrechen und mehr in Gelassenheit einzutauchen. Danke für die Ablenkungen zwischendurch, die manche Knoten wieder auflösten.

Danke an Alexandra Friessnegg, der Schwester meiner Freundin, für ihre Zeit zum Korrekturlesen und ihre Geduld.

Danke an all meine lieben Freunde, die an mich gedacht haben, mir als kleine Lichter vorangingen und mit aufmunternden Worten nicht gespart haben.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Einleitung.....	8
1. Das menschliche Gehirn – ein Überblick.....	10
1.1 Grober Aufbau – wesentliche Bestandteile und deren Funktionen	10
1.2 Hirnaktivität – neuronale Informationsverarbeitung und Gedächtnis	13
2. Neuronale Repräsentation und Verarbeitung von Sprache	18
2.1 Lokalisation von Sprache im Gehirn	20
2.1.1 Kernzentren, wesentliche rekrutierte Bereiche und deren Funktion.....	23
2.2 Mentale Verarbeitungsschritte und -prozesse	36
2.2.1 Das mentale Lexikon.....	37
2.2.1.1 Wahrnehmung.....	38
2.2.1.2 Produktion	40
3. Neuronale Repräsentation und Verarbeitung von Musik	41
3.1 Individuelle Erfahrung als Indikator für Ausprägung musikverarbeitender Regionen	42
3.2 Wahrnehmung.....	43
3.2.1 Fokus: Verarbeitung von Melodie und Rhythmus	44
3.3 Produktion	48
3.3.1 Fokus: Singen und Instrumentalspiel	49
4 Schlaganfall und Aphasie.....	54
4.1 Ursachen, Symptomatik und Auswirkungen.....	54
4.2 Fokus auf Schädigungen der Sprachzentren und sprachverarbeitenden Bereiche.....	56
4.2.1 Formen und Typen der Aphasie und ihre Auswirkungen	60
5 Singendes Wiedergeben von Sprache trotz Aphasie	64
5.1 Möglichkeiten der Vereinigung und Trennung von Musik und Sprache.....	65
5.1.1 Entwicklungsgeschichtliche Hintergründe	66
5.1.2 Vergleich auf elementaren (Verarbeitungs-) Ebenen	70
5.1.2.1 Gruppierungsmechanismen	74
5.1.2.2 Hierarchische Ordnungen	76
5.1.2.3 Sequenzierungsprozesse	78
5.1.2.4 Priming-Effekt	79
5.1.3 Überlappende Verarbeitungsressourcen und trennbare Domänenspezifikationen	81
5.1.3.1 Klangfarbe, Melodie und Rhythmus.....	87
5.1.3.2 Verbindung von Tonhöhen bzw. Melodie mit Text.....	89
5.1.3.3 Verbindung von Rhythmus mit Text	92
5.2 Fokus Broca-Aphasie.....	94
5.2.1 Die Rolle des motorischen Kortex	95
5.2.1.1 Erhöhte Wortproduktion durch Singen – entscheidende Faktoren	96
5.3 Fokus Wernicke-Aphasie.....	99
5.3.1 Die Rolle des sensorischen Kortex.....	99
5.3.1.1 Mit Musik zum Sinn der Sprache	101

6	<i>Chancen für Spontansprache: Nützliche Kriterien für den Wiedererwerb</i>	108
6.1	Ausmaß der Schädigung	109
6.2	Vertrautheit und Schwierigkeitsgrad der Musik.....	110
6.3	Einfluss der Therapiedauer auf erfolgreiche Ergebnisse.....	112
6.4	Einfluss und Vorteil körperlicher Bewegung.....	112
6.5	Einfluss und Vorteil von Emotionen und Erinnerungen	114
7	Bestehende Therapieansätze und weiterführende Gedanken	117
7.1	Melodische Intonationstherapie (MIT).....	118
7.1.1	MIT- sinnvoll bei welcher Art der Aphasie?	120
7.2	Rhythmustherapie	122
7.2.1	Rhythmus – sinnvoll bei welcher Art der Aphasie?	124
7.3	Einsatz von Musik in der Aphasie Therapie – der ideale Ansatz?.....	125
8	Conclusio.....	131
	<i>Zusammenfassung</i>	144
	<i>Abstract.....</i>	145

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Großhirnrinde, unterteilt in die einzelnen Lappen	12
Abbildung 2: sprachliche und sprachassoziierte Areale in der linken Hemisphäre	22
Abbildung 3: Sprachareale nach der Brodmann-Einteilung..	26
Abbildung 4: Teilbereiche des Motorkortex	27
Abbildung 5: Aufteilung der Funktionen der perisylvischen Sprachregion	57
Abbildung 6: Große Bezirke der menschlichen Großhirnrinde und Bereiche, die bei Sprache und Musik aktiviert werden können	81
Abbildung 7: Dimensionen musikalischer Bedeutung	101
Abbildung 8: Übertragung gesprochener Phrasen in melodische Intonationsmuster	119

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hauptfunktionen der kortikalen Lappen	11
Tabelle 2: gängige Aphasietypen und -formen des deutschsprachigen Raumes	61
Tabelle 3: Therapieansätze zur Erinnerungsrehabilitation	127
Tabelle 4: weitere Therapieansätze	129

Einleitung

Das Unglück Schlaganfall raubt dem Menschen häufig sein wichtigstes Verständigungs- und Kommunikationsmittel – die Sprache. Dabei können die Folgen des Verlusts verschiedene Varianten annehmen. Die Rückkehr zum normalen Sprechen ist oft mit viel Mühen verbunden. Einigen Betroffenen bleiben diese Chancen aber dauerhaft verborgen. Doch selbst wenn allem Anschein nach Sprachfähigkeit unwiederbringlich verschüttet ist, bestehen Wege, sie auszugraben: durch Musik.

Offensichtlicher zeigt sich dies bei unter Broca-Aphasie leidenden Personen, deren fließende Wortproduktion und Artikulation beim Sprechen beeinträchtigt ist, beim Singen jedoch all jene Probleme verschwinden. In diesem Sinne besitzt Sprache nicht nur eine einzige Richtung hervorgebracht werden zu können und Musik kann offenbar einen Einfluss darauf ausüben. Daher stellt sich für vorliegende Arbeit die Frage, wie Musik und im Speziellen das Singen die Sprache bei einer existenten schlaganfallbedingten Aphasie wachrufen kann. Hierzu soll geklärt werden, welche Parallelen und Unterschiede in der Sprach- und Musikverarbeitung bestehen. Wegen differenter Sprachprobleme ist interessant zu beleuchten, welche Defizite wie einen Nutzen aus der Musik ziehen, dadurch gänzlich aufgehoben oder zumindest angemessen therapiert werden könnten. Eine diesbezügliche Antwortfindung beschäftigt die Forschung nach wie vor und setzt ein grundlegendes neurobiologisches Verständnis voraus (vgl. Patel 2013, S. 332). Der Detail- und Facettenreichtum dahinter ist im Rahmen dieser Arbeit nicht zu berücksichtigen und beschränkt sich daher auf einige wesentliche Blickwinkel.

Insofern erfolgt zur Annäherung an die Thematik zu Beginn im ersten Teil ein Überblick über das menschliche Gehirn und seine Hauptfunktionen (Kapitel 1), gefolgt von Erläuterungen zu neuronalen Sprach- und Musikregionen, deren Lokalisation sowie die kognitiven Verarbeitungen bezüglich Wahrnehmung und Produktion (Kapitel 2 u. 3). Die hier hervorgebrachten Inhalte sollen die Basis für die weiteren Abschnitte und Argumente bilden.

Daran anschließend rücken im zweiten Teil (Kapitel 4) die der Fragestellung zugrunde liegenden Sprachstörungen in den Fokus. Die Beschreibungen zum Krankheitsbild eines Schlaganfalls nehmen hier genauso Einzug wie sämtliche Formen der aphasischen Beeinträchtigungen. Damit kann der Umfang der möglichen Auswirkungen eines Schlaganfalls auf die Sprachfunktionen eingeschätzt werden, wobei die dort zu findende Einteilung vor allem Richtwerte darstellen und zur allgemeinen Orientierung dienen.

Der dritte Teil (Kapitel 5) beschäftigt sich zunächst mit dem Versuch des Zusammenführens und Vergleichens von Musik und Sprache, wobei einige Gemeinsamkeiten wie auch Unterschiede aufgedeckt werden (Kapitel 5.1). Dazu werden überlappende elementare Ebenen der Verarbeitung aufgegriffen. Danach wird konkreter auf die jeweilig deutlichen Aufgaben der Hirnregionen und darauf, was bei einer Verbindung von typischen Komponenten beider Systeme passiert, eingegangen. Nachfolgend soll die im Mittelpunkt der Fragestellung stehende Broca-Aphasie und für diese Art hilfreiche musikalische Elemente ins Auge gefasst werden (Kapitel 5.2). Obwohl zwecks Themenrelevanz und der Offensichtlichkeit einer Wirkung von Musik auf die Sprache primär dieser Aphasie-Typ behandelt wird, weitet sich der Blick anschließend auch auf die Wernicke-Aphasie aus (Kapitel 5.3). Jene scheint komplexer handzuhaben sein und wegen bestimmter Bedingungen einen anderen Zugang mit Musik zu fordern. Durch hier aufgegriffene Aspekte sollen neue Sichtweisen für Zusammenhänge von Musik und Sprache und auf eine umfassendere Therapie eröffnet werden.

Der größte Leidensfaktor bei Aphasie nach einem Schlaganfall ist die eingeschränkte Kommunikation. Ob die Spontansprache, sprich die normale Alltagssprache, wiederhergestellt werden kann und welche (musikalischen) Merkmale dafür generell unterstützend wirken, wird im vierten Teil (Kapitel 6) behandelt. Argumente und Erkenntnisse aus den vorigen Kapiteln finden sich hier u.a. gesammelt wieder und werden in als relevant erachtete Teilbereiche gegliedert. An dieser Stelle sollen zudem Anregungen auf detailreichere Untersuchungen gegeben werden.

Der fünfte und letzte Teil der Arbeit (Kapitel 7) umfasst konkrete, bekannte Therapieansätze und gibt einen Überblick auf weitere Methoden. Zudem werden ebenfalls wichtige Aspekte und Argumente, die im Laufe der Arbeit entstanden sind, nochmals gebündelt und Überlegungen angestellt sowie ein Ausblick auf sinnvolle Therapieeinsätze gegeben, bevor die Arbeit mit einer Conclusio und der gefundenen Erkenntnisse wie Antworten auf einleitend aufgeworfene Fragen schließt.

In der gesamten Arbeit wird die männliche Form genderneutral verwendet und umfasst somit männlich/weiblich/diverse Personen.

1. Das menschliche Gehirn – ein Überblick

Als zentrale Leitstelle des Körpers ist das Gehirn in all seinen Funktionsweisen ein hochkomplexes Organ. Für diese Arbeit ist keinesfalls vorgesehen, hier allzu tief in die Materie einzutauchen. Daher wird für den Einstieg ein grober Überblick über die wichtigsten und allgemeinsten Bestandteile, Bereiche und Funktionen des Gehirns gegeben. Dies soll der Vollständigkeit halber für die weiteren Kapitel als nötige Basis dienen.

1.1 Grober Aufbau – wesentliche Bestandteile und deren Funktionen

Im Grunde ist das Gehirn eine große Ansammlung von verschiedenen Gehirnzellen. Zum einen gibt es die Nervenzellen, zum anderen die Gliazellen. Letztere fungieren hauptsächlich als Stützgewebe der Nervenzellen und sind auch für deren Ernährung und Versorgung verantwortlich. Selbst in die Informationsweiterleitung sind sie in gewissem Maße involviert bzw. können diese unterstützen. Die Hauptakteure in der Reizverarbeitung, die nervengewebsbildenden Neuronen, stehen über Synapsen miteinander und über weitere Nervenbahnen bzw. -fasern mit dem gesamten Organismus in Verbindung und übernehmen dessen Steuerung (vgl. Carter et al. 2019, S. 70 u. 71).

Grundsätzlich lässt sich das Gehirn, in Hinblick auf jeweilige spezifische Funktionen, in verschiedene Abschnitte unterteilen. Hier werden im Folgenden grob die wichtigsten genannt. Den innersten Teil des Gehirns bildet der Hirnstamm. Aus evolutionärer Sicht gilt dieser als ältester Teil und stellt die Schnittstelle zwischen Rückenmark und dem restlichen Gehirn dar. Hier werden Atmung, Herzschlag, Blutdruck und Nervensystem sowie notwendige Reflexe (z. B. blinzeln, schlucken) kontrolliert und gesteuert. Zusammen mit dem Zwischenhirn (inkl. Hypo-/Thalamus: zuständig für Schlafrhythmus, Triebe bzw. sensorische und unbewusste physiologische Informationen) bildet er das Stammhirn. Darüber befindet sich das Kleinhirn, das für Bewegung und Motorik, Gleichgewicht und Koordination verantwortlich ist (vgl. Carter et al. 2019, S. 26, 27, 32, 62 u. 63; Markl et al. 2019, S. 1411 u. 1412). Dessen faltige Oberflächenstruktur mit Furchen (Sulci) und Windungen (Gyri) sowie die Teilung in eine linke und eine rechte Hirnhälfte mit jeweils der Unterteilung in drei Lappen, ähnelt der des darüber liegenden Hauptteils des Gehirns – dem Großhirn (Kortex) (vgl. Carter et al. 2019, S. 55 u. 63; Markl et al. 2019, S. 1417). Von hier aus werden die höheren kognitiven Funktionen gesteuert, d.h. Bewusstsein, Gedächtnis, Denk-, Lern- und Sprechfähigkeit.

Dem Großhirn obliegen genau genommen die Beurteilung und die letzten Schritte der Informationsverarbeitung aller körpereigenen und von außen kommenden Reize, die von den niederen Regionen noch nicht verarbeitet worden sind. Die zwei homologen und doch separaten Hälften – die linke und die rechte Hemisphäre – übernehmen jeweils eine spezielle Rolle in der Art der Verarbeitung. Die linke Seite arbeitet eher präzise, analytisch und rational, weshalb ihr in den meisten Fällen (bei den meisten Menschen) die Beherrschung von Sprache und Logik zugeteilt wird. Die rechte ist für eine grobe, ganzheitliche, auch emotionale Verarbeitung bekannt. Darum sind hier die Bereiche wie z. B. Kunst, Musik und auch Intuition verankert. Für die vollständige Ausschöpfung der Funktionsfähigkeit des Gehirns müssen die beiden Seiten ständig miteinander kommunizieren. Durch die Hauptverbindungsstelle zwischen ihnen, dem Corpus Callosum, einem Balken aus Nervenfasern, wird der Informationsaustausch ermöglicht (vgl. Carter et al. 2019, S. 52-57; Hellige 2002, Vol. 2, S. 671ff.; Spitzer 2002, S. 194). Beide kortikale Hemisphären lassen sich grob in jeweils vier Lappen unterteilen (s. Abb. 1), denen ebenfalls bestimmte Funktionen zugeordnet werden können (s. Tab. 1; vgl. Carter et al. 2019, S. 16-21, 28, 30, 33, 39 u. 66-69; Markl et al. 2019, 1416-1419).

Tabelle 1: Hauptfunktionen der kortikalen Lappen

Stirnlappen/Frontallappen (frontal lobe)	u.a. Emotionen, (moralische) Bewertungen, Planung, willkürliche Bewegungen, Sprechen (Muskeln, die für das Sprechen benötigt werden; v.a. links bei Rechtshändern und rechts bei Linkshändern, vgl. Kapitel 2.1)
Scheitellappen/Parietallappen (parietal lobe)	u. a. Körperwahrnehmung und -fühlen wie Tastsinn, Schmerz und Erinnerung an Empfindungen
Hinterhauptslappen/Okzipitallappen (occipital lobe)	u. a. primäres und sekundäres Sehzentrum, optische Verarbeitung, Objekterkennung (Speicherung optischer Erinnerungsbilder)
Schläfenlappen/Temporallappen (temporal lobe)	u. a. Verarbeitung und Verstehen von auditiven Stimuli; primäres Hörzentrum (Enden der Hörbahn) schließt an sekundärem Hörzentrum an (akustische Erinnerungszentrale), Sprachverständnis (v.a. links, vgl. Kapitel 2.1), „Scan“ und Einordnung der Geräuschreize nach Bekanntem oder Unbekanntem

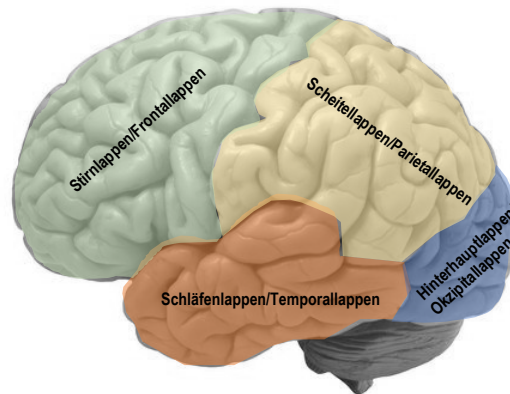


Abbildung 1: Großhirnrinde, unterteilt in die einzelnen Lappen (vgl. Carter et al. 2019, S. 66; Markl et al. 2019, S. 1416; Graphikgestaltung basierend auf Konradin Medien GmbH, letzter Zugriff 5. August 2020)

Nach vorangegangenen Beschreibungen ist zu erkennen, dass je weiter außen sich eine Hirnregion befindet, desto mehr ist diese für höhere mentale, bewusste Abläufe zuständig. Tiefergelegene Bereiche (subkortikal) verarbeiten die überlebensnotwendigen, automatischen Funktionen (vgl. a. Carter et al. 2019, S. 57). Wie ebenso deutlich wurde, sind bestimmte Areale im Gehirn für ganz bestimmte (Körper-)Funktionen verantwortlich. Die Großhirnrinde ist bei den Menschen also größtenteils in gleicher Weise aufgebaut. Trotz der relativ eindeutigen Zuordnung von den verschiedenen Funktionen zu bestimmten Bereichen verschwimmen die Grenzen bei näherer Betrachtung bis zu einem gewissen Grad. Denn einerseits aktivieren im Normalfall die eintreffenden Reize nicht nur einen einzigen Bereich, weshalb in Folge für die meisten Funktionen und Abläufe eine Rekrutierung mehrerer Areale notwendig ist. D.h. es kommt üblicherweise zu einer Zusammenarbeit verschiedener bestimmter Bereiche, über die Hemisphären hinweg (vgl. a. Markl et al. 2019, 1416 u. 1417, Carter et al. 2019, S. 68). Andererseits sollte überdies die Neuroplastizität des Gehirns beachtet werden, die anschließend diskutiert wird. Bestimmte Neuronengruppen mögen zwar genetisch bedingt auf ganz bestimmte Reizeinwirkungen spezialisiert sein und daher die mehr oder weniger allgemein geltende Anatomie des Gehirns bestimmen. Wie sich jedoch die besagten plastischen „Kortexkarten“ durch Informationsspeicherung weiter ausprägen und ausbilden, ist für jeden Menschen individuell und steht in starker Wechselwirkung mit der Umwelt (vgl. a. Spitzer 2002, S. 129 u. 179).

1.2 Hirnaktivität – neuronale Informationsverarbeitung und Gedächtnis

Bei der Geburt ist schon die volle Anzahl an Nervenzellen vorhanden. Ausschlaggebend für die Funktionstüchtigkeit des Gehirns sind die aus der Interaktion mit der Umwelt und aufgrund genetischer Veranlagungen hervorgehenden Verbindungen und Verdrahtungen dieser unzähligen Nervenzellen und -bahnen zu einem neuronalen Netzwerk und der darin liegenden Verschaltung bzw. Kopplung einzelner Teilbereiche. Je nach eintreffendem Reiz und dessen Verarbeitung entstehen bestimmte Verbindungsmuster. Die Einzigartigkeit im Auf- und Ausbau der Vernetzungen erhält das Gehirn durch die persönliche Lebenserfahrung und Lernlaufbahn des Organismus. Die ständige individuelle Anpassung an zu verarbeitende Informationen, Veränderung oder Neuverdrahtungen funktionieren dank der Neuroplastizität, die zwar im Kindesalter größer, im erwachsenen Gehirn jedoch durchaus noch in entscheidendem Maße vorhanden und basisbildend für die bleibende Lernfähigkeit ist (vgl. Jäncke 2015, S. 50 u. 60; Spitzer 2002, S. 174-179).

Reiz- bzw. Informationsverarbeitungen im Gehirn sind vereinfacht aus neurobiologischer Sicht biochemische Prozesse und Gehirnstrukturen. Wenn die Neuronen Informationen verarbeiten, senden sie dabei elektrische Signale aus, d.h. sie „feuern“ in Reaktion auf einen Reiz. Die Nervensignale werden nicht kontinuierlich ausgesickt, sondern bestehen aus mehreren diskreten Impulsen, die man Aktionspotentiale nennt. Über spezielle Verbindungen zwischen den Nervenzellen, den sogenannten synaptischen Verbindungen, läuft die Information dann von einem Neuron zum nächsten. Ein Verarbeitungsprozess entsteht. Je öfter nun eine Information über die Synapsen geschickt wird und dabei beide miteinander in Verbindung stehende Nervenzellen bei der Verarbeitung zugleich aktiv sind (d.h. gleichzeitiges Aussenden von Impulsen), desto stärker wird die Verbindung und desto besser kann der verarbeitete Inhalt dann gemerkt und später wieder erinnert werden. Letzteres wird häufig auch durch multimodale Verknüpfungen (z.B. Gedächtnisstützen, „Eselsbrücken“) erreicht. Im Grunde genommen zeichnet sich die Plastizität des Gehirns also insbesondere durch die variable bzw. plastische Stärke der Verbindungen zwischen den Nervenzellen aus, die für bestimmte weiter unten beschriebene Gedächtnistypen/-prozesse verantwortlich ist (vgl. Carter 2019, S. 70-73; Jäncke 2015, S. 60; Markl et al. 2019, 1430; Spitzer 2002, S. 118, 176 u. 187). Generell gilt dazu, je mehr Wissen schon vorhanden ist, desto leichter fällt die Aufnahme von (neuen) Informationen. Mit der steigenden Anzahl synaptischer Kontakte, die sich exponentiell zum linearen Anstieg der Anzahl beteiligter Neuronen verhält, weiten sich die Kapazitäten für Informationsspeicherung und Verarbeitungsmöglichkeiten

entsprechend aus. Netzwerkoberflächen vergrößern sich am effektivsten durch Übung/Training und infolge entstehen mehr Rezeptoren, Andockstellen und Kontakte (vgl. Jäncke 2015, S. 58-60; Spitzer 2002, S. 131).

Gedächtnisfunktionen können in unterschiedliche Arten aufgeteilt werden (vgl. Goldenberg 2007, S. 21ff.). Bei den bestimmten Prozessen bzw. Systemen kann zwischen zeitlichen (Ultrakurz-, Kurz- und Langzeitgedächtnis) und inhaltlichen (episodisches, semantisches und prozedurales Gedächtnis) unterschieden werden, die trotzdem in gewisser Hinsicht ineinander verschachtelt sind (vgl. Spitzer 2002, S. 116 u. 118). Wie später noch deutlich werden wird, sind gerade die zeitlichen Prozesse für Musik und auch Sprache von entscheidender Bedeutung. Zudem existiert noch ein gewisses Sinnesgedächtnis, das spätestens dann merkbar wird, wenn bestimmte wahrgenommene Strukturen (wieder-) erkannt werden. D.h. ein (sinnbasierter) Reiz, wie z.B. ein Ortsbild, Geruch, Geräusch oder Empfinden wurde in der Vergangenheit bereits verarbeitet und kann bei erneuter Wahrnehmung schneller hervorgerufen werden. Die zu einem früheren Zeitpunkt gebildeten synaptischen Kontakte werden reaktiviert und erleichtern eine eventuelle Weiterverarbeitung der Reizinformation. Solche Gedächtnisprozesse, in denen vorangegangene Erfahrungen und Erlebnisse die neuen Wahrnehmungen bahnen, fallen unter den Begriff Priming (vgl. Spitzer 2002, S. 118 u. 119). Dieser Effekt leistet auch in der Sprach- und der Musikverarbeitung einen wichtigen Beitrag (s. Kapitel 5.1.2.4). In ähnlicher Weise aufwandsschonend, indem bereits bestehende, verstärkte Neuronenverbindungen die Weiterverarbeitung erleichtern, ist vor allem in sprachlichem oder musikalischem Kontext die Aktivitätsoptimierung (auch Optimierungsprozess). Bei gewissem Können werden zum Abrufen der Information für z.B. eine auszuführende Handlung nur mehr die nötigsten Neuronen aktiviert (vgl. Jäncke 2015, S. 61).

Im Ultrakurzzeitgedächtnis passiert die vorbewusste Vorverarbeitung, d.h. der erste Wahrnehmungseindruck (Gesehenes oder Gehörtes) ist hier für eine sehr kurze Verweildauer enthalten, sodass es mit einem Sinnesorgan gleichgesetzt werden kann. Wird die Information nicht weiterverarbeitet, verschwindet sie (vgl. Spitzer 2002, S. 116). Das Kurzzeit- oder auch Arbeitsgedächtnis behält die Information einige Sekunden lang im Bewusstsein (v.a. Frontallappen) aufrecht, sodass sie für den unmittelbaren Gebrauch oder weitere Bearbeitungen zur Verfügung steht (vgl. Goldenberg 2007, S. 21; Markl et al. 2019, S. 1430; Spitzer 2002, S. 117). Die Kapazität dieses Speichers ist begrenzt. Sobald neue Informationen eintreffen und diese Beschränkungen auslasten, werden die alten verdrängt. Das Kurzzeitgedächtnis lässt sich in zwei Subsysteme einteilen, über denen eine zentrale Kontrolle steht.

Ein System ist für die Speicherung von sprachlichen Inhalten verantwortlich, das andere für bildliche und räumliche. Die zentrale Kontrolle kommt vor allem dann zum Einsatz, wenn die Informationen aktiv verändert werden sollen, d.h. sie überwacht und steuert die Vorgänge und den Einsatz kognitiver Module. Auch in Aufnahme- und Abrufvorgang des Langzeitgedächtnisses ist sie involviert (vgl. Goldenberg 2007, S. 21).

Jegliche Information, die ins Langzeitgedächtnis übergegangen und dort abgespeichert wurde, unterlag einer intensiveren Verarbeitung und hat sich dementsprechend in den Synapsen niedergeschlagen. Einmalige Ereignisse, Fähigkeiten, Sprache und Wissen, auch emotionale Reaktionen, Empfindungen, Gerüche, Geräusche und Musik siedeln sich dort an. Selbst wenn sich Inhalte zwischenzeitlich gerade nicht im Bewusstsein befinden, weil sich das Kurzzeitgedächtnis im Moment mit anderen Informationen beschäftigt, sind sie dennoch dauerhaft gespeichert und jederzeit abrufbar. Die Speicherkapazität dehnt sich im Gegensatz zum Kurzzeitgedächtnis ins Unermessliche aus. Aufgrund der Unterschiede in den Inhalten können in dieses System die oben genannten inhaltlichen Gedächtnisprozesse eingeordnet werden (vgl. Goldenberg 2007, S. 21 u. 22; Spitzer 2002, S. 117 u. 118).

Einzelne, einmalige Ereignisse oder das eigene (Er-)Leben betreffende Daten werden im episodischen Gedächtnis gemerkt. Hier besteht auch nur eine einmalige Chance der Verarbeitung bzw. des Lernens; alle nicht-gemerkten Einzelheiten gehen verloren, können aber durch bestimmte Rekonstruktions- und Korrekturfähigkeiten wieder (oftmals aber verzerrt) ergänzt werden. Vermutlich tragen eigenes Empfinden und Erleben verstärkt dazu bei, dass solche Inhalte im Langzeitgedächtnis behalten werden können. Das episodische Gedächtnissystem kann schlicht als „Erinnerung“ bezeichnet werden (vgl. Spitzer 2002, S. 116; Goldenberg 2007, S. 22).

Deutlich mehr Möglichkeiten des Erlernens und der Informationsspeicherung haben jene dem etwas langsamer aufgebauten semantischen Gedächtnis zugeordneten Inhalte. Hier sind Allgemeinheiten abgespeichert, die sich nicht auf einzelne Episoden oder die Person selbst beschränken (z.B. die Muttersprache). Weil diese Inhalte laufenden Wiederholungen unterliegen, werden sie früher oder später als selbstverständlich empfunden und salopp als „Wissen“ bezeichnet. Dem ähnlich ist das prozedurale Gedächtnis, das Fähigkeiten umfasst (vgl. Goldenberg 2007, S. 22 u. 23; Spitzer 2002, S. 116 u. 118).

Die Art der Abrufung aus dem Langzeitgedächtnis kann explizit oder implizit erfolgen. Bewusst abgerufene oder erinnerte Inhalte, die zwingend (und wissend über ihre mentale Verfügbarkeit) „gesucht“ werden können, gelten als explizites Wissen und sind Teil des semantischen Gedächtnisses. Dieser Abrufungsvorgang ist von längerer Dauer und beansprucht

eventuell die oben genannte zentrale Kontrolle. Zudem verfügt er über eine gewisse Flexibilität, nicht zuletzt, weil er an Situationen angepasst und der Inhalt selbstkritisch auf richtig oder falsch beurteilt werden kann. Grammatikregeln der Sprache können bspw. bei entsprechend fortgeschrittener Bildung auf diese Art abgerufen und angewandt werden. Kinder, die die Regeln ihrer Muttersprache jedoch noch nicht explizit kennen, sind trotzdem in der Lage, grammatikalisch korrekte Sätze zu bilden. Scheinbar nebenbei erlernte Fähigkeiten fallen unter die Kategorie „implizites (oder prozedurales) Wissen“. Dieses wird ohne bewusstes Abrufen in Verbindung mit einem zugehörigen Kontext angewandt, was automatisch und schneller als beim expliziten Gedächtnis passiert, weshalb die zentrale Kontrolle hier nicht benötigt wird. Als implizit kann auch der Priming-Effekt betrachtet werden, wenn z.B. das Erinnern an eine vollständige Form die Fähigkeit des Erkennens wahrgenommener Fragmente beeinflusst (vgl. Goldenberg 2007, S. 23; Perry 2002, Vol. 3, S. 256). Die Grenze zwischen semantisch/explizitem und implizit/prozeduralem Wissen bzw. Gedächtnis ist gerade in Hinblick auf den genannten Umstand nicht immer klar, da ein und derselbe Inhalt in beiden Systemen gespeichert sein kann (vgl. Goldenberg 2007, S. 23). Durch die vorherrschende Automatik ist beim impliziten Gedächtnis zudem ein Ausmerzen von eventuell eingelernten Fehlern eine mühsame Angelegenheit (vgl. Goldenberg 2007, S. 24). In den impliziten Lernvorgang ist insbesondere das Kleinhirn entscheidend miteinbezogen, das direkt am Erwerb beteiligt sein soll und als Speicherort dient (vgl. Molinari 2002, Vol. 1, S. 624). Im Zusammenhang mit Sprache oder Musik erfolgt diese Art des Lernens durch eine häufige Darbietung der Inhalte und beansprucht das gesamte auditorische System (vgl. Jäncke 2013, S. 53).

Die zeitlichen Gedächtnisprozesse sollten keineswegs isoliert voneinander, sondern als ein stufenartiger Verarbeitungsvorgang aufgefasst werden. Ein eintreffender Reiz wird aufgenommen, ggf. mit bereits gespeicherten Informationen abgeglichen und infolge entsprechend weiterverarbeitet, wodurch dann eventuell bestehende Verbindungen gestärkt werden können. Ob die Information nur für den momentanen Gebrauch verfügbar bleibt oder sich längerfristig in den Nervenbahnen verankert, hängt wie beschrieben von der Art der Verarbeitung und des Inhalts ab. Lokalisationen sind beim Gedächtnis zwar eher nebensächlich, da im Grunde überall im Gehirn diese Verarbeitungsschritte durchlaufen werden können und die Variabilität und Stärke der Neuronenverbindungen ausschlaggebend sind. Dennoch wurde erkenntlich, dass wie beim Aufbau des Gehirns in verschiedene Funktionsbereiche unterschiedliche Teilbereiche auf jeweilige Verarbeitungsprozesse spezialisiert sind (vgl. a. Markl et al. 2019, S. 1429-1431; Spitzer 2002, S. 117-119).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Ausprägung der bestimmten Netzwerke und Hirnregionen biologisch vorgegeben und zugleich stark vom Austausch mit der Umwelt abhängig ist. Ohne neuronale Plastizität wäre dies einerseits nicht möglich und andererseits gäbe es keine Gedächtnisleistungen, die diverse (kognitive) Funktionen, wie v.a. die im Fokus vorliegender Arbeit stehenden, erst ermöglichen.

2. Neuronale Repräsentation und Verarbeitung von Sprache

Sprache ist eine für den Menschen individuelle und einzigartige Eigenschaft und hinsichtlich Verständigung und Kommunikation mitunter (über-)lebensnotwendig (vgl. Böhme 2003, S. 17 u. 18; Caplan 2002 Vol. 2, S. 657; Scott & Sinex 2010, S. 193). Abgesehen von der besonderen Anatomie und Funktion des Sprechapparats (vgl. Böhme 2003, S. 8-14; Carter et al. 2019, S. 147; Ladefoged & Johnson, 2011; Kluender 2002 Vol. 4, S. 434ff.; Rothgänger 1999, S. 27ff.) sind auch die voraussetzenden kognitiven Anlagen für Sprachverarbeitung und Sprachproduktionssteuerung, und nicht zuletzt für den automatisch ablaufenden Spracherwerb, biologisch und in derartiger Ausprägung rein menschlich (vgl. Carter et al. 2019, S. 142; Rothgänger 1999, S. 14 u. 32ff.). Davon erfasst wird auch das korrekte Verständnis und die Anwendung der komplexen Grammatik, das zwar (primär bezogen auf die Muttersprache) implizit *erlernt*, aber im Allgemeinen als angeboren eingestuft wird (vgl. Carter et al. 2019, S. 146).

Im Laufe des Erwerbs übernehmen spezialisierte Neuronen (-gruppen) basierend auf einem genetischen Entwicklungsmuster bestimmte Verarbeitungsrollen bzw. Funktionen (vgl. Caplan 2002 Vol. 2, S. 669). Angesichts dieser vererbungstechnisch vorliegenden Vorgaben erscheint es sogleich wenig verwunderlich, dass sich für die Sprachfähigkeit in ihrer ursprünglichen Existenz zumindest bei der überwiegenden Mehrheit der Bevölkerung an denselben Orten im Gehirn relativ fix die typischen Haupt-Zentren formieren. Diese (mentalen) evolutionsbedingten Gegebenheiten ermöglichen auch erst den – primär kulturell beeinflussten, nach abgeschlossener Entwicklung entstandenen und definitiv aktiv anzueignenden – Umgang mit der Sprache außerhalb des Gesprochenen in Form von Lesen und Schreiben. Solch mühsamer zu erlernende Zugaben sprachlicher Kompetenz sind jedoch mehr auf die individuelle Neuroplastizität angewiesen, woraufhin deren kortikal örtliche Eindeutigkeit oft stärker ins Schwanken gerät (vgl. Carter et al. 2019, S. 152; Goldenberg 2007, S. 98 u. 99). Die Symmetrie des weitestgehend homologen anatomischen Aufbaus der Gehirnhälften wird besonders durch die Sprachfunktionen aufgehoben. Bei den meisten Menschen besteht für die entscheidendsten sprachassoziierten Komponenten, ebenso als Resultat der Evolution, eine Linkslateralisierung. Die zentralen Areale und Regionen sind, aufgrund der intensiveren und spezifizierten Verarbeitungsleistung, linksseitig teilweise größer ausgebildet. Demnach wird die linke Hemisphäre als führend in der Sprachverarbeitung, d.h. als sprachdominant, beschrieben (vgl. Carter et al. 2019, S. 146 u. 148; Baur 1990, S. 18; Hellige 2002 Vol. 2, S. 675 u. 680ff.; Spitzer 2002, S. 194).

Wie Carter et al. (2019, S. 146) betonen ist die Lateralisierung von Sprache auch die Hauptursache für die charakteristische *funktionale* Asymmetrie des menschlichen Gehirns (vgl. a. Baur 1990, S. 18 u. 19; Caplan 2002 Vol. 2, S. 668; Hellige 2002, Vol. 2, S. 675ff.). Die oben erwähnten unterschiedlichen Arten der Informationsverarbeitung der beiden Gehirnhälften und der damit einhergehenden Spezialisierungen auf bestimmte Funktionen tragen also maßgeblich zu diesem Ungleichgewicht bei. Die homologe rechte (nicht sprach-dominante) Hemisphäre besitzt zwar anatomisch dieselben Anlagen, ist aber schlichtweg auf andere Bestandteile spezialisiert und übernimmt somit einen wesentlichen ergänzenden Part. Ihr wird die Verarbeitung der emotionalen Aspekte der Sprache, wie Prosodie und Pragmatik oder die Erkennung von Sprecher, Stimmen oder Gesten zugeschrieben, was sich vor allem auch für eine lebhaft Kommunikation als relevant erweist (vgl. Carter 2019, S. 57, 146 u. 148; Goldenberg 2007, S. 3; Hagoort & Poeppel 2013, S. 241ff.; Caplan 2002 Vol. 2, S. 668 u. 669; Hellige 2002, Vol. 2, S. 673; Ross 1993, S. 9-23; Spitzer 2002, S. 193; Baur 1990, S. 19). Für die vollständige Funktion des Phänomens Sprache ist der ständige Informationsaustausch und die Zusammenarbeit der beiden Hemisphären über den verbindenden Corpus Callosum wohl eine der wichtigsten Voraussetzungen.

Trotz starker asymmetrischer Tendenzen bezüglich der Sprachrepräsentation in den Hemisphären sollten Beschreibungen korrekterweise durchwegs eher die Bezeichnungen „dominant“ und „nicht-dominant“ anstelle von „links“ und „rechts“ verwenden, um den existenten Verschiedenheiten und Individualitäten den nötigen Raum zu lassen. Im anschließenden Kapitelabschnitt fällt die Konzentration in den Erläuterungen zwar wegen der genetisch bedingten Tatsachen primär auf die linke Seite; diverse mögliche Varianten in der Lateralisierung sowie Lokalisation der Sprachbereiche und -funktionen sind jedoch nicht unbedeutend und wirken sich in gewisser Weise auf andere Funktionen bzw. Fähigkeiten aus, weshalb sie im Folgenden zusätzlich Erwähnung finden.

2.1 Lokalisation von Sprache im Gehirn

Warum sich die entscheidenden Bereiche für Sprache bei den meisten Menschen im Laufe der Entwicklung stärker links niedergeschlagen haben, hängt, wie Hellige (2002 Vol. 2, S. 681) erklärt, mit motorischen Fertigkeiten wie dem Werkzeugbau zusammen. Die zeitlich genau festgelegten und an einen bestimmten Ablauf gebundenen (sequenzierten), gezielten Bewegungen sollen sich im kommunikativen Gestikulieren, sowie bei der Vokalisierung nämlich genauso und mit einer nicht geringeren Bedeutung wiederfinden. Die Ähnlichkeiten münden also in praxisbezogene Eigenschaften wie Rekursion, Einbettung und Generativität (vgl. a. Arbib & Iriki 2013, S. 481-497). Dadurch zeichnet sich letztendlich auch ein grammatikalisch korrekter Satzbau aus. Diese gemeinsamen Merkmale tragen scheinbar die Hauptverantwortung mit, dass sich die hierfür geteilte Gehirnhälfte zur sprachlich-dominanten ausgebildet hat. Überdies liegt die allgemeine Motorik-Planung links lateralisiert vor (vgl. Baynes 2002, Vol. 2, S. 58). Insofern war es offensichtlich der praktisch kürzere kortikale Weg das Haupt-Sprach-Netzwerk und vor allem jene Regionen zur Steuerung der Sprachproduktion stärker dort auszubauen.

Der generellen Kreuzlateralität wegen, wobei die Gehirnhälften jeweils für die Steuerung der entgegengesetzten Körperhälfte zuständig sind, sollte daher folgende Tatsache für wenig Überraschung sorgen, dass sich diese funktionale Asymmetrie auch in der häufigeren stärker einseitig motorischen Geschicklichkeit widerspiegelt und den hohen Prozentanteil (ca. 90%) an Rechtshändern in der Bevölkerung begründet. Etwa 95% der Rechtshänder besitzt demnach eine linksseitige Sprachdominanz (vgl. Hellige 2002, Vol. 2, S. 673). Die Händigkeit ist also im Übrigen ein Indiz für die Lateralisierung von Sprache (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 668; Hellige 2002, Vol. 2, S. 675). Zumindest was die angeborene und nicht zwecks gesellschaftlicher Ideologien umtrainierte Rechtshändigkeit betrifft, lassen sich darüber sicherere Aussagen treffen. Beim Rest der Menschen ist die dominante Hand und die Lateralisierbarkeit von Sprache sowie deren Verhältnis zueinander oftmals weniger eindeutig. So handelt es sich beim Pendant zur Rechtshändigkeit im Regelfall eher mit geringerer Wahrscheinlichkeit um die zweifelsfreie Präferenz der linken Hand, bei welcher vice versa die Sprache schwerpunktmäßig in der rechten Hemisphäre organisiert ist. Scheinbar unleugbare Linkshänder können trotzdem eine linksseitige Sprachdominanz aufweisen. Die höhere Variabilität innerhalb dieser auf die Händigkeit bezogenen Minderheit äußert sich zudem bspw. in einer ausgeglichenen Geschicklichkeit beider Hände oder dem Handwechsel bei bestimmten Tätigkeiten, wobei infolge die Sprachverarbeitung sogar in beiden

Gehirnhälften gleich stark dominant sein kann (vgl. Carter et al. 2019, S. 146 u. 148; Goldenberg 2007, S. 95; Hellige 2002, Vol. 2, S. 673; Spitzer 2002, S. 194ff.). Goldenberg (2007, S. 95) bezeichnet Linkshändigkeit daher als uneinheitliche Eigenschaft und verwendet für sämtliche Abweichungen den Begriff „Nicht-Rechtshänder“.

Neben den Variationen in der lateralen Dominanz kann über die Bevölkerung hinweg auch mit Unterschieden in der Lokalisation einzelner Sprachbereiche innerhalb einer Hemisphäre gerechnet werden (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 668). Insbesondere betrifft dies jene Bereiche um die Kernzonen herum, die zentrale Verarbeitungsschritte unterstützen oder in andere Aufgaben und Anforderungen jenseits der gesprochenen Sprache (s.o.) involviert sind und bei denen die neuronalen Verknüpfungen von Person zu Person individueller ausfallen können. Dadurch bestehen über deren Funktionen oft Unklarheiten. Denn im Allgemeinen ist zur angemessenen Verarbeitung der Vielseitigkeit und Komplexität der Sprache die Aktivität und systematische Interaktion einer Vielzahl rekrutierter Bereiche im Gehirn (kortikal wie subkortikal) erforderlich, wodurch sich das gesamte Sprachnetzwerk dementsprechend weit über genetisch veranlagte Regionen hinweg ausdehnt (vgl. Ardila et al. 2016, S. 112-120, s.u.; Caplan 2002, Vol. 2, S. 663ff. u. 666-668; Carter et al. 2019, S. 148; Hagoort & Poeppel 2013, S. 241ff.; Spitzer 2002, S. 193).

Die gewisse Mannigfaltigkeit in der kortikalen Verteilung der Sprache und die Relevanz der Individualität wäre vor allem vor operativen Eingriffen im Gehirn, hinsichtlich Sprachstörungen (s. Kapitel 4.2) und bei rehabilitierenden Sprachtherapien zu beachten. Nichtsdestotrotz lassen sich aus oben angeführten Gründen der Standortpräferenzen die Hauptkomponenten und einige bestimmte relevante sprachassoziierte Regionen im Kortex mitsamt ihren Funktionen deutlich differenzieren, da sie zum einen eben auf die Mehrheit der Menschen zutreffen und zum anderen zu den am frühesten entdeckt und besser erforschten Gebieten gehören. Jene werden in Abbildung 2 dargestellt und in Kapitel 2.1.1 stützen sich die weiteren Beschreibungen auf die in dieser Grafik veranschaulichten Bereiche.

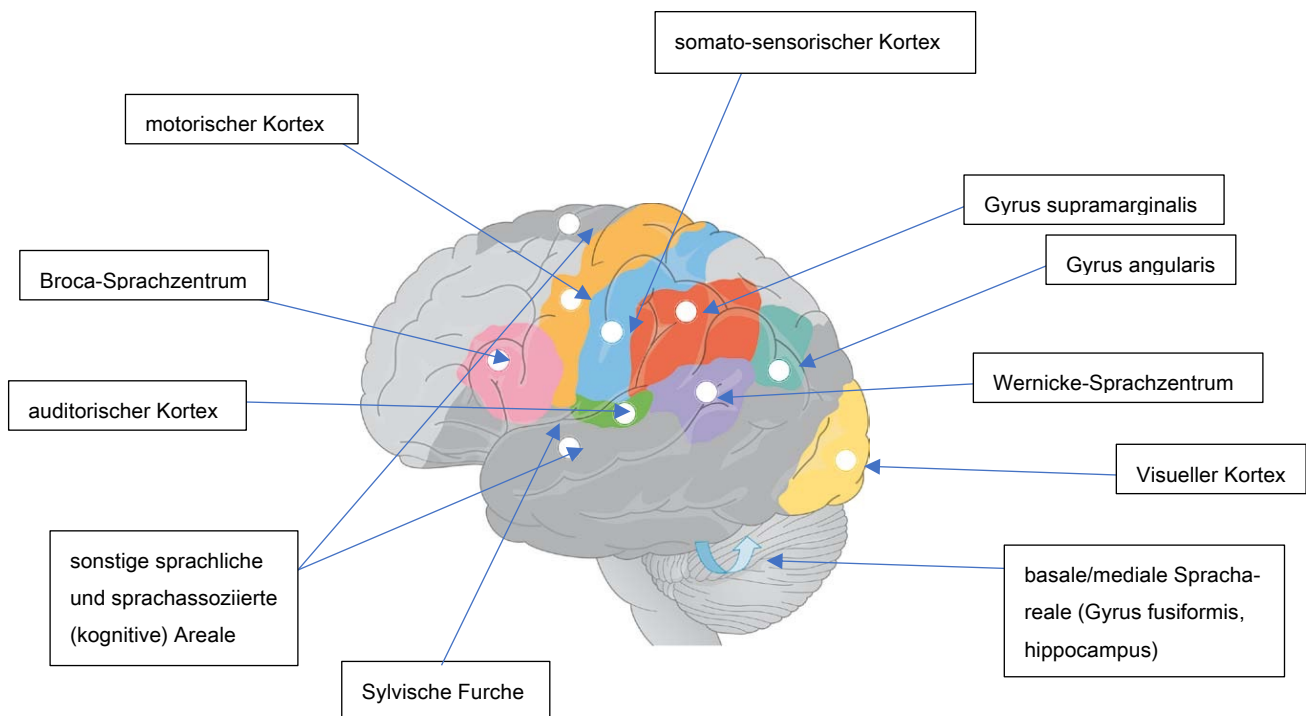


Abbildung 2: sprachliche und sprachassoziierte Areale in der linken Hemisphäre
(vgl. Abel & Lange 2014, S. 88)

Als essenziellstes Areal für die Sprachverarbeitung gilt die perisylvische Sprachregion in der dominanten Hemisphäre. Sie umgibt jene Hirnrindenabschnitte um die sylvische Furche, eine der Hauptfurchen des Gehirns. Folglich reicht sie von unteren frontalen über die oberen temporalen zu den unteren parietalen Regionen und umfasst in diesem Sinne die wesentlichen und am längsten bekannten Kernzentren Broca und Wernicke (vgl. Fritz et al. 2013, S. 451; Goldenberg 2007, S. 95; Hagoort & Poeppel 2013, S. 241; Caplan 2002 Vol. 2, S. 657 u. 663ff.). Funktionale Örtlichkeiten sind innerhalb dieser Region ebenso gemäß den einzelnen Spezialisierungen organisiert. Die Teilbereiche grenzen an jene Nachbarareale an bzw. sind in jene Lappen integriert, die für die grundsätzlichen Rollen in der Verarbeitung förderlich sind. So liegt bspw. das Broca-Zentrum, das allgemein mit der Steuerung der Sprachproduktion in Verbindung gebracht wird, neben dem motorischen Kortex und das Wernicke-Zentrum befindet sich nahe dem auditorischen Kortex, weil mitunter von hier aus dem Gehörten eine Sinnhaftigkeit verliehen werden kann (s. Abb. 2; vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 663). Welchen Abschnitt der perisylvischen Region die externen Bereiche tangieren kann einerseits direkte Aufschlüsse darüber geben, in welchen Verarbeitungsschritt oder welche Aufgabenbewältigung diese involviert sind. Darüber hinaus können weitere Bereiche auch

über Fernwirkung in Funktionen miteinbezogen sein. Daraus bilden sich spezifische Netzwerke (s. Kapitel 2.1.1). Um relevante sprachverarbeitende kortikalen (Teil-)Bereiche und auch die hemisphärische Dominanz bzw. Lateralisierung ausfindig machen zu können, werden Techniken und Verfahren wie bspw. die Methode des Wada-Tests (vgl. Carter 2019, S. 146; Spitzer 2002, S. 194 u. 195; Wada 1949) oder modernere Bildgebungsverfahren (PET, fMRT) herangezogen. Letztere ermöglichen detailliertere Untersuchungen der kortikalen Reaktionen und der funktionellen Neuroanatomie, auch von den unbekannten und kleineren sprachassoziierten Bereichen (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 668; Scott & Sinex 2010, S. 201; Spitzer 2002, S. 181-184). Je besser und moderner das Verfahren, desto mehr Details bezüglich Lokalisation einer Region und deren Funktion können offenbart werden. Daher muss davon ausgegangen werden, dass die Vorstellungen und Erkenntnisse über Sprache im Gehirn seit der frühen Entdeckung des Broca- und später des Wernicke-Areals ständigen Veränderungen unterworfen waren und noch immer sind. Mit der Identifizierung der Kernbereiche war zumindest ein Grundstein für die weiteren Methoden und Untersuchungen gelegt.

2.1.1 Kernzentren, wesentliche rekrutierte Bereiche und deren Funktion

Als Paul Broca Anfang der 1860er Jahre jenen Bereich definierte, der offenbar die Sprachproduktion ermöglicht, stützten sich seine Erkenntnisse allein auf die Obduktionsergebnisse, die läsionsbedingte aphasische Symptome hervorgebracht hatten. Auf dieselben Methoden war auch Carl Wernicke angewiesen, als 1874 seine Entdeckung des für das Sprachverständnis zuständigen Bereichs folgte (vgl. Böhme 2003, S. 5; Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 569; Saffran 2002, Vol. 4, S. 805; Spitzer 2002, S. 180). Damals schienen somit alle Voraussetzungen für die Sprachfähigkeit aufgedeckt worden zu sein, aber die einstigen Umstände ließen noch keine besonders umfangreichen Analysen zu. Bis heute haben sich einige Sichtweisen zu speziell diesen grundlegendsten wie auch anderen sprachassoziierten Arealen und ihren Funktionen längst geändert. Selbst wenn hinreichend Einigkeit über eine Sprachverarbeitungskomponente besteht, kann zusätzlich zur genannten individuellen Variabilität zwischen den Menschen eine Vielzahl an unterschiedlichen Reizen den jeweiligen Bereich aktivieren, sodass mitunter sogar seine bestätigt geglaubte Grundfunktion angezweifelt werden muss (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 575). Broca und Wernicke werden dennoch klassischerweise und auch aus Gründen der besseren Orientierung als die Kernzentren beschrieben und primär mit der Steuerung der Hauptverarbeitungsfunktionen von

Sprache – nämlich dem *Wahrnehmen*, *Verstehen* und *Produzieren* – in Verbindung gebracht. Zunächst soll dazu noch einmal der allgemeingültige Umstand festgehalten werden:

Das Broca-Areal als motorisches Sprachzentrum befindet sich im linken hinteren und unteren Teil der Frontalhirnrinde (auch dritte Frontalhirnwindung bzw. Frontalgyrus). Sein Sitz ist neben dem unteren Bereich des motorischen Kortex (s. Abb. 2), der mit Gesicht und Hals in Zusammenhang steht und dabei liegt nahe, dass ihm dementsprechend die Steuerung der sprech-relevanten Muskeln, sprich die Kontrolle der Artikulation, zufällt. Das Wernicke-Areal mit seiner Hauptverantwortung für Sprachwahrnehmung und -verständnis ist als sensorisches Sprachzentrum auch als oberer Gyrus temporalis bekannt (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 663), da es im linken hinteren und oberen Temporallappen und zum Teil auch im Parietallappen nahe am auditorischen Kortex liegt (vgl. a. Carter 2019, S. 148; Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 569; Hagoort & Poeppel 2013, S. 241; Kluender Vol. 4, S. 446; Saffran 2002, Vol. 4, S. 805). Prinzipiell können diese Gebiete die Verarbeitung der drei Kerntypen von Informationen des menschlichen Sprachsystems – phonologisch (Laute), semantisch (Zeichenbedeutung) und syntaktisch (Regeln) – abdecken (vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 242). Da in Sprachverarbeitungsprozessen meist einige Abläufe gleichzeitig stattfinden müssen bzw. in gewisser Weise ein Verarbeitungskreislauf passiert, ist der ständige Informationsaustausch der beiden Haupt-Areale eine Voraussetzung, die durch bestimmte Verbindungsstellen, wie dem bogenförmigen Fasciculus, erfüllt ist. Dieses Hauptfaserbündel findet man in einer derartigen Ausprägung und Größe nur beim Menschen vor – anatomisch gesehen eines der deutlichen Merkmale für die Einzigartigkeit der Sprachfähigkeit (vgl. Carter 2019, S. 148; Hagoort & Poeppel 2013, S. 241).

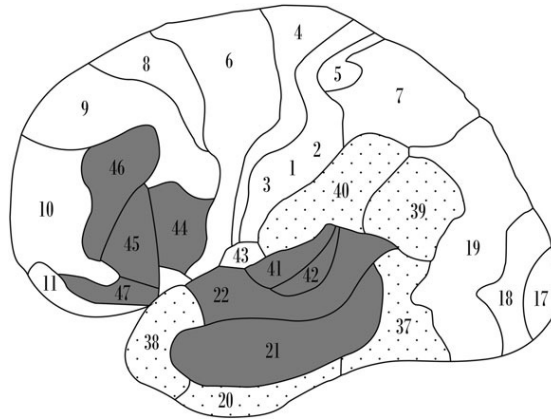
Dem gesamten Umfang der sprachlichen Möglichkeiten und dem aktuellen Wissenstand über neuronale Sprachverarbeitung wird dieses grundlegende Verständnismodell nicht mehr gerecht, da es vor allem ein Bild von wenigen trennbaren Strukturen und recht isolierten Funktionszuschreibungen abliefern, was nicht sonderlich realitätsgetreu ist. Über die grobe Unterteilung des perisylvischen Kortex in die zwei Hauptabschnitte hinaus, setzen sich diese wiederum auch aus verschiedenen Teilbereichen zusammen, welche auf jeweilige Feinheiten in der Verarbeitung spezialisiert sind. Je nach Anforderung und Sprachmuster können sie in Kombination untereinander aktiviert werden bzw. mit perisylvisch externen Bereichen kommunizieren, wie oben kurz erwähnt wurde. Die dadurch entstehenden kleineren Systeme bzw. Netzwerke stellen neben dem Gesamtnetzwerk eine ebenso große Notwendigkeit dar und sind für die zu bewältigende Fülle an Reizinformationen erforderlich.

Für Erläuterungen der in Beziehung stehenden Bereiche wird jene Art der Einteilung hilfreich, die sich an der Zytoarchitektur orientiert. Diese betrifft den gesamten Kortex und bringt ihrem namensgleichen Entdecker nach die Brodmann-Areale (BA) hervor (vgl. Carter et al. 2019, S. 67; Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 571ff.). Demnach können Bereiche mit derselben Zellstruktur funktionstechnisch zusammengefasst werden, wodurch sich die Verortung und Zuordnung bzw. ein in Verbindung-setzen der verschiedenen, oft auch voneinander abhängigen Funktionen erleichtert und besser nachvollziehbar wird. Brocas und Wernickes Gebiet erhalten damit eine spezifischere, detailreichere Darlegung ihrer Aufgaben und Netzwerke, indem umliegende Bereiche zu deren unmittelbaren Unterteilungen und Erweiterungen werden. Darauf wird weiter unten eingegangen.

Zu welchen bestimmten Aktivierungsclustern bzw. Schaltkreisen sich die weitläufigen und auch subkortikal vordringenden sprachverarbeitenden Bereiche ausbilden, kann aus der Metaanalyse von Ardila et al. (2016, S. 112-122) näher entnommen werden. Aus den Beobachtungen geht zwar hervor, was bereits in vorangegangener Argumentation verdeutlicht wurde, dass sich Bereiche, die an der Sprachproduktion beteiligt sind, primär um Brocas Kernzentrum und jene, die die Sprachrezeption und das Sprachverständnis unterstützen, rund um Wernicke versammeln (s. Abb. 2 u. 3). Jedoch ist letzten Endes sowohl das Broca-Areal nicht ausschließlich mit Produktionsaufgaben beschäftigt und auch das Wernicke Gebiet zeigt über die Verständnis- und die Wahrnehmungsfunktionen gesprochener Sprache hinaus ebenso an der Erzeugung Beteiligung (vgl. Ardila et al. 2016, S. 112-122; Crank & Fox 2002, Vol.1, S. 575-585; Saffran 2002, Vol. 4, S. 807-818).

Die zytoarchitektonische Einteilung klärt mehr Überschneidungen der beiden Kernbereiche auf, als vom Standpunkt traditioneller Erklärungen ersichtlich ist und dadurch eröffnen sich weitere Möglichkeiten der Beziehungen zwischen den Bereichen. Austausch und Parallelitäten, wie bspw. bei zeitgleicher Produktion und auditive Rezeptivität während des Sprechens, fallen somit nicht ausschließlich auf die anatomischen Belege für die Assoziationen (bogenförmiger und hakenförmiger Fasciculus) zwischen den Regionen zurück (vgl. Fritz et al. 2013, S. 451; Kluender 2002, Vol. 4, S. 448). Pulvermüller et al. (2006, S. 7865-7870) konnten dazu nachweisen, dass erstens Sprachproduktion und -verständnis nicht separat und in isolierten, spezifischen Modulen abgewickelt werden und zweitens auch anderen nichtsprachlichen Wahrnehmungs- und Motorprozessen ein Zugriff in die Abläufe der Sprachfunktionen gewährt ist. Erzeugen und Verstehen sollen demnach ein neuronales Substrat im präzentralen Kortex (primär motorische Hirnrinde, BA4) gemein haben, welches zugleich Überschneidungen mit körperteilspezifisch nichtlinguistischen motorischen Prozessen und

Aktivitäten (die ggf. zum sprachlichen Ausdruck trotzdem beitragen können) aufweist. Damit legen die Autoren auch fest, dass Verbindungen zwischen Produktions- und Wahrnehmungsmechanismen nicht zwingend sprachspezifisch sein müssen und außerdem jenen allgemeineren Wahrnehmungs-Handlungs-Verknüpfungen (s. Kapitel 3.3) vieler nichtsprachlicher Handlungen ähneln (vgl. Pulvermüller et al. 2006, S. 7868).



*Abbildung 3: Sprachareale nach der Brodmann-Einteilung.
Broca-Komplex (BA44, BA45, BA46, BA47, tw. BA 6); Wernicke (BA21, BA22, BA41 und BA42) und erweiterter Wernicke-Bereich (BA20, BA37, BA38, BA39 und BA40) (vgl. Ardila et al. 2016, S. 120).*

Folgend sind nun einige Funktionen der wichtigsten Bereiche ausführlicher dargelegt, um Netzwerke, Zusammenhänge und Überschneidungen erkennbarer zu machen. Angefangen bei der Broca-Region teilen Crank & Fox (2002, Vol. 1, S. 569-586) diese in ihrer Beschreibung in drei wichtige Bestandteile ein: den eigentlichen Kernbereich (posterior platziert), einen unmittelbar davor liegenden Prä-Broca und einen darunter liegenden Sub-Broca Bereich (auch vordere Insula genannt). Deren Funktionen unterliegen teilweise Unterscheidungen zwischen offener (d.h. laut gesprochener) und innerer (d.h. gedanklicher) Sprache (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 575-584).

Die allgemeinen und für Brocas Region typisch gewordenen Rollen bündeln sich im Kernbereich. Die Aktivierung erfolgt bilateral und fällt bei Rechtshändern dementsprechend im linkshemisphärischen Broca-Areal stärker aus (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 585). Als motorischer Planungsbereich verfügt er primär über die phonologischen Aspekte der Sprache und die sprachlich motorische Programmierung (Steuerung der Artikulation). Die homologe Entsprechung ist auf nonverbaler Ebene für die Planung von Gesten verantwortlich.

Die Nähe und enge Beziehung zum motorischen Kortex, genauer gesagt zum primären motorischen Kortex (BA4, s. Abb. 2 u. 3; vgl. Ardila 2013, S. 117), in dem die unverhältnismäßig großen Repräsentationsbereiche für Hand und Mund (Zungen- und Lippenbewegungen) vorliegen, begünstigt beide Seiten (vgl. Cechetto & Topolovec 2002, Vol. 1, S. 675; Pulvermüller 2006, S. 7868). Jener Abschnitt für den Mund ist aber zur dominanten Hemisphäre hin lateralisiert und ähnlich intensiv aktiv wie das dortige Broca-Zentrum selbst (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 576). Hinsichtlich der planenden Eigenschaft wird der prämotorische Kortex mit dem supplementär motorischen Areal (SMA, s. Abb. 4) hinzugezogen (vgl. Pulvermüller 2006, S. 7868). Das SMA wird bei willkürlichen Bewegungen noch vor der Aktivierung anderer motorischer Areale aktiviert und übernimmt daher vorwiegend die Planung von Bewegungen (vgl. Deecke & Lang 1989, S. 167).

Nach Ardila et al. (2016, S. 117) fällt der somatosensorische Kortex im Parietallappen (s. Abb. 4) ebenso in einen Aktivierungscluster des Broca-Bereichs. Einen Nachweis bieten Aktivierungen im Zuge nicht-sprachbezogener Bewegung (offen oder imaginär, bspw. von Hand oder Arm), wodurch die isolierte Rolle in der Artikulationsplanung und Spracherzeugung in Frage gestellt wird und sich die Funktionen auf die generelle somatosensorische Motorplanung ausdehnen (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 577; Wise et al. 1999 zit. n. Scott & Sinex 2010, S. 201). Brocas Zentrum dürfte damit die Verantwortung über motorische Planung und Berechnung im ventralen somatischen Raum für Bewegungen außerhalb des Gesichtsfeldes tragen (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 580).

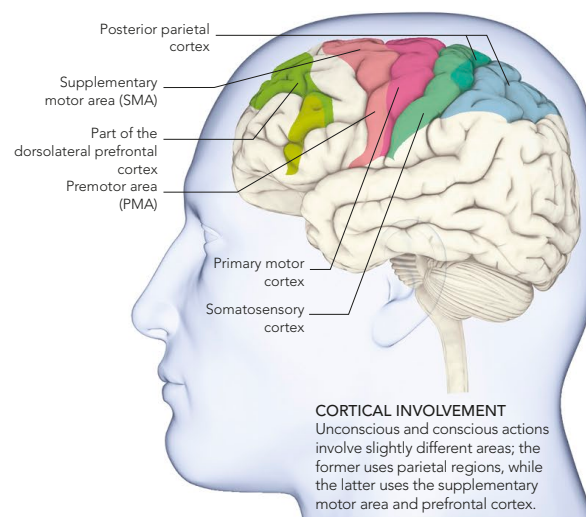


Abbildung 4: Teilbereiche des Motorkortex; Bewegungsassoziierte Regionen um Broca's (vgl. Carter et al. 2019, S. 117)

Prozesse der Bewegungsplanung weisen, nach oben genannter Theorie für die Ausbildung der Sprachzentren in Zusammenhang mit dem Werkzeugbau, eine Verwandtschaft mit dem Konstruieren (grammatikalisch) korrekter Sprache auf. So hat Brocas Kernbereich einen Einfluss auf Grammatik, Sprachfluss und Sequenzierung, womit die Bezeichnung als grammatikalisches System gerechtfertigt wird (vgl. Ardila et al. 2016, S. 117). Hagoort & Poeppel (2013, S. 241) heben dazu seine wichtige Bedeutung für Vereinigungsoperationen hervor – jene Abläufe, bei denen aus mental abgerufenen sprachlichen Bausteinen größere Strukturen erzeugt werden (s. Kapitel 2.2.1.2; vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 235 u. 240 u. 241). Konkreter werden Aktivierungen bei der Bildung von Verben oder Sätzen anhand von gegebenen Substantiven und der Beitrag in der generellen syntaktischen Verarbeitung beschrieben (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 578).

Für die Berechnung von komplexeren Satzgebilden ist ein Aufrechterhalten von Wörtern oder Teilgliedern von Nutzen, weshalb ein Zugriff auf das Arbeitsgedächtnis gegeben sein muss. Das Broca-Areal steht somit mit dem Gedächtnis in Verbindung und mit Gedächtnisaufgaben hängt wiederum primär der dem Parietallappen zugeordnete linke Gyrus supramarginalis (BA40; s. Abb. 2 u. 3) zusammen. Dieser ist u.a. in Wiederholung und semantische Verarbeitung miteinbezogen (vgl. Ardila et al. 2016, S. 119) und gehört eigentlich zum erweiterten Wernicke Gebiet (s. Abb. 3). Der Gyrus supramarginalis ist nämlich im Übrigen zusammen mit dem Gyrus angularis (BA39) für die Verarbeitung des Sprachverständnisses, sensorischer Informationen sowie der räumlichen Wahrnehmung, für Aufmerksamkeit und Lesefähigkeit zuständig (vgl. Filley 2002, Vol. 3, S. 422; Harrington 2002, Vol. 4, S. 600; Vallar 2002, Vol. 4, S. 377). Da der Kernbereich auch schwerpunktmäßig bei Wiederholung von visuell oder akustisch präsentierten Wörtern Reaktionen zeigt und die Wiedergabe einen gewissen Grad an Aufmerksamkeit und Aufrechterhalten des vorgelegten Inhalts im Gedächtnis verlangt, kann hier mit der Unterstützung des BA40 gerechnet werden. Das eigenverantwortliche Abrufen, Vereinheitlichen und Planen von mental gespeicherten Informationen könnte im Fall der Wiederholung auch übersprungen und die direkte Ausführung des Artikulationsplans fortgesetzt werden. Bezogen auf die innere Sprache kommt es im Zusammenhang mit Wiederholung insofern auch zu einer Aktivierung, da das Broca-Zentrum entscheidend in das subvokale Probesystem involviert ist. Diese innere Wiederholung von Sprache ist mit dem phonologischen Arbeitsgedächtnis verbunden. Außerdem soll das Abrufen von Wörtern aus dem semantischen Gedächtnis schon jene Netzwerke zur Erzeugung der Sprachlaute aktivieren, was dazu führt, dass sich bei innerer Sprache und anschließend ausbleibender Vokalisierung u.a. im Broca-Zentrum trotzdem eine Aktivierung zeigt.

Die bloße Vorbereitung auf eine mögliche Artikulation ist dafür scheinbar ausreichend (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 579 u. 580; Molinari 2002, Vol. 1, S. 626). Parallelschaltungen von semantisch und motorisch verarbeitenden Regionen können einerseits damit begründet werden, dass die Aktivierungsmuster ineinandergreifen. Andererseits bestünde laut den Ergebnissen von Pulvermüller et al. (2006) ein Zugriff auf das gemeinsame neuronale Substrat. Primärer und prämotorischer Bereich, beide umfasst vom präzentralen Gyrus, sind demzufolge sowohl an der Planung und Ausführung der Artikulation als auch an der Sprachwahrnehmung beteiligt, da die Wahrnehmung von Sprachgeräuschen bestimmte motorische Schaltkreise im präzentralen (primär-motorischen) Kortex aktiviert – dieselben, die auch bei der Bewegung von Sprachgeräusch erzeugenden Muskeln ausgelöst werden. Das bedeutet, dass Wahrnehmungsrepräsentationen von Phonemen im präzentralen Kortex lokalisiert sind und der sensomotorische Kortex durch (innere) motorische Bewegungen aktiviert wird. Diese Schaltungen werden durch verteilte sensomotorische Zellanordnungen realisiert und umfassen multimodale Neuronen im primären und prä-motorischen Kortex sowie in anderen Teilen der perisylvianischen Sprachbereiche (vgl. Pulvermüller 2006, S. 7866 u. 7868).

Zusammengefasst werden den Clustern des Broca-Kernzentrums nach Ardila et al. (2016, S. 117) Funktionen zugeteilt, die nach den bis hierhin getätigten Beschreibungen im Speziellen neben dem Kern- (BA44) und motorischen Bereich (BA6) auch Zonen im linken sekundären Sehbereich (BA18, BA19) sowie im Parietallappen (BA7, BA39+BA40) und einen Teil des Wernicke Zentrums (BA22) im linken Temporallappen, wo größtenteils Informationen zu Wortformen und -bedeutungen gespeichert sind und der beim Abrufvorgang und parallel ablaufenden Verständnisprozessen miteinbezogen wird, betreffen. Die nicht-dominante Broca-Region ist daneben in jene Aufgaben involviert, die einen Überblick bzw. den Fokus auf das Gesamtbild benötigen, wie z.B. bei Erzeugung/Wiederholung von Pseudowörtern oder verbalen Arbeitsgedächtnisaufgaben (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 585).

Die in enger Zusammenarbeit mit dem Kernzentrum stehende Prä-Broca Region (BA 46/47) ist bei innerer Sprache ohne Vokalisierung ebenso und unter Umständen noch stärker aktiv. Deren Aufgabenbereich beschränkt sich innerhalb des Sprachproduktionssystems mehr auf die verbale semantische Informationsverarbeitung. Motorische Aspekte der Sprache sind daher für eine Aktivierung weniger erforderlich (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 580). Eine ausschließlich semantische Rolle von Prä-Broca kann jedoch wegen einer Vielzahl verschiedener anderer Stimuli bezweifelt werden.

Im Grunde teilen sich BA44 und BA46/47 sehr ähnliche Aktivierungsmuster; die Netzwerke für die semantischen Prozesse erreichen aber vor allem die zum Wernicke-Gebiet gehörenden Areale BA22 und BA21 sowie BA37 (Gyrus fusiformis, s. Abb. 2 u. 3, beteiligt an semantischer Verarbeitung und Objekt-/Gesichtserkennung, vgl. Carter et al. 2019, S. 31) und dessen vordere Verlängerung BA20 (vgl. Ardila et al. 2016, S. 117). Dazu werden eine erhöhte Aktivität bei lauter und stiller Benennung von Objekten sowie stillem Lesen, wobei Prä-Broca scheinbar die Aktivierung eines Artikulationscodes oder Motorplans übernimmt, der dem visuell erkannten (mit Rekrutierung des linken Okzipitallappens, BA18) Objekt bzw. Wort entspricht, beschrieben. Hingegen aktiviert lautes Lesen von Wörtern vermutlich wegen des fehlenden semantischen Prozesses die Prä-Broca Region nicht (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 582). Möglicherweise erfolgt der Prozess hierfür über einen anderen Weg, wo der Einbezug der präfrontalen Region nicht nötig ist. Denn beim Hören der eigenen Stimme und der Aufnahme in den auditorischen Kortex könnten die laut gelesenen Worte direkt in die Obhut des Wernicke Areals gelangen und dort der semantischen Verarbeitung unterzogen werden. Zusätzlich zur Verknüpfung mit dem semantischen Arbeitsgedächtnis bestehen bei Prä-Broca Zusammenhänge mit dem episodischen sowie dem impliziten Gedächtnis (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 581).

Die Nähe zu BA44 und folglich zum motorischen Kortex verursachen des Weiteren vermutlich Reaktionen auf einerseits offene Bewegungen von Arm oder Hand, die keinen primären Nutzen für Semantik oder Sprachproduktion darstellen, sowie andererseits auf imaginäre Bewegungen im Sinne einer Vorbereitung auf die tatsächliche Ausführung (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 582). Außerdem übernimmt Prä-Broca die zentrale Rolle der exekutiven Kontrolle (vgl. Ardila et al. 2016, S. 117), die zur Auswahl der richtigen Zielsprache und zur Koordination der Gesprächsführung notwendig ist (vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 241). Mitunter weist dies darauf hin, dass der Bereich besonders in der Erzeugung spontaner narrativer Sprache, Satzgenerierung und der Analyse der Wortbedeutung einen Beitrag leistet. Wortwiederholungen sowie strukturierte und automatische Aufgaben führen wegen niedriger semantischer Verarbeitungskosten daher zu keiner Aktivierung (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 581 u. 582).

Von hier aus soll vorerst zu dem als lexikalisch-semantisches System definierten Wernicke-Zentrum im Temporallappen übergegangen werden, welches um die Kernregion herum einen spezifizierten erweiterten Bereich besitzt (vgl. Ardila et al. 2016, S. 115 u. 120; s. Abb. 3). Das breitgefächert vorliegenden Aktivierungsmuster, das mit dem Broca-Gebiet zusammenhängt und einige Schwierigkeiten in der Bestimmung der genauen Lokalisation und der

detaillierten Beschreibung einzelner Funktionen aufweist, wird von Saffran (2002, Vol. 4, S. 807ff. u. 815ff.) primär basierend auf Analysen der Symptomatik von Wernicke-Aphasie Patienten erschlossen. Prinzipiell sollen mehrere verschiedenen funktionalen Teilsystemen vorliegen (vgl. Wise et al. 2001 zit. n. Scott & Sinex 2010, S. 201).

Die allgemein bekannte Rolle in der Wahrnehmung und dem Verständnis wird durch die Nähe zum auditorischen Kortex bestimmt. Die entsprechenden Brodman-Areale des Hörzentrums – BA41 und BA42 – gehören bereits zum festen Kern des Wernicke Bereichs (vgl. Ardila et al. 2016, S. 120). Während des Spracherwerbs erfolgt an bestimmten Stellen im Wernicke-Areal die Speicherung von Informationen zur Phonologie, Wortform, Wortbedeutungen und syntaktischer Vorlagen. Der Informationstyp bestimmt, welche/-r Teilbereich/-e aktiviert wird/werden (vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 241). Große Regionen im oberen Gyrus temporalis reagieren bilateral auf auditive Reize, insbesondere auf Wortstimuli, wobei sowohl Wörter wie auch Nichtwörter zu einer Aktivierung führen. Am stärksten wird der dominante obere Temporallappen jedoch bei muttersprachlichen Geräuschen und Klängen aktiviert, was auf den Sensibilisierungsprozess dieser Laute während des Säuglingsalters zurückzuführen ist. Nachdem unbekannte Sprachen ebenfalls eine Aktivierung zeigen sollen, besteht weiter die Annahme einer Beteiligung dieses Bereichs an vorlexikalischer Verarbeitung von Spracheingaben (vgl. Pulvermüller 2006, S. 7867; Saffran 2002, Vol. 4, S. 816 u. 817).

Eine am oberen Gyrus Temporalis befindliche Erweiterung des Wernicke-Areals unter dem Namen Planum Temporalis sei im Speziellen erwähnt (vgl. Zatorre 2002, Vol. 1, S. 289; Hellige 2002, Vol. 2, S. 671 u. 675). Das Hören von Sprachgeräuschen aktiviert die Region verstärkt linkshemisphärisch. Rechts löst das Hören von tonalen Melodien stärkere Reaktionen aus (vgl. Zatorre 2002, Vol. 1, S. 297). Bei Rechtshändern ist sie häufiger in der linken Gehirnhälfte größer. Interessanterweise ist die Linksasymmetrie des Planum Temporalis bei Musikern generell ausgeprägter als bei Nichtmusikern. Liegt zudem noch ein absolutes Gehör vor, so ist auch das Volumen dieser Region größer (vgl. Hellige 2002, Vol. 2, S. 675; Perry 2002, Vol. 3, S. 267; Saffran 2002, Vol. 4, S. 815).

Dem unteren Temporallappen werden Aspekte der Textverarbeitung, insbesondere die Darstellung der Bedeutungen von Substantiven, zugeschrieben (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 663). Eine gesteigerte syntaktische Komplexität geht neben der stärkeren Aktivierung des Broca-Bereichs auch mit einer erhöhten Reaktion des Wernicke-Areals einher, da diesbezüglich vermutlich die Semantik ebenso mehr in Anspruch genommen wird. Zum weiteren Aktivierungsrepertoire gehören Bildbenennungen und Sprachwiederholung.

In letzterem Fall, bei dem der Gyrus supramarginalis (BA40) als direkte Systemerweiterung zum Einsatz kommt, zeigt sich jedoch keine Aktivität bei Pseudo- oder Fremdwörtern, da mit solchen Stimuli keine gespeicherte semantische Information in Verbindung gebracht werden kann (vgl. Saffran 2002, Vol. 4, S. 817).

Das gesamte Sprachsystem wird durch einen weiteren Bereich – den Inselkortex – ergänzt, der von Teilen des Frontal-, Temporal- und auch Parietallappens verdeckt (vgl. a. Markl et al. 2019, S. 1417) und gleichmäßig zwischen den Hemisphären verteilt vorliegt. Die Insula wird als Sprachkoordinationssystem verstanden und ist im Großen und Ganzen mit sämtlichen sprachassoziierten Bereichen verknüpft, die sich in den Hirnrindenabschnitten über ihr befinden. Daher weist sie je nach Lage (anterior oder posterior) einige Ähnlichkeiten bzw. Überschneidungen mit Funktionen und Aktivierungsmustern von Broca und Wernicke auf. Von einer direkten und offensichtlichen Beziehung zur Sprache wird nicht ausgegangen. Eher agiert sie als Knotenpunkt und ihr obliegt so im Austausch mit subkortikalen Hirnstrukturen die Aktivierung und Koordination der kortikalen Kernbereiche (vgl. Ardila et al. 2016, S. 117-120; Crank & Fox, 2002, Vol. 1, S. 582-584).

Unterhalb Broca's Region wird sie als Sub-Broca bezeichnet und ist in Produktionsaufgaben und Bewegungsplanung involviert; in der Sprachdominanten dementsprechend in enger Zusammenarbeit mit dem Kerngebiet BA44 in phonologische und artikulatorische Planung eingebunden (vgl. Crank & Fox, 2002, Vol. 1, S. 582-584). Durch die Verbindungen zu bestimmten motorischen Bereichen für Bewegungsorganisation, insbesondere zu BA6 mit SMA, besteht eine Beteiligung an der Steuerung von Sprachinitiierung und dem selbstständigen Aufrechterhalten der Produktion (vgl. Ardila et al. 2016, S. 117). Die Aktivierung der nicht-dominanten Sub-Broca Region erfolgt nicht immer simultan, deckt sich aber vermutlich gleichsam mit den Aufgaben des rechten Broca-Zentrums. Zudem dürfte diese mehr mit somatischen Repräsentationen zusammenhängen (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 584-586). Wegen der Beziehung zum motorischen Kortex (BA6) und der Beteiligung an motorischer Planung treten generell Reaktionen auf offene und innere Bewegungen auf, wodurch die vordere Insula auch in komplexe, nicht-sprachliche Prozesse involviert ist (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 583 u. 584).

Der Inselkortex besitzt auch visuelle und auditive Assoziationen (vgl. Ardila et al. 2016, S. 120). Damit einher gehen Aktivierungen bei Bild- bzw. Objektbenennungen, Sprachwiederholung (mit Verbindung zum supramarginalen Gyrus; vgl. Ardila et al. 2016, S. 117) und Spracherkennung (mit Verbindung zum primären auditorischen Kortex BA41; vgl. Ardila et al. 2016, S. 120). Geübte und automatisierte Aufgaben aktivieren die Insula eher (vgl. Crank

& Fox 2002, Vol. 1, S. 583 u. 584). Sub-Broca ist außerdem in kontextbezogenen und motorischen Lernaspekten der Sprache einbezogen (Verbindung mit BA7) und hängt mit Aufmerksamkeitskontrolle und Gedächtnis zusammen (vgl. Ardila et al. 2016, S. 118 u. 119). Die Verknüpfung mit dem auditorischen Kortex und den weiteren Assoziationsregionen werden dem hinteren Teil der Insula unter dem Wernicke Gebiet zugeteilt, wo sie neben der Abwicklung auditorischer Eingaben in semantische oder lexikalische Verarbeitung miteinbezogen ist (vgl. Ardila et al. 2016, S. 117, 119 u. 120; Crank & Fox, 2002, Vol. 1, S. 582). Subkortikale Strukturen, die in Verbindung mit sprachrelevanten Funktionen erwähnt werden, sind in erster Linie die Basalganglien, der Thalamus und das Kleinhirn, die unmittelbar verbunden durch bestimmte Schaltkreise zusammenarbeiten und auch dem limbischen System angehören (vgl. Ardila et al. 2016, S. 117; Carter et al. 2019, S. 23; Crosson 2002, Vol.1, S. 371-377; Molinari 2002, Vol. 1, S. 611-627). Über ihre genauen Beiträge bestehen jedoch durchwegs Uneinigkeiten. Sie sollen diverse Informationen nicht direkt selbst verarbeiten, sondern zu einer Aktivierung und Regulierung des Systems im darüber liegenden Kortex beitragen, der in ihre Schaltkreise miteinbezogen ist. Eine Aktivierungsschleife verläuft anhand eines bestimmten Musters, indem kortikale Regionen Informationen zu bestimmten Strukturen der Basalganglien oder dem Kleinhirn projizieren, bevor es zur Weiterleitung zum Thalamus kommt und sich von dort die nun modulierte Eingabe ihren Weg wieder zurück zur Ausgangsposition im Kortex bahnt (vgl. Carter et al. 2019, S. 23; Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 367 u. 371-378; Hazeltine & Ivry 2002, Vol. 3, S. 194 u. 195; Molinari 2002, Vol. 1, S. 624-627; Ohye 2002 Vol. 4, S. 575). Der dazwischen liegende Inselkortex leistet dazu ebenso seinen Beitrag.

In der engen Beziehung mit den kortikalen Bereichen innerhalb dieses schleifenartigen Musters ist oft nicht differenzier- oder trennbar, welcher Teil des Gehirns vorrangig für die konkrete Verarbeitung einer bestimmten Information zuständig ist. So kann es vorkommen, dass sich einige Aufgabenbereiche der besagten subkortikalen Strukturen mit denen decken oder darin eingreifen, die offensichtlich der äußeren Schicht in der perisylvischen Region zugeschrieben werden. Unter Beobachtung von gefäßläsionsbedingten Einschränkungen, die auf den ersten Blick als Defizite der äußeren Hirnrinde interpretiert werden können, wird davon ausgegangen, dass sich manche Funktionen möglicherweise gegenseitig maskieren bzw. direkt voneinander abhängig sind (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 376ff.; Molinari 2002, Vol. 1, S. 625ff.). Da die Fähigkeit, komplexere Reize auf höheren kognitiven Ebenen zu verarbeiten steigt, je weiter außen im Gehirn die Bereiche liegen, kann behauptet werden, dass eine finale Verarbeitung erst im Kortex stattfindet und von innen heraus initiiert wird.

Somit können in Hinblick auf die regulierenden und kontrollierenden Rollen Läsionen der tieferen Strukturen die höheren kognitiven Leistungen, im Speziellen Sprachprozesse höherer Ebenen, stören (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 377; Hazeltine & Ivry 2002, Vol. 3, S. 195). Bezogen auf die Basalganglien sollen Störungen die generativen Aspekte wie verbale Sprachkompetenz, Satzgenerierung, erweiterter Diskurs oder auch das Lösen von lexikalisch-semanticen Mehrdeutigkeiten inklusive Bereitstellung von mehreren Bedeutungen beeinträchtigen. Automatische Verarbeitungen sind nicht betroffen, da die Basalganglien mit komplexeren Aufgaben in Verbindung stehen, die das Anwenden von Wissen in neuem Kontext verlangen. Dadurch wird ihnen auch eine exekutive Rolle in Sprachfunktionen zugeschrieben (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 377; Hazeltine & Ivry 2002, Vol. 3, S. 194).

Die exekutiv auswählenden und initiiierenden Funktionen, die im Sprachkontext deutlich werden und dabei in Wechselwirkung mit anderen Komponenten des Schaltkreises mit äußeren Umständen und innerer Motivation verbunden sind (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 378), zeichnen diese Strukturen im Allgemeinen aus. Denn prinzipiell sollen die als alte Strukturen in der Mitte des Gehirns und Reptilienghirns vertretenen Klumpen grauer Substanz für Motorsteuerung und Bewegung verantwortlich sein, weshalb Störungen auch Schwierigkeiten beim Initiieren einer Bewegung verursachen können. Weitere komplexe kognitive Operationen, die zum Aufgabenbereich der Basalganglien gehören und die Sprachfunktionen begleiten können, sind z.B. Entscheidungsfindung, Erinnern und Lernen (vgl. Carter et al. 2019, S. 23 u. 58; Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 367-369 u. 376). Bezüglich des Lernens und Erinnerns wird eine Beteiligung am Arbeitsgedächtnis erwähnt, da Verbindungen bestimmter Strukturen der Basalganglien zum präfrontalen Kortex bestehen (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 371 u. 378). Dieser hängt üblicherweise mit der kurzfristigen Aufrechterhaltung von Informationen zusammen, um sie unmittelbar weiter zu verarbeiten oder in weitere Aktionen zu integrieren. Dies bestätigt wiederum die exekutive Rolle. Der Einfluss von Basalganglienkreisläufen auf die Frontalfunktionen wurde auch mit Problemen beim Wiederabrufen aus dem Langzeitgedächtnis in Verbindung gebracht (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 377). Basalganglien können weiter eine Rolle bei motorisch prozeduralem Gedächtnis spielen (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 378).

Während die Basalganglien die Repräsentationen höherer Ebenen in der Auswahl und Instanziierung von bestimmten Aktionen und Zielen unterstützen, ist in enger Zusammenarbeit damit das Kleinhirn für die Präzision in der Planung und Ausführung von Motorprogrammen, die eventuell zur Erreichung des festgelegten Ziels nötig ist, zuständig.

Dazu übernimmt das Kleinhirn die Verarbeitung der sensorischen Informationen und deren Integration in die Bewegung, was bedeutet, dass es an Lernaufgaben beteiligt ist, die neben präzisen Bewegungen und Koordination auch die Organisation mit sensorischen Eingaben erfordern. Nachdem die Basalganglien an der Auswahl der Bewegung beteiligt sind, sollen diese im Zuge dessen insofern für das motorische Verhalten wesentlich sein, als dass sie in Abstimmung mit der sensorischen Verarbeitung des Kleinhirns gewünschte Bewegungen verstärken und unerwünschte unterdrücken (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 376; Hazeltine & Ivry 2002, Vol. 3, S. 194 u. 195; Molinari 2002, Vol. 1, S. 625).

Zuzüglich der Rolle in der Motorik (dem motorischen Lernen und der Steuerung) ist es auch in eine Reihe kognitiver Funktionen involviert, wie neben den sprachbezogenen auch z.B. in Stimmungskontrolle, Aufmerksamkeit, Timing und Gedächtnis. Beide Strukturen – Basalganglien und Kleinhirn – sind beim Erlernen von Fähigkeiten nützlich, wobei das Kleinhirn auf Basis von Fehlersignalen (negativer Rückkopplung) und die Basalganglien mittels Belohnungssignalen (positiver Rückkopplung) lernt (vgl. Hazeltine & Ivry 2002, Vol. 3, S. 194; Molinari 2002, Vol. 1, S. 611-627). Bei der Beteiligung des Kleinhirns in der Sprache spiegelt sich die koordinierende Funktion sowohl in motorischen als auch kognitiven Prozessen wider. Diesbezüglich liegt eine engere Verbindung zur Insula vor. Die Produktion grammatikalisch korrekter Sätze wird bspw. durch die Koordination der Funktionen zwischen den sprachassoziierten Hauptarealen möglich. Der Erwerb neuer verbaler Fähigkeiten, Verbgenerierung und Worterzeugung sind sodann von der Kleinhirnaktivität abhängig. Allgemein verwendete und gut geübten verbalen Fähigkeiten benötigen hingegen keine Beteiligung dieser Struktur. Die meiste Aktivierung soll jedoch bei verbalen Arbeitsgedächtnisaufgaben stattfinden (weniger bei stillen artikulatorischen Probenaufgaben), zusammen mit der linken Broca-Region und dem zusätzlichen motorischen Bereich (SMA). Der Zugriff auf das verbale Arbeitsgedächtnis wird mit der Anwendung syntaktischer Regeln gekoppelt. Ein Ausfall des Kleinhirns kann daher zu Beeinträchtigung der verbalen Sprachkompetenz und zu Agrammatismus (vgl. Kapitel 4.2.1, Tab. 2) führen, besonders wenn es sich um neues Lernen handelt. Mentale Sprachsysteme sollen nicht direkt, sondern über die Beeinträchtigung des verbalen Arbeitsgedächtnisses beeinflusst werden. Auf motorischer Ebene wird die Koordination während der Phonation beeinträchtigt. Bezogen auf die Beteiligung an der Sensorik wird angenommen, dass bei Sprachproblemen im Zuge von Kleinhirnläsionen eine Entkopplung von sensorischem Feedback und motorischer Leistung/Planung passiert. Störungen des sensorischen Feedbacks stehen auch mit einer Unaufmerksamkeit ggü. dem Feedback in Verbindung (vgl. Molinari 2002, Vol. 1, S. 626 u. 627).

Als Zwischenschaltstelle im Kreislauf von Basalganglien und Kleinhirn kann der in der Mitte des Gehirns befindliche Thalamus gesehen werden. Als Gruppe von Kernen (Masse verschiedener Neuronen) besitzt auch dieser subkortikale Bereich Verbindungen zu spezifischen kortikalen Regionen und kooperiert als Relaisstation (vgl. Carter et al. 2019, S. 26; Markl et al. 2019, S. 1412) zwischen den untersten Zentren und visuellen, akustischen und somatosensorischen Informationen. Im Grunde sorgt er für ein Gleichgewicht der inneren somatosensorischen, mentalen und emotionalen Umgebung eines Individuums, indem er externe und interne Informationen moduliert und an die Großhirnrinde oder die Basalganglien leitet. Seine Rolle in der Sprache betrifft damit ebenso generierende Aspekte, Spontansprache wie auch Verständnis. Wenn der Thalamus beschädigt ist, können je nach Ort der Thalamusschädigung sensorische, motorische oder psychische Störungen auftreten (vgl. Crosson et al. 2002, S. 368; Ohye 2002 Vol. 4, S. 575).

Auf den Punkt gebracht können die einzelnen Sprachfunktionen in spezifischen Regionen des perisylvischen Kortex lokalisiert werden, umfassen in ihrer Gesamtheit aber viel weitreichendere Bereiche im Gehirn, deren Verteilung sehr individuell ausfallen kann. Zudem treten nicht nur sprachinterne Überschneidungen auf, sondern auch ein Wechselwirken mit externen nicht-sprachlichen Funktionen und Fähigkeiten. Dadurch kann Sprache anderen mentalen Abläufen gegenübergestellt werden, wie es auch Ziel vorliegender Arbeit ist; das Phänomen bleibt jedoch als Ganzes einzigartig.

2.2 Mentale Verarbeitungsschritte und -prozesse

Nach Beschreibung der wichtigsten Areale, die Sprache ermöglichen, gilt es nun, sich konkreter mit dem *Wie* auseinander zu setzen. Die elementaren Vorgänge Wahrnehmung und Produktion sind gestützt auf die auditorisch-mündliche Verarbeitung gegen Ende dieses Kapitelabschnitts erklärt. Die einzelnen Verarbeitungsschritte werden in Echtzeit durchlaufen und passieren im Normalfall (ab einem gewissen Lernstadium bzw. Wissensstand) ohne große Anstrengungen. Für diese, wie sämtliche weitere Operationen des Sprachsystems (z.B. auch (Vor-)Lesen, (Mit-) Schreiben, Kommunizieren usw.) sind der stetige Informationsaustausch und unterschiedliche Prozessoren erforderlich, um Verarbeitungskomponenten notwendigerweise seriell und parallel zu schalten. Von den hierfür im menschlichen Gehirn verfügbaren Kontrollmechanismen beziehen sich manche auf die internen Abläufe des Sprachsystems und andere entscheiden außerhalb dessen aufgrund zusätzlich wahrgenommener Aspekte, welche kognitiven Funktionen und Bereichskombinationen für das

Bewältigen einer bestimmten Aufgabe aktiv werden müssen. Sprache wird somit einerseits von anderen kognitiven Domänen kontrolliert und besitzt andererseits selbst einen Kontrollmechanismus für das intra- wie auch für das intermenschliche Denken und Handeln (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 660-662). Damit die Zusammenarbeit der Kernzentren und die Informationsweiterleitung aber grundsätzlich überhaupt funktionieren und fließende, grammatikalisch korrekte Sprache erzeugt werden kann, ist ein bestimmtes Gen (FOXP2) ausschlaggebend, welches beim Menschen in einer besonderen und von Tieren unterscheidbaren Variante vorliegt. Ist dieses Gen mutiert, treten Sprachstörungen wie bspw. Stottern auf und auch komplexe nicht-sprachliche Gesten können beeinträchtigt sein (vgl. Carter et al. 2019, S. 147; Patel 2008, S. 365ff.). Die für die Sprachverarbeitung obligate Speicherkomponente, die für die einzelnen Prozesse notwendig ist, wird als mentales Lexikon bezeichnet und im Anschluss näher erläutert.

2.2.1 Das mentale Lexikon

Der Speicher der Sprache umfasst Informationen zu den bereits genannten Kategorien (phonologisch, semantisch, syntaktisch), auf die je nach Anforderung, äußerer Eingabe oder beabsichtigtem Ziel zugegriffen wird. Im Verlauf des Spracherwerbs gelangt der Mensch sukzessive von der pränatalen Sprachwahrnehmung über Schreien und der Sprech-Selbsterprobung beim Lallen zu Einwort-, Zweiwort- und telegraphischen Phasen, um schließlich in fließende Sprache überzugehen. Wegen der noch hohen Plastizität des Gehirns ist das Lebensstadium des Säuglings- und Kleinkindalters kritisch und einzigartig für die sprachliche Entwicklung. Bereits in den frühesten Phasen beginnt während der Gewöhnung an die Muttersprache die Speicherung der sprachspezifischen Inhalte im Temporallappen (vgl. Rothgänger 1999, S. 53-108ff.). Die zahlreichen diskreten Einzelteile, verschiedenen Bausteine und Strukturen, die der kontinuierliche Reizfluss der Sprache enthält, schlagen sich mittels impliziten Lernens (s. Kapitel 1.2) im Langzeitgedächtnis nieder und bilden das persönliche mentale Lexikon aus, welches dann laufend Erweiterungen ausgesetzt ist. Jede Informationseinheit wird an der für sie vorgesehenen Stelle abgelegt. Allen sprachlichen Darstellungen kann durch die lexikalischen Codierungen und Verknüpfungen eine konkrete Bedeutung zugeordnet werden (vgl. Caplan 2002 Vol. 2, S. 657).

In der Sprachverarbeitung teilt das Gehirn die Gesamtheit jedes Mal in die gespeicherten Einzelbestandteile auf, auch wenn der vertraute Sprachfluss (anfangs stärker) undifferenziert wirkt und das Wissen über einzelne Phoneme, bestimmte Segmente, phonologische

Darstellungen, Silben, Wort- und Syntaxformen usw. bis hin zu den grammatikalischen Regeln erst spätestens beim aktiven Lernen *über* die Sprache auch ins Bewusstsein rückt (explizites Wissen, s. Kapitel 1.2). Dank generativer Fähigkeiten können die Einheiten voneinander getrennt und zusammengeführt werden. Trotz Veranlagung für die Ausprägung von scheinbar instinktivem Verständnis bzw. richtiger Anwendung von Grammatik und dem Gespür für die muttersprachlichen Gestaltungsgrenze, erleichtert sich erst mit steigender Erfahrung das fehlerfreie Kombinieren sprachlicher Elemente oder das bewusste Benutzen bzw. Abrufen auch von alternativen Worten und Regeln. Die mentalen Analyseschritte verkürzen sich mit der Zeit und Gewisses muss nicht neu erlernt werden, wenn eine neue eintreffende Information sich mit altem, schon gespeichertem lexikalischem Inhalt verknüpfen lässt. Die Verarbeitungsprozesse laufen in extrem hoher Geschwindigkeit im Hundertmillisekunden-Bereich ab. Die Stationen des Abrufens gespeicherten Inhalts, Vergleichens, Zerlegens und Zusammensetzens, die häufig notwendigerweise gleichzeitig stattfinden müssen, gelten für jeden gespeicherten Informationstyp gleichermaßen (vgl. Carter et al. 2019, S. 146, 150 u. 151; Hagoort & Poeppel 2013, S. 234, 235 u. 240-242).

2.2.1.1 Wahrnehmung

Im Fokus des Hörverständnisses beginnt die Wahrnehmung bei auditiv präsentierten und als solche erkannte Sprachreizen, die über die Hörnerven ins Gehirn zu den zuständigen Neuronen geleitet werden, wo sogleich die Zerlegung des Inputs erfolgt und der lexikalische Abfragevorgang mit Zugriff auf die gespeicherten Klangmuster (abstrakte phonologische Darstellungen) von Wörtern ausgelöst wird. Die wahrgenommenen Merkmale, Einheiten und Bausteine werden mit gespeichertem Wissen abgeglichen. Parallel kommt es in einer Art Konzeptzentrum zur Aktivierung einer Reihe damit verbundener und für die Decodierung in Frage kommender Begriffe. Mit jedem weiteren Teil-Input (d.h. z.B. jeder weiteren wahrgenommenen Silbe) reduziert sich die Menge an mitaktivierten potenziellen Wortkandidaten, bis die richtige Entsprechung des Dargebotenen gefunden bzw. erkannt wurde. Erst im Anschluss an diesen lexikal-phonologischen Zugriff erfolgt der Abruf der entsprechenden Bedeutung aus dem semantischen Gedächtnis (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 661, 662 u. 666; Hagoort & Poeppel 2013, S. 233 u. 234; Spitzer 2002, S. 116 u. 200). Im Großen und Ganzen erklärt dies das Wahrnehmungs- und Verständnisprinzip von Worten. Bei der Entschlüsselung von ganzen, aus syntaktischen Kategorien (Nomen, Verben, Adjektive usw.) hierarchisch aufgebauten Sätzen wird zusätzlich noch mithilfe des semantischen

Gedächtnisses die syntaktische Beziehung der Wörter zueinander analysiert und somit von deren Bedeutung auf die im Satz steckenden Botschaft geschlossen. Dabei erfolgt eine sukzessive Vereinigung von gespeicherten und einzelnen Wortformen zugeordneten syntaktischen Eigenschaften (z.B. Nominal-/Verbphrase) zu spezifischen größeren Strukturen. Wiederum werden auch in diesem Prozess mehrere, in die Struktur passende Wortalternativen zeitgleich abgerufen, da manchmal semantische und syntaktische Zweideutigkeiten auftreten können (vgl. Haagort & Poeppel 2013, S. 237). Für die Codierung syntaktischer Beziehungen sind demnach auch sogenannte flexionsmorphologische Prozesse von Bedeutung, d.h. wenn ein Wort in eine andere syntaktische Kategorie umgewandelt wird. Erneutes Lernen der lexikalischen Form und grundlegenden Bedeutung ist dann nicht mehr nötig. Dasselbe gilt für zusammengesetzte Wörter (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 658, 661 u. 662).

Wahrnehmung von gesprochener Sprache beinhaltet vor allem auf einer kommunikativen Ebene mehr als nur die Zuordnung von Klanggestalten und die Bedeutungsfindung von Wörtern oder Sätzen. Der sprachliche Ausdruck ist vielfältig und betrifft auch außerlinguistische Aspekte, wie Gestik und Sprachmelodien bzw. Sprechklang und dahintersteckende Emotionen. Die übermittelte Botschaft kann durch die Art und Weise, wie sie ausgesprochen wird und/oder die Auswahl syntaktischer Kombination verändert oder beeinflusst werden. Auch die Einbettung in einen bestimmten Situationskontext kann Aufschluss über nicht gänzlich eindeutige Aussagen geben. Um bspw. die Intention der Nachricht eines Sprechers aus den im mentalen Lexikon codierten Strukturen und Bedeutungen abzuleiten und richtig interpretieren zu können, ist sowohl die Interaktion von domänenspezifischen Funktionen der verschiedenen Verarbeitungsebenen während des Prozesses wie auch nötiges Hintergrundwissen über bestimmte Umstände wichtig (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 658; Hagoort & Poeppel 2013, S. 235, 236 u. 238). In weiterer Folge entspringt daraus die Diskursebene, die sämtliche Informationen über die Satzbedeutung hinaus vermittelt, welche nicht unbedingt im Gesprächskontext verankert sein müssen, aber zu einem Abruf nichtsprachlichen Wissensinhalts im individuellen Gedächtnis des Hörers führen und bspw. zu persönlichen Schlussfolgerungen anregen (vgl. Caplan 2002, Vol. 2, S. 658).

Eine gewisse Aufmerksamkeitskontrolle ist beim Wahrnehmen und Verstehen in jeder Hinsicht wesentlich. Aufgrund des angeeigneten Wissens und der damit einhergehenden Fähigkeit, sprachintern sowie extralinguistisch kontextuelle Vorhersagen tätigen zu können, werden mittels ressourcensparender Strategien des Gehirns aber häufig überflüssige Informationen nicht vollständig analysiert. Für eine Aufnahme der Kernbotschaft und das korrekte Verständnis ist die Teilverarbeitung ausreichend. Dennoch kann bei einer zu schwachen

Analyse passieren, dass semantisch oder syntaktisch relevante Informationen verloren gehen und daraus eine falsche Interpretation resultiert. Die Verständniskompetenz des Wahrnehmenden kann zudem ein Einflussfaktor dafür sein (vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 237-239).

2.2.1.2 Produktion

Die Physiologie des gesamten Vokaltrakts ist ohne Zweifel eine entscheidende Voraussetzung für die Sprachproduktion, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird. Der Hauptinteressenschwerpunkt liegt bei den kognitiven Abläufen, die die korrekten Muskelbewegungen und die Luftstromregelung sowie den klanglichen Output in Gang setzen und steuern. Im aktiven Prozess des Sprechens müssen in umgekehrter Weise zum Sprachverständnis, bei dem von Ton (bzw. Zeichen) auf Bedeutung geschlossen wird, der richtige Ausdruck der Gedanken gefunden und hörbar gemacht werden. Hier werden wiederum einzelne Bausteine aus dem mentalen Lexikon abgerufen, ausgewählt und passend zusammengeführt, nur eben mit produktivem Ziel. Diesmal erfolgt der Zugriff ausgehend von einer internen, verkündigungsbereiten Botschaft des Sprechers zunächst auf eine Auswahl der für die Wortform erforderlichen lexikalischen Konzepte. Das setzt einen Abruf von mehreren Grundwortformen (Lemma) in Gang, woraus ein Zielwort ausgewählt und dann phonologisch codiert wird. Dabei erfolgt der Zugriff auch auf die phonologischen Darstellungen im Wernicke-Gebiet. Welches Affix (Wortzusatz, -anhang) oder welche Silbe(-n) daran noch angefügt wird, ist vom aktuellen Sprechkontext abhängig. Die Sprachlaute des ausgewählten Wortes werden genau wie bei größeren Strukturen mittels Vereinigungsoperationen auf Basis bestimmter Regeln aneinandergereiht. Mit der Übertragung zu den zuständigen Bereichen für die motorische Programmierung werden sie mit der Aktivierung des Motorkortex und des Sprechapparats in Schallwellen umgewandelt, sprich hörbar artikuliert (vgl. Carter 2019, S. 148; Caplan 2002, Vol. 2, S. 666; Hagoort & Poeppel 2013, S. 239 u. 240). Bei den ähnlich enorm schnell ablaufenden produktionsbasierten Abfrage- und Vereinigungsprozesse ist die Fehlerquote bei bis zu 4 Wörtern pro Sekunde verschwindend gering (vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 240). Alle oben genannten möglichen Zusatzaspekte, die das Gesagte begleiten oder die Botschaft beeinflussen, werden natürlicherweise bewusst oder unbewusst parallel mitproduziert bzw. durch sonstigen körperlichen Einsatz zum Ausdruck gebracht.

3. Neuronale Repräsentation und Verarbeitung von Musik

Eine größere philosophische Dimension nimmt wohl jene Frage ein, ob zuerst Sprache oder Musik auf der Bildfläche bzw. in den Köpfen der Menschen erschienen bzw. entstanden ist. Diese Thematik wird weiter unten noch diskutiert. Zur überlebensnotwendigen Verständigung waren die musikalischen Schall-Konstrukte jedenfalls nicht in gleicher Form geeignet, weshalb sich auch keine wirklich einheitlichen Hauptzentren in den menschlichen Gehirnen entwickelt haben. Die Welt der Musik scheint dennoch in mindestens genau so hohem Maße vertraut. Allein die Auswirkungen auf emotionaler Ebene und der Eingriff in die Gefühlswelt versprechen eine uralte, bis ins Reptilienhirn zurück verfolgbare Existenz (vgl. Altenmüller & Bernatzky 2015, S. 222ff. u. 233; Kreutz 2015, S. 274; Spitzer 2002, S. 362). Tatsächlich gibt es bei der Wahrnehmung und Produktion von musikalischen Ereignissen die einen oder anderen Überschneidungspunkte mit sprachverarbeitenden Ressourcen (s. Kapitel 5.1ff.). Nur in der spezifischen Festlegung von Ort und Funktion können häufiger Schwierigkeiten auftreten.

Selbst wenn die für Sprache rekrutierten Bereiche im gesamten Gehirn verteilt und dazu noch einige Variationen in Lokalisation und dergleichen möglich sind, so streuen sich die auf musikalische Reize reagierenden Regionen und die zahlreichen an der Speicherung musikbezogener Informationen beteiligten Areale in unvergleichlicher Art und Weise (vgl. David 1989, S. 101; Spitzer 2002, S. 208). Der Facettenreichtum eines musikalischen Ereignisses stellt nur die eine Seite der Medaille einer weitreichenden multiplen neuronalen Aktivierung dar. Vielmehr unterliegen die zur Wahrnehmung und Produktion von Musik herangezogenen Areale einer noch größeren Individualität und Verschaltung, die von Person zu Person unterschiedlich ausgeprägt sein können (vgl. Spitzer 2002, S. 197). Daher ist die Allgemeingültigkeit, die die Sprachfunktion (berechtigter Weise) in die linke und Musik währenddessen eher in die rechte Hemisphäre verfrachtet, nur so weit korrekt, bis die Beachtung der Spezialisierung der jeweiligen Hemisphäre und deren unterschiedliche Verarbeitungsart in Hinblick auf Erfahrungswerte ins Spiel kommen. In diesem Kapitel wird wegen der mangelnden Einheitlichkeit auf eine explizite Beschreibung musikverarbeitender Regionen verzichtet, wie dies beim vorigen Abschnitt für Sprachzentren vollzogen wurde. Stattdessen werden relevante Bereiche in den Unterkapiteln parallel zu den Erläuterungen der Verarbeitungsprozesse genannt.

3.1 Individuelle Erfahrung als Indikator für Ausprägung musikverarbeitender Regionen

Der Mensch wird bereits im pränatalen Zustand auf seine Muttersprache(-n) trainiert, deren Entschlüsselung dann später mehr oder weniger auf Anhieb automatisch ablaufen kann. Jemand, der einer Sprache (noch) nicht mächtig ist, wird die wesentlichen Einzelheiten nicht filtern und vor allem nicht verstehen können, weil dafür im Gehirn nichts abgespeichert wurde, auf das zurückgegriffen werden könnte. Die fremde Sprache würde dann aufgrund der fehlenden Lernerfahrung weniger analytisch und verständnismäßig wahrgenommen werden, sondern eher ganzheitlich und auf die prosodische Kontur beschränkt. Ergo würde hier, wenn man sich die Art der Verarbeitung der beiden Gehirnhälften in Erinnerung ruft, die rechte Hemisphäre stärker in Anspruch genommen werden, wie es im Allgemeinen auch von Musik behauptet wird. Daraus geschlossen müsste jeder Mensch Musik oberflächlich und emotional als etwas Ganzes wahrnehmen und entsprechend wenig Erfahrung mit ihr haben.

Tatsache ist, dass Musik aufgrund bereits erwähnter Bedingungen zwar nicht denselben Stellenwert wie Sprache erreicht, zuletzt auch deswegen, weil nicht jeder Mensch im Laufe seines Lebens in gleichem Maße musikalische Bildung erfährt (vgl. Spitzer 2002, S. 198). Allerdings beeinflusst die Intensität und die Häufigkeit der Beschäftigung die Lateralisierung wie auch die Lokalisation von musikverarbeitenden Bereichen. Musik bloß nebenbei und ganzheitlich zu hören, geht somit mit einer stärker rechtsseitigen Aktivierung einher. Die Logik hinter den einzelnen Einheiten zu erkennen führt dazu, dass gleichzeitig die Verarbeitung verstärkt in eine analytische Richtung tendiert und folglich beide Hemisphären, wenn nicht sogar stärker die Linke, aktiviert werden. Das bedeutet, wie Musik wahrgenommen und in ihren Teilelementen *verstanden* wird, hängt auch von der persönlichen Erfahrung ab, was sich letztendlich darauf auswirkt, an welchen Orten im Gehirn sich das Netzwerk von auf musikalische Reize reagierende Neuronen individuell verdichtet (vgl. Epstein 1989, S. 153; Jäncke 2015, S. 52; Spitzer 2002, S. 179, 196 u. 197). Die Musikwahrnehmung ist in noch größerem Ausmaß von der neuronalen Plastizität abhängig (vgl. Spitzer 2002, S. 179). Eine tiefere, genauere und auch langfristige Verarbeitung musikalischer Inhalte hat einen andersartigen Aufbau des Netzwerks zufolge und kann als Unterscheidungspunkt zwischen Musikern und Nicht-Musikern gesehen werden (vgl. Jäncke 2015, S. 50ff; Spitzer 2002, S. 187 u. 188).

Ob es für musikalische Elemente und Strukturen ebenso ein mentales Lexikon wie für Sprachinhalte gibt, kann zumindest nicht allgemein behauptet werden. Ein Vergleich mit der sprachlichen Speicherkomponente sollte ohnehin kritisch betrachtet werden, denn die musikalischen Elemente beziehen sich eben nicht in vergleichbarer Weise auf definierte Bedeutungen bzw. Wahrheiten, Sachverhalte und Zustände aus der Umwelt (vgl. David 1989, S. 101; Fritz et al. 2013, S. 424; Lerdahl 2013, S. 260, 271 u. 272). Der persönliche Zugang zur Musik wäre für die Ausbildung einer Speicherkomponente, auf die gegebenenfalls zurückgegriffen werden kann, ein ausschlaggebendes Kriterium. Wie stark sich diese ausprägen und organisiert sein könnte, bzw. wie sie verwendet würde, hängt wiederum von der Individualität des Individuums und dessen Lernerfahrung ab.

3.2 Wahrnehmung

Die Musikwahrnehmung umfasst mehrere Ebenen, sowohl physikalisch als auch neuronal, psychologisch und emotional. Die Vorgänge sind hochkomplex und in ständiger Zusammenarbeit. Diesbezüglich gäbe es unzählige Phänomene mit unterschiedlichen Einflussfaktoren und Individualitäten zu beachten. Die Forschung dazu gilt lange nicht als abgeschlossen, weshalb sich nachstehende Erläuterungen auf das Wesentlichste konzentrieren. Für ein Zustandekommen dieser Fähigkeit sind wiederum die einzigartige Beschaffenheit und Funktionen des menschlichen Gehirns unerlässlich. Im Allgemeinen laufen bei der Verarbeitung mehrere kognitive Prozesse ab, die von der persönlichen Erfahrung und vom kulturellen oder traditionellen Umfeld moduliert werden können. Koelsch (2013a, S. 142-145 u. 2013b, S. 103-109) beschreibt insgesamt sieben Wahrnehmungsstationen, welche gegebenenfalls und notwendigerweise auch gleichzeitig stattfinden.

Eine musikalische Darbietung stellt im Normalfall ein Produkt aus mindestens den melodisch, harmonisch und rhythmischen Bestandteilen dar. Dabei besteht in der Regel ein gegenseitiges aufeinander Ein- bzw. Wechselwirken, das in der Wahrnehmung erfasst werden muss. Prinzipiell wird auch der musikalisch akustische Reiz mittels zuständiger Verarbeitungsmechanismen zerlegt, strukturiert, analysiert, bewertet und mit gespeichertem Wissen abgeglichen. Während der Aufnahme des kontinuierlich eintreffenden akustischen Inputs ist der Temporallappen beidseitig aktiv, in dem beim primären und sekundären Hörkortex sowie umliegenden Strukturen (vgl. Spitzer 2002, S. 209) die Verarbeitung mit einer Zerlegung bzw. Extraktion der Einzelbestandteile gestartet wird. Wo ein jeweiliger elementarer Reizparameter eine Reaktion hervorruft, hängt trotz individueller Erfahrungswerte und

Auseinandersetzung im Groben mit den Spezialisierungen der Gehirnhälften und der einzelnen Regionen auf bestimmte Komponenten zusammen (s.a. Kapitel 5.1.3.1). Nach den automatisch ausgelösten psychoakustischen Strukturierungsmechanismen (Gruppierung, vgl. Patel 2008, S. 106-112; Kapitel 5.1.2.1), durch die die ähnlichen oder als zusammenhängend bewerteten Merkmale in sinnvolle Einheiten eingeteilt werden, erfolgen dann je nach Vor- oder Hintergrundwissen die bewussteren Weiterverarbeitungen und Bedeutungszuweisungen (im Gegensatz zur Sprache auf einer abstrakteren Ebene, vgl. Arbib & Iriki 2013, 496; s. a. Kapitel 5.1.3 u. 5.3.1.1). Solche Strukturierungen können über die lokale Ebene hinaus auch in größeren Dimensionen erfolgen, wie z.B. bei einem Musikstück, wobei hier aber vor allem auf angelerntes, kontextuelles Wissen zurückgegriffen wird (vgl. Koelsch 2013b, S. 183). Für die Fragestellung bleibt hier die Melodie- und Rhythmusverarbeitung interessant, mit zusätzlich kurzer Beachtung von Klangfarbe bzw. Harmonie, die später im Laufe des Kapitels 5.1. noch ausführlicher werden wird.

3.2.1 Fokus: Verarbeitung von Melodie und Rhythmus

Für den Großteil der Musikstücke kann zweifelsfrei behauptet werden, dass sie vom obligaten Zusammenspiel melodischer und rhythmischer Strukturen getragen werden und durch sie überhaupt erst eine erkennbare Form bekommen, sofern sie auf bestimmte (gewohnte) Art und Weise aufeinander abgestimmt zu einer Einheit verschmelzen und (wieder-) erkennbare Muster ausbilden. Eine Komponente kann die andere stützen und strukturgebend sein. Aber auch innerhalb einer Domäne können die Beziehungen zwischen den sequenziellen Bausteinen durch gewisse (verinnerlichte) Regeln charakteristische Formen und Verläufe annehmen. Melodische und rhythmische Elemente unterliegen oft sequenziellen und hierarchischen Ordnungen, deren Ebenen voneinander abhängen und zeitgleich verarbeitet werden können. Das dazu erforderliche Wahrnehmungsprinzip basiert zwar auf allgemeinen Hirnfunktionen, wird aber wiederum durch eine auf implizitem Wissen basierende Erwartungshaltung des Hörers geprägt (s. a. Kapitel 5.1.2 u. 5.1.3). Da sich die verwendete Literatur auf die westliche Musiktheorie konzentriert, dürfen dazu anschließende Beschreibungen der hervorgehobenen Komponenten nicht als universell geltende Tatsachen beurteilt werden. Bevor die melodischen Strukturen zum konkreten Beobachtungsgegenstand werden, wird die Aufmerksamkeit auf ihre basisbildenden Grundbestandteile, d.h. die Töne mit unterschiedlichen Tonhöhen gerichtet. Denn um Melodieanteile filtern zu können, muss zuallererst die Wahrnehmung dieser Elemente funktionieren.

Vorweg soll am Rande bemerkt werden, dass Ton und Klang nicht vollkommen idente Ereignisse darstellen. Reine Töne kommen in der Natur praktisch nicht vor, denn jeder natürliche Klang besteht aus mehreren Teiltönen (meist einem Grundton und dazugehörigen Obertönen). Somit sind mehrere Frequenzen enthalten und es handelt sich bei einem harmonischen Verhältnis derer eher um Klänge. Die Obertonspektren wirken sich wiederum auf die wahrgenommene bzw. empfundene Klangfarbe, aber auch auf die Tonhöhe aus (vgl. Patel 2008, S. 28ff.). Bei reinen Tönen ist eher von Sinustönen mit fester Tonhöhe von nur einer bestimmten Frequenz die Rede.

Für die Weiterverarbeitung und Unterscheidung von vom Hörorgan aufgenommener Töne und Klänge sind tonotopisch organisierte Felder des primären auditorischen Kortex im oberen Temporallappen zuständig. Dort werden die im Hörereignis enthaltenen Frequenzen an den entsprechenden Stellen abgebildet und die Tonhöhen beurteilt (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 244; Spitzer 2002, S. 185). Bei Musikern ist die auditorische Region im Gegensatz zu Nicht-Musikern größer ausgebildet. Tendenziell wird für die Verarbeitung der spektralen Tonhöhe vorzugsweise der rechte auditorische Kortex herangezogen, genauso bei speziellen Wahrnehmungen auf höherer Ebene (z.B. virtuelle Tonhöhe). Die mit der Tonhöhe in direktem Zusammenhang stehenden Parameter Harmonie, Stimme, Tonalität, Intervalle und Tonleitern sind folglich in der Nähe dieser Region repräsentiert. Aber auch Takt, Dynamik und Melodie sind dort vertreten (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 245; Spitzer 2002, S. 109 u. 209). Die linke Hemisphäre bleibt jedoch in der Klangfarbenerkennung nicht ausgespart (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 246). Insgesamt sind Tonhöhe, Harmonie und Klangfarbe jene Parameter, bei denen bezüglich der genaueren Verarbeitung und Lokalisierung noch einiges offen ist. Sie hängen größtenteils von persönlichen Empfindungen ab, weshalb sie als subjektive Qualitäten gelten (vgl. Patel 2008, S. 13; Perry 2002, Vol. 3, S. 244-247). Besonders der (tonale) Kontext, in dem sie auftreten, kann sich entscheidend auf die Wahrnehmung (oder die Bedeutungszuweisung eines Tons z.B. im Akkord oder Intervall) auswirken (vgl. Koelsch 2013b, S. 23-25; Patel 2008, S. 11-37).

Nachdem verschiedene Tonhöhen voneinander unterschieden werden können, ist eine Konturerkennung aus sequenziellen Höhen und Tiefen nicht mehr weit. Im musikalisch-melodischen Kontext passiert die Aneinanderreihung von Tonhöhen typischerweise in diskreten Abständen (Intervallen). Eine charakteristische Intervallabfolge ist ein wichtiger Faktor für die Wiedererkennung einer Melodie, unabhängig von der Tonlage oder zeitlichen Verzerrung. Das bedeutet, dass Melodien mental in ihrem spezifischen Konturverlauf abgespeichert sein könnten und dabei nur das Verhältnis der physikalischen Frequenzen zwischen

den Tonhöhen relevant ist (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 27-29 u. 32; Koelsch 2013b, S. 23). Dazu machen leichte Verzerrungen des Intervallmusters bekannte Melodien nicht sofort unkenntlich, da ebenso konturverletzende und konturerhaltende Änderungen als solche wahrgenommen werden (vgl. Patel 2008, S. 23 u. 195).

In der Melodiewahrnehmung ist darüber hinaus jedoch die Erkennung von Ganzheitlichkeit und dem zwischenklanglichen Spannungsverhältnis entscheidend. Durch die psychoakustischen Prinzipien in Begleitung einer bestimmten harmonischen Erwartungshaltung gegenüber einem folgenden Ton (z.B. bei Skalenzugehörigkeit, Tonikabeziehungen; s.a. Kapitel 5.1.2.1-5.1.2.4) können Tonfolgen als zusammengehörig bewertet und in Einheiten (Tonsequenzen oder Phrasen) eingeteilt werden. Dabei spielt die Erkennung von Grenzen zwischen den Einheiten bspw. in Form von hervorstechenden lokalen Veränderungen, wie der Dauer eines Tons (z.B. Verlängerung), der Tonhöhe (z.B. Absenken), der Intensität oder Klangfarbe sowie motivische Wiederholung eine Rolle (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 20-26 u. 36; Patel 2008, S. 108). Phrasen können damit auch besser im Gedächtnis behalten werden (vgl. Spitzer 2002, S. 131). Je willkürlich, zufällig oder unerwarteter die Tonabfolge ist, desto schwieriger wird die Erkennung und Bewertung von Zusammengehörigkeit, Mustern und Regelmäßigkeiten einer harmonisch melodischen Form bzw. spezifischen Melodie.

Die Fähigkeit zur gestalthaften Wahrnehmung als wichtiges Kriterium für die Melodieverarbeitung soll u.a. die rechtseitige Lateralisierung ihrer Rezeptoren verstärken, obwohl die seriellen Eigenschaften eigentlich ein Spezialfall für die linke Hemisphäre wären (vgl. Spitzer 2002, S. 194 u. 197). Zudem begründen eine rechtsseitige Verarbeitung musikalischer Tonhöhen und der speziell beim Hören von Musikstücken aktive rechte obere Temporallappen diesen lateralen Zustand (vgl. Spitzer 2002, S. 200 u. 310). Auf diskrete, musikalisch kontextuelle Tonhöhenabfolgen reagierende Regionen bilden dort spezielle Schaltkreise aus. Dennoch wird die Dominanz der rechten Gehirnhälfte für Melodie als relativ betrachtet. Je strukturierter eine Tonhöhensequenz, desto größer soll die Zusammenarbeit beider Gehirnhälften sein. Bei der Verarbeitung komplexerer melodischer Sequenzen besteht sogar eine stärkere Aktivität in der linken Hemisphäre, unabhängig davon, ob ein zugehöriger Text vorhanden, die Sequenz unbekannt oder eine Benennung erforderlich ist (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 249).

Eine musikalische Melodie vervollständigt sich durch die zeitliche Organisation der Tonhöhenkontur (vgl. Patel 2008, S. 194). Zeitliche Muster bzw. eine rhythmische Gestalt erleichtern oftmals die kognitive Strukturierung. Das nach (harmonischer) Regelmäßigkeit strebende Gruppierungssystem des Gehirns funktioniert bei rhythmischen Abfolgen besser.

Ein periodischer Grundschatag (isochroner Puls) mit hierarchisch aufgebauten schwereren und leichteren Zählzeiten (vermehrt in westeuropäischer Musik vertreten) stellt Anhaltspunkte für die Gruppierungsprozesse dar. Sowohl für Rhythmus wie auch für Melodie und Harmonie können stabile und instabile bzw. stärkere und schwächere Ereignisse beobachtet werden, die manchmal einen direkten Bezug zueinander aufweisen (bspw. Tonika als stabile, zentrale Tonhöhe einer Skala fällt mit schwerer Zählzeit oder längerer Tondauer zusammen, wodurch stärkeres Entspannungsgefühl hervorgerufen wird). Sie fungieren dann als Merkmale sinnvoll eingeteilter oder abgeschlossener Einheiten (vgl. Koelsch 2013b, S. 35; Patel 2008, S. 198-201). Die Erkennung rhythmischer Strukturen sowie eines Beats ist ebenso stark von kulturellen Hörgewohnheiten abhängig (vgl. Patel 2008, S. 97, 98, 101 u. 103).

Bei der Schlagwahrnehmung handelt es sich laut Patel (2008, S. 102) um ein „mentales Zeitmodell“ – ein komplexes Phänomen mit kognitiven und neuronalen Grundlagen, in dem periodische zeitliche Erwartungen die Schlüsselrolle spielen. Darüber hinaus lassen sich speziell zu einem regelmäßigen Puls Bewegungen (klopfen, tippen, klatschen, tanzen, gehen etc.) gut und leicht synchronisieren, womit in weiterer Folge die Koordination mit anderen Teilnehmern besser funktioniert, was wiederum einen belohnenden Effekt mit sich bringt. Eine spontane Bewegung im Takt scheint in der Natur des Menschen verankert zu sein, wobei aber nicht genau der Grundschatag getroffen werden muss; z.B. löst Klopfen auf halber oder doppelter Rate ein ebenso synchrones Gefühl hervor (vgl. Patel 2008, S. 97-103). Menschen können einem in bestimmten Zeitabständen auftretenden Beat (Bevorzugung für Beats, die ca. alle 500-700 ms auftreten) leichter folgen (vgl. Patel 2008, S. 100).

Für die Rhythmusverarbeitung wird normalerweise verstärkt die linke Hemisphäre als dominant angesehen (vgl. Spitzer 2002, S. 200). Die stärkere Aktivität der linken Gehirnhälfte bei komplexeren melodischen Sequenzen könnte in diesem Sinne auch vom damit verbundenen Rhythmus beeinflusst werden, da die präzise Wahrnehmung und Erkennung von zeitlichen Abweichungen und Variationen in der Melodie auch im linken Temporallappen verankert sein soll (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 247). Subkortikale Strukturen sind wahrscheinlicher an der Verarbeitung des Grundschatags oder eines Zählers beteiligt, da kortikale Hirnschäden eine stärkere Einbuße der Wahrnehmung oder Erkennung eines konkreten Rhythmus aufzeigten (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 249). Rhythmen sind also von höheren kognitiven Prozessen abhängig (vgl. a. Epstein 1989, S. 161 u. 162). Wenn der Puls offenbar in älteren Hirnstrukturen repräsentiert ist und ein innerer, belohnend wirkender Drang zur synchronisierten Bewegung dazu vorliegt, spielen dabei wohl vorrangig die Basalganglien eine Rolle (s. Kapitel 2.1.1. Bewegungsinitiierung und Aktivierung des Belohnungssystems).

Ein Rhythmus kann weiter visuell bspw. im Zuge von Dirigieranweisungen wahrgenommen werden, was zu einer Wahrnehmungsorganisation auf komplexerer Ebene zählt. Da das Kleinhirn die Organisation präziser Motorik mit sensorischen Eingaben vornimmt, stimulieren dementsprechend visuell, wie auditiv dargebotene komplexere unbekannte Rhythmussequenzen diesen Bereich und erklären seine Beteiligung an der flexiblen Erzeugung von präzisen zeitlich gesteuerten sequenziellen Bewegungen oder an der Wahrnehmung komplexer, sich ändernder Rhythmen (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 249).

3.3 Produktion

Im Vordergrund dieses Kapitelabschnitts steht die Erzeugung und Produktion von Musik durch den direkten körperlichen Einsatz eines Menschen mithilfe der eigenen Stimme beim Singen, der Benutzung eines konkreten Musikinstruments oder durch Bewegung zu Musikrhythmen. Die eben genannte, mit der Wahrnehmung von rhythmischen Elementen einhergehenden Aktivierung jener Hirnstrukturen, von denen bekannt ist, dass sie an der Motorsteuerung beteiligt sind (Kleinhirn, Basalganglien), gaben bereits einen Hinweis darauf, dass der Einbezug von Sensorik und Aufmerksamkeit in musikbezogenen motorischen Praktiken unerlässlich ist. Das Musizieren und Üben eines Instruments oder der Stimme gilt daher nicht grundlos als eine „spezifische Form des sensomotorischen Trainings“ (vgl. Jäncke 2015, S. 56). Trotz der anscheinenden Selbstverständlichkeit sollte dennoch ins Bewusstsein gerufen werden, dass ohne die Wahrnehmung keine entsprechende Produktion funktionieren kann. Sprechen hängt zwar grundsätzlich auch von diesem Umstand ab, die Musikproduktion scheint in noch umfangreicherem Ausmaß davon betroffen zu sein. Musikalische Sequenzen sind komplex und solche zu produzieren verlangt eine vorherige wissensbasierte Programmierung mehrerer Funktionen. Die Steuerung der Motorik mit sämtlichen involvierten Muskeln zur Erzeugung eines musikalischen Ausdrucks, die Planung von in einen zeitlichen Kontext passenden Bewegungen, die Beachtung von meist mehr als nur einer Stimm- oder Instrumentenlage und möglicher Variationen in Timing und Intensität, sowie die oftmals zusätzliche Abstimmung der eigenen Handlungen mit dem Umfeld müssen in der Ausführung zu einer Einheit zusammengefügt werden. Das gleichzeitige Verständnis dieses Ablaufs ist von selber Bedeutung, wobei das auditorische System von dringender Erforderlichkeit ist (vgl. Jäncke 2015, S. 52; Perry 2002, Vol. 3, S. 257 u. 259; Spitzer 2002, S. 208). Für Gesang, Instrumentalmusik und Tanz, denen sensomotorische Prozesse zugrunde liegen, schlagen Janata & Parsons (2013, S. 308) einen Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus vor, in

dem eine ständige Wechselwirkung vorherrscht und mit dem sich interessante Fähigkeiten abdecken lassen (s. Kapitel 3.3.1). Parallel zu diesem Kreislauf ist die Erwähnung einer durch Lernen und Erfahrung aufgebauten Speicherkomponente wesentlich. Dort sollen all jene für eine korrekte Ausführung benötigten Informationen in Form von sensomotorischen Korrelationen und andere cross-modale Kopplungen (s. Kapitel 3.3.1) abgelegt sein. Nach Abruf eines sensorischen Ziels wird über diesen Speicher aus zugeordneten motorischen Kommandos das passende Motorprogramm ausgewählt und ggf. zur Ausführung geleitet (vgl. Jäncke 2015, S. 61 u. 62). Damit zeigt sich, dass die bei der Produktion aktivierten Bereiche im Gehirn in erster Linie den Motorkortex umfassen, jedoch noch weiter darüber hinaus reichen können. Die Beteiligung des Kleinhirns an der Rhythmuswahrnehmung kann daher auch auf eine cross-modale Kopplung zurückgeführt werden.

3.3.1 Fokus: Singen und Instrumentalspiel

Während eine Orientierung an einem regelmäßigen Schlag zum Großteil automatisch passiert und die Bewegungsausführungen erleichtern mag, muss sämtliche Präzision aktiv erlernt und abgespeichert werden. Wie aus dem Kapitel für Sprache bereits hervorging, sind am Erlernen von Fähigkeiten vorrangig die subkortikalen Strukturen Kleinhirn, Basalganglien und Thalamus beteiligt. Mit zunehmendem Erwerb nimmt die dort vorerst erhöhte Aktivität ab. Nach konsequentem Training können mehrere (kombinierte) zweckgerichtete Handlungen unbewusst ablaufen. Das bedeutet de facto, dass der Ausführung musikalischer Sequenzen motorisch implizites (Bewegungsabläufe und -organisation), als auch explizites (für beabsichtigtes Hörergebnis) Lernen zugrunde liegt (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 261 u. 262). Dies gilt für die Bedienung eines Instruments genauso wie für die dem Menschen vertrautere Aktivierung der Stimmbänder während der Phonation und der Formung des Schalls bei der Artikulation, die beim Singen auf die exakte Tonhöhenenerzeugung abzielen.

Zu einem entscheidenden Anteil durch die ständige Rückkopplung über das Hören (akustisches Feedback) und die nötige Aufmerksamkeit insbesondere während des Erwerbs, sei es nun von Sprache oder einer musikalischen Fähigkeit, kann die Muskelbewegungssteuerung und -planung das erforderliche Ausmaß annehmen. Die enge Kopplung von sensorischer an motorische und kognitive Information schafft zusammen mit der Integration einer somatosensorischen Rückkopplung ein umfassendes Bewusstsein darüber, dass und wie durch bestimmte motorische Handlungen bestimmte (beabsichtigte) Klänge erzeugt werden können (vgl. Jäncke 2015, S. 56; Perry 2002, Vol. 3, S. 263; Spitzer 2002, S. 266).

Beim Singen sind die Trennlinien zwischen Musikern und Nicht-Musikern aber nicht besonders stark ausgeprägt. Entscheidend für korrektes Hervorbringen von Gesang, d.h. die Produktion präziser Tonhöhen, sind die Wahrnehmungs-, Tonhöhenunterscheidungs- und Stimmproduktionsfähigkeiten. Da beim normalen Sprechen dies nicht von hoher Bedeutung ist, kann bspw. bei geringeren Unterscheidungsfähigkeiten oder wenig musikalischer Übung/Erfahrung teilweise eine Trennung oder Verzerrung zwischen der Hörwahrnehmung und der Stimmproduktion bestehen (vgl. Fritz et al. 2013, S. 441).

Gerade für das Musizieren auf einem Instrument werden multimodale cross-modale Kopplungen künstlich integriert. Am häufigsten sind bspw. aufgrund der Kontrolle der Finger die Verbindungen von motorischer mit auditiver und visueller Information. Weiter möglich sind nach Jäncke (2015, S. 56) taktil-motorische, taktil-auditorische und audio-kognitive (Wachrufen einer Erinnerung durch bestimmtes Musikstück) Zusammenhänge. Solche Verknüpfungen bewirken auch, dass einerseits selbst das alleinige Hören – sofern das Musikstück auf dem jeweiligen Instrument geübt wurde – automatisch den prämotorischen Kortex aktivieren und handlungsbezogene Prozesse auslösen kann, obwohl selbst gerade nicht aktiv gespielt wird (innere Simulation, vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 262). Das heißt, dass bei der auditiven Wahrnehmung eine Analyse der ans Ohr treffenden akustischen Reizströme erfolgt und dabei gleichzeitig die motorische Information abgerufen wird. Andererseits genügt für eine Aktivierung auch das Sehen der von einem anderen Individuum ausgeführten Bewegungen. Für musikalische Handlungen scheinen Spiegelneuronen auf mehreren verschiedenen sensorischen Ebenen stimuliert zu werden. Die Wahrnehmung der eigenen Bewegung und die Wahrnehmung jener eines Gegenübers (mitsamt ihren Auswirkungen) liegen demnach in gemeinsamen neuronalen Codierungen im Korrelationsspeicher vor, der die Grundlage für die hier vertretenen Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklen bildet. Auf das innere Singen oder Hören des Liedes trifft diese Aktivierung des (prä-)motorischen Kortex gleichermaßen zu. Dabei findet eine auditorisch-artikulatorische Zuordnung statt, wodurch sich Prozesse für die subvokale Probe bestätigen (vgl. Merrill et al. 2012, S. 76). Dieser Fall ähnelt dem inneren Sprechen, passiert jedoch unabhängig vom Vorhandensein oder aktiven Abrufen eines Textes, da im musikalischen Kontext primär die präzise Organisation der Tonhöhen im Vordergrund steht (vgl. Perry 2002, Vol 3, S. 252; Seither-Preisler & Schneider 2015, S. 377). Die Rekrutierung der (prä-) motorischen Gehirnstrukturen ohne tatsächlich ausgeführte Handlungen kann mit einer gewissen eingenommenen Erwartungshaltung einhergehen, die auf Erfahrungen über die Erreichung eines bestimmten klanglichen Ziels

mittels gewisser Bewegung beruht. Dadurch werden auch kognitive Bereiche, wie motorische und auditorische Arbeitsgedächtnissysteme, angesprochen. Aufmerksamkeit und Gedächtnis interagieren im Zyklus ergänzend ebenso ständig miteinander. Den elementarsten Umstand für einen Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus stellt der durch Musik ausgelöste allgemeine beatsynchronisierte Bewegungsdrang dar (vgl. Janata & Parsons 2013, S. 308-310; Koelsch 2013b, S. 186 u. 187). Einen verhältnismäßig hohen Anspruch auf die gezielt gerichtete Aufmerksamkeit und die Bandbreite der aktivierten Bereiche im Gehirn haben z.B. Konzertsituationen oder Chorsingen, wenn der Fall eintritt, dass mit den eigenen Handlungen gleichzeitig auf die externen Abläufe reagiert werden soll (vgl. Deecke & Lang 1989, S. 165). Die sprachliche Kommunikation, die ebenso von der nach außen und innen gerichteten Aufmerksamkeit bestimmt und in der das Vorbereiten des eigenen Sprechens mehr oder weniger von äußeren Reizen beeinflusst wird, überschneidet sich mit derartigen Zuständen. In der Sprachproduktion spielt aber die gleichzeitig zur Wahrnehmung ablaufende innere Vorhersage, was das Gegenüber möglicherweise sagen wird und was die eigene Antwort darauf sein soll, eine wesentliche Rolle. Dabei eröffnet sich eine stärkere Asymmetrie zwischen Wahrnehmung und Produktion in der Musik, denn es ist unsicher, ob und inwieweit die Vorhersagbarkeit für die musikalische Interaktion relevant ist (bspw. bei improvisatorischer Instrumentalmusik, Jazz) bzw. überhaupt in ähnlichem Ausmaß möglich sein kann (vgl. Haagort & Poeppel 2013, S. 240).

Je mehr multimodale Verschaltungen, wie auch Verbindungen mit anderen Informationen vorliegen, desto effektiver ist auch die Informationsspeicherung beim Musizieren. Die Häufigkeit der simultanen Aktivierungen bestimmen (im Sinne der neuronalen Plastizität) auch die Ausprägung der Kopplungsstärke (vgl. Jäncke 2015, S. 55 u. 56). Für das eigene Instrument ist dies bspw. am intensivsten, denn Musiker reagieren aufgrund der langfristigen Sensibilisierung auf die instrumentenspezifischen Rückmeldungen im Zuge der eigenen Handlungen auf dessen Klänge deutlich besser. Neben der Tatsache, dass eine länger andauernde, altersmäßig früher begonnene Konfrontation mit Musik eine verstärkte Auswirkung auf die Ausprägung des auditorischen Areals hat (vgl. Spitzer 2002, S. 188), liegen im Speziellen auch vergrößerte sensorische Repräsentationen bestimmter für das persönliche Instrumentalspiel benutzter Finger (oder anderer Körperteile) vor. Interessant ist, dass darüber hinaus aufgrund des Optimierungsprozesses dem Musizieren ähnliche motorische Handlungen (bei Musikern) zu einer schwächeren Aktivierung des motorischen Systems führen (vgl. Jäncke 2015, S. 50-52; Perry 2002, Vol. 3, S. 263 u. 268). Wie bei Perry (2002, Vol. 3, S. 259) beschrieben, soll die motorische Programmierung von lautem, offenem Singen im Grunde

dieselben Bereiche im Gehirn ansprechen, die auch bei der Ausführung von allgemeinen Bewegungsabläufen Reaktionen zeigen. Infolgedessen dürften sich bezüglich des Spielens auf einem Instrument die aktivierten Hirnregionen kaum davon unterscheiden. Offen ersichtlich ist zumindest, dass für das Singen und das Spielen der meisten Instrumente dieselben Körperzonen – d.h. Mund bzw. Gesicht und Hände – beansprucht werden, die auch beim Sprechen und Gestikulieren aktiv sind. Dies legt nahe, dass sich diese Funktionen dafür zuständige Abschnitte des motorischen Kortex teilen, und bestätigt zuzüglich der Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklen folglich Merkmale des im Sprachkapitel 2.1.1 erwähnten neuronalen Substrats (vgl. a. Fogassi 2013, S. 106).

Die Wahrnehmung umfasst auf kortikaler Ebene primär grob den Temporal-, Occipital- und Parietallappen, während die Motorikpläne im Frontallappen organisiert sind (vgl. Janata & Parsons 2013, S. 309). Konkret spricht die Ausführung musikalischer Handlungen (singen eingeschlossen) bilateral den motorischen Kortex (primär und prämotorisch, BA2/4/6) an. Hinzu kommen das supplementär motorische Areal (SMA) für organisierte Bewegungsprogrammierung (s. Abb. 4), der rechte primäre Hörbereich zur gleichzeitigen Wahrnehmung des Gesungenen/Gespielten sowie andere Teile des Temporallappens und subkortikal der linke und rechte Putamen und der Caudatekern (Strukturen der Basalganglien), wie das Kleinhirn für Bewegungssteuerung und -kontrolle (vgl. a. Merrill et al. 2012, S. 76). Sowohl Hören als auch Produzieren von Intervall- und Melodieaufgaben aktivieren den primären und prämotorischen Kortex, das SMA, das BA44, den supramarginalen Gyrus (BA40), das Planum Temporale und das Kleinhirn, wobei in der auditiven Wahrnehmung der prämotorische Kortex und das BA44 stärker links reagieren sollen. Dieses motorische Aktivierungsmuster hängt eher mit geübten Sequenzen zusammen. Die Aktivierung im prämotorischen Kortex bleibt beim Hören von neuen, unbekannten Melodien aus. Der prämotorische Kortex und das prä-SMA, sowie der Putamen werden aber verstärkt bei komplexeren zu singenden/spielenden Aufgaben rekrutiert. Einfache motorische Aufgaben, wozu auch das Singen einer einzelnen Note gehört, überlernte und bekannte musikalische Sequenzen bzw. Melodien gehen nur mit der Aktivierung des eigentlichen SMA einher. Dasselbe trifft auch auf rhythmische Sequenzen zu (vgl. Koelsch 2013b, S. 188 u. 189; Merrill et al. 2012, S. 76; Perry 2002, Vol. 3, S. 252, 255 u. 259, 260 u. 263; Spitzer 2002, S. 278).

Mit speziellem Augenmerk auf das Singen wird bei der stärkeren Beschäftigung der rechten primären Hörregion auf eine besondere Rolle der rechten Gehirnhälfte für die Wahrnehmung der eigenen Singstimme hingewiesen. Jedoch werden auch beim inneren Singen rechtsseitige Areale aktiviert (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 263; Spitzer 2002, S. 279).

Möglicherweise bestimmt die genannte stärker rechtsseitige Verarbeitung von Melodien die Lateralisierung, wobei sich dennoch die Fragen stellen, ob z.B. die Artikulation sinngemäßer Wörter bzw. Silben oder willkürlicher Lautäußerungen beim Singen die Dominanz einer Seite beeinflussen können und ob das Benutzen der Stimme im musikalischen Kontext automatisch in jedem Fall generell rechtsseitig verarbeitet wird.

Bei der Produktion von Rhythmen ist hingegen wiederum wahrscheinlicher die linke Hemisphäre stärker involviert. Grund dafür könnte die Vorgabe einer zeitlichen Struktur durch den Rhythmus sein, an den sich Bewegungen anpassen. Dies würde den generativen Charakter des Werkzeugbaus annehmen, der bezogen auf den Motorkortex schon für die linksseitige Lokalisation von Sprache eine Erklärung lieferte. Allgemein wird auch im Falle der Produktion von Schlag, Zähler und Rhythmus neben den kortikalen Bereichen des SMA und des prämotorischen Kortex von einer Aktivität der Basalganglien und des Kleinhirns berichtet. Die Basalganglien, die sowohl für die Wahrnehmung als auch die Erzeugung von Rhythmus und Takt eine wichtige Rolle spielen, zeigen wie erwähnt im einfachsten Fall eine Aktivierung bei zu einem Puls synchronisierten Bewegungen. Wenn die eigenen Bewegungen mit denen anderer Menschen koordiniert werden, verstärkt sich dadurch zusätzlich die soziale Situation und wirkt sich nochmals positiv die emotionale Reaktion aus (vgl. Koelsch 2013a, S. 167). Bewegungen im richtigen Tempo auszuführen, *fühlen* sich *gut* an, d.h. in Folge wird auch die Musik *gut* empfunden (vgl. Epstein 1989, S. 154). Sofern ein regelmäßiger Puls vorhanden ist, nimmt während der Wahrnehmung speziell die funktionelle Konnektivität zwischen Basalganglien, SMA und prämotorischen Kortex zu. Eine erhöhte Aktivität bei anspruchsvolleren Anforderungen an die Motorprogrammierung und -ausführung von unbekannten oder nicht geübten rhythmischen Folgen erstreckt sich allgemein auf subkortikale Strukturen Basalganglien und Kleinhirn (vgl. Koelsch 2013b, S. 189; Perry 2002, Vol. 3, S. 260).

Musik beansprucht das gesamte Gehirn. Die Aktivierungsbandbreite mit Kreisläufen aus Wahrnehmung und Produktion, einem ständigen multimodalen Zusammenspiel und dem Einfluss persönlicher Erfahrung fixiert keine außergewöhnlichen Orte. In der Beobachtung bestimmter Eigenschaften einzelner Komponenten und der Art, wie diese verarbeitet werden, heben sich gewisse präferierte Regionen hervor.

4 Schlaganfall und Aphasie

Das Auftreten eines Schlaganfalles ist nicht zwingend an ein bestimmtes Alter gebunden. Meist sind jedoch Menschen über 65 Jahren betroffen, was unter anderem einer der häufigsten Ursachen eines Schlaganfalls (s.u.) zuzuschreiben ist (vgl. Schubert & Lalouschek 2006, S. 303). Diese Altersklasse bringt auch jene Fälle hervor, deren Genesungschancen gegenüber jüngeren Patienten und vor allem Kindern oft geringer ausfallen. Denn gerade in der Erholungsphase können altersbedingt Vor- oder Nachteile auftreten. Die Rückkehr zur Normalität ist aufgrund der im Alter abnehmenden Plastizität des Gehirns dann oft ein schwieriger und mühsamerer Weg, sofern die Betroffenen nicht schon nach kurzer Zeit nach dem Anfall versterben. Im Falle von höheren Überlebenschancen sind die meisten Patienten aufgrund der körperlichen und auch geistigen Einschränkungen nach einem Schlaganfall mehr oder weniger dauerhaft auf Hilfe angewiesen. Nicht selten tragen bei einem Schlaganfall besonders die sprachlichen Fähigkeiten schwere Beeinträchtigungen davon. Dies liegt im Interessenschwerpunkt vorliegender Arbeit. In den folgenden Unterkapiteln wird zunächst im Allgemeinen ein Überblick auf den Krankheitsverlauf gegeben, bevor mit dem Fokus auf die Schädigungen der Sprachzentren die unterschiedlichen Arten und Typen der Aphasie vorgestellt werden.

4.1 Ursachen, Symptomatik und Auswirkungen

Eine abrupt auftretende Durchblutungsstörung in einem oder mehreren bestimmten Bereichen im Gehirn verursacht einen Sauerstoff- und Nährstoffmangel, wodurch in Folge das betroffene unterversorgte Gewebe abstirbt. Diese Mangeldurchblutung kann entweder durch Gefäßverschlüsse (Hirnfarkt = häufigster Fall) aufgrund von Arteriosklerose bzw. Blutgerinnsel oder durch eingerissene bzw. geplatzte Gefäße (Hirnblutungen), die auch aus Gefäßverschlüssen resultieren können, entstehen. Bei einer Hirnblutung, die u.a. auf Bluthochdruck oder angeborene Erkrankungen zurückführbar ist, tritt das Blut in das Hirngewebe aus. Dadurch werden einerseits die Nervenzellen nicht mehr richtig versorgt und zudem durch die neurotoxische Wirkung und den Druck des austretenden Blutes geschädigt. Hirnblutungen kommen deutlich seltener vor und ihre Ursachen sind nicht immer klar ersichtlich (vgl. Abel & Lange 2014, S. 87; Schubert & Lalouschek 2006, S. 303).

Die Auswirkungen des Schlaganfalls hängen im Wesentlichen davon ab, wo und wie stark, d.h. von welcher Dauer, dieser auftritt oder auch wie groß das betroffene Blutgefäß ist. Außerdem sind individuelle Variationen der Krankheitsausprägungen zwischen den Patienten möglich. Genaue Vorhersagen der Auswirkung einer Schädigung können daher nicht immer

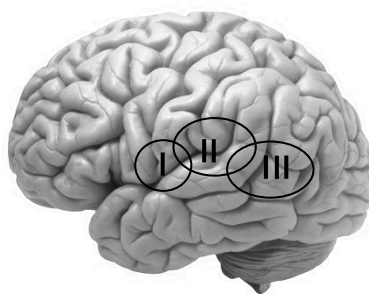
getätigt, sondern nur aufgrund von einigen typischen Konstellationen ungefähre diagnostischen Aussagen getroffen werden (vgl. Goldenberg 2007, S. 95-99; s.a. Kapitel 4.2). Halbseitige Körper- und Gesichtslähmungen, Bewegungsstörungen, Sprachproduktions- und Sprachverständnisstörungen (motorische und sensorische Aphasie, s. u.) treten neben akuten Taubheitsgefühlen und Sehstörungen in der Regel dennoch sehr häufig und mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht nur unmittelbar beim Anfall auf, sondern sind mitunter zumeist bei älteren Patienten charakteristisch für bleibende Folgeschäden. Auch Aufmerksamkeits- oder Gedächtnisstörungen sind häufig zu verzeichnen. Um das Ausmaß der Schädigung einer Mangeldurchblutung und Unterversorgung des Gehirns möglichst gering zu halten, wird in jedem Fall umgehendes Handeln notwendig. Oft kann akut ein umfangreicherer, schwerwiegenderer Zustand beobachtet werden und aufgrund von Rückbildungen kristallisieren sich erst nach und nach besser diagnostizierbare Beeinträchtigungen heraus (s. Tab. 2). Bei jenen, die innerhalb eines Jahres nach dem Anfall noch nicht wieder „verschwunden“ sind, kann höchstwahrscheinlich von bleibenden Schäden ausgegangen werden (altersabhängig). Bestimmte auf das klinische Gesamtbild des Patienten abgestimmte und konsequent angewandte Therapien können dennoch eine Erleichterung bringen, wenn das Gehirn darauf trainiert wird, die geschädigten Bereiche gezielt zu kompensieren. In Bezug auf die sprachlichen Aktivitäten und Fähigkeiten können bei Durchführung von speziellen Sprachaufgaben und bspw. unter Einsatz der Magnetresonanztomographie genauer Ursache, Ort, Verlauf und Ausdehnung der Schädigung bestimmt und auch erhaltene und kompensatorische Hirnaktivierungen sichtbar gemacht werden (vgl. Abel & Lange 2014, S. 89; Schubert & Lalouschek 2006, S. 303). Auf einige Punkte dazu wird in Kapitel 6 und 7 näher eingegangen. Vorerst richtet sich die Aufmerksamkeit konkret auf die Schädigungen der Sprachzentren.

4.2 Fokus auf Schädigungen der Sprachzentren und sprachverarbeitenden Bereiche

Sprachstörungen, die auf bestimmte und oben genannte Läsionen oder aber auch auf Demenzerkrankungen zurückzuführen sind, werden im deutschsprachigen Raum häufiger unter dem Begriff Aphasie zusammengefasst (vgl. Abel & Lange 2014, S. 87). Für vorliegende Fragestellung werden sich Beschreibungen ausschließlich auf die Schlaganfallbedingten Störungen beziehen. Dennoch darf nicht vergessen werden, dass diese sich zumindest hinsichtlich der Begrifflichkeiten und aufgrund von diversen Symptomähnlichkeiten nicht gänzlich von anderen Krankheiten abkapseln lassen. Die für diese Arbeit relevanten aphasischen Beeinträchtigungen betreffen im Grunde nur die sprachbezogenen kognitiven Informationsverarbeitungen. Gehör und Bewegungen der Zunge, des Mundes und der Lippen bleiben in einem solchen Fall in der Regel voll funktionsfähig (vgl. Spitzer 2002, S. 193). Offenbar sind oft sekundäre motorische Bereiche zerstört, was ein Ausführen zweckgerichteter Bewegungen unmöglich macht, während die primären Zentren intakt bleiben und somit in diesem Sinne keine Muskellähmungen des Sprechapparats oder Defizite der Klangwahrnehmung vorliegen. D.h. im Grunde sind die für die Sprachfähigkeit bzw. kognitive Sprachverarbeitung wichtigsten Regionen, also innerhalb und auch rund um den perisylvischen Kortex, betroffen. Demnach umfassen typisch aphasische Symptome prinzipiell die linguistische Ebene mit Semantik, Phonologie, Syntax und Morphologie. Da sich die sprachrelevanten Hirnregionen hauptsächlich entlang bestimmter wichtiger Gefäße befinden (s.u.) befinden, in denen ein auftretender Schlaganfall deren Schädigungen verursachen kann, ist bei konkret dieser Aphasie von einem Gefäßsyndrom die Rede. Dies deckt im Anbetracht der neurophysiologischen Ursache ein wesentliches Merkmal auf, das einen großen Unterschied zur demenzbedingten Aphasie darstellt, bei der sich ein Absterben der Gehirnzellen schleichend von überall her ausbreiten kann (vgl. Abel & Lange 2014, S. 87 u. 89; Fritz et al., S. 451; Goldenberg 2007, S. 95; Hagoort & Poeppel 2013, S. 241).

Wie im Kapitel für Sprache ausführlich beschrieben wurde, können den verschiedenen Abschnitten der perisylvischen Sprachregion bestimmte Funktionen zugeschrieben werden bzw. sind die einzelnen Bereiche auf bestimmte Verarbeitungsschritte spezialisiert. Je nach dem welcher Bereich in dieser Region geschädigt ist, kann sich eine bestimmte Störung ausbilden. Dementsprechend ist bei Läsionen im vorderen Bereich eine Sprechapraxie wahrscheinlicher, während mittig phonematische Störungen ausgelöst und im hinteren Abschnitt Beeinträchtigungen der Phonologie und/oder Semantik begünstigt werden (s. Abb. 3).

Ein derartiges Auseinanderhalten erweist sich durch teilweise Überlappungen und der generellen Nähe der betreffenden Substrate im Gehirn jedoch als schwierig. Besonders die Sprechapraxie, die die Broca-Aphasie beinhaltet, ist im Normalfall keine einzelne Einschränkung. Sie ist an großflächigere Läsionen gebunden ist. Häufig stellt sie den rückgebildeten Zustand akut auftretender globaler Schädigungen dar, die durch einen Verschluss der Arteria cerebri media, eine der drei großen Hauptarterien im Gehirn, verursacht werden. Dabei werden weite Teile im perisylvischen Kortex und dessen Umgebung, sowie subkortikale Strukturen (meist die darunterliegenden Basalganglien) erfasst (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 574). Verschlüsse der hinteren Äste der Arteria cerebri media erreichen das Wernicke-Sprachzentrum, sprich den hinteren Anteil der Sprachregion, sowie angrenzende Regionen des temporal-parietalen Übergangs und des mittleren und des unteren Temporallappens (vgl. Caplan 2002 Vol. 2, S. 666). Daraus resultieren im Generellen semantische Sprachstörungen mit einer zusätzlich möglichen Beeinflussung von Gedächtnisleistungen, die ebenso unterschiedliche Ausmaße annehmen können. Läsionen im mittleren Anteil der Sprachregion und der darunter verborgenen Inseln verantworten Störungen der Phonematik und der Sprechprogrammierung. Bei einer Schädigung des vorderen Drittels der Insula bildet sich bspw. auch eine Sprechapraxie aus, was wiederum mit einer globalen Läsion zusammenhängen könnte. Auf die Insel begrenzte Läsionen führen zu Leitungsaphasie (s. Tab. 2) und phonematischen Paraphrasien (vgl. Goldenberg 2007, S. 95-97).



*Abbildung 5: Aufteilung der Funktionen der perisylvischen Sprachregion (vgl. Goldenberg 2007, S. 94);
I=Artikulationssteuerung, II=phonologisches Lexikon, III=semantisches Lexikon*

Breiten sich Läsionen in benachbarte Regionen des perisylvischen Kortex aus, können nicht-sprachliche Begleitstörungen der Aphasie, wie z.B. Rechnen oder Schriftsprache, auftreten. In diesem Zusammenhang kann bspw. ein unten angrenzender Abschnitt des Temporallappens, in dem das semantische Gedächtnis sitzt, oder der vorne anschließende präfrontale Kortex, der die zentrale Kontrolle des Handelns und Denkens übernimmt, betroffen sein (vgl. Goldenberg 2007, S. 96). Beispiele für Läsionen in den umliegenden Bereichen wären frontal lokalisierbare Schädigungen bspw. des Gyrus cinguli am medialen Rand des Frontallappens, die transkortikal-motorische Störungen auslösen oder transkortikal-sensorische Beeinträchtigungen, die auf Läsionen im hinteren Thalamus oder den basal-temporalen Hirnrindenabschnitten zurückgehen (s. Tab. 2). Zudem besteht die Möglichkeit, dass Läsionen negativ auf verbundene, nicht geschädigte Netzwerke fernwirken, was eventuell zu weitreichenderen Auswirkungen und Beeinträchtigungen anderer Hirnfunktionen und ebenso zu diversen anderen Begleitstörungen und Symptomen nicht-sprachlicher Natur führen kann. In umgekehrter Weise sind ebenso Kompensationsprozesse umliegender Hirnareale oder homologer Regionen der rechten (oder linken) Hirnhälfte möglich, was insbesondere auch bei Diagnose und Therapie zu berücksichtigen wäre. Sprachliche und nicht-sprachliche Symptome können sich damit auch unabhängig, ob die betroffenen Areale innerhalb einer Hemisphäre nahe beieinander liegen oder nicht, gemeinsame Grundstörungen teilen, nachdem funktionelle Gemeinsamkeiten für Sprachfähigkeiten und betroffene nicht-sprachliche Leistungen essenziell sein können (vgl. Abel & Lange 2014, S. 88 u. 90; Goldenberg 2007, S. 87, 88 u. 96-99).

Die Verschwommenheit, welcher Bereich im Gehirn vorrangig an einem Sprachverarbeitungsprozess beteiligt ist, wird insbesondere durch Läsionen offengelegt. Letztendlich bestimmt das Muster der Blutversorgung die schlaganfallbedingte Läsion und damit auch, ob entweder nur ein Teil des Verarbeitungsprozesses oder eine gesamte Region bzw. mit dem Prozess verbundene (zusammenhängend oder nicht zusammenhängend) Areale beschädigt sind (vgl. Kluender 2002, Vol. 4, S. 446). Welche Schädigung welche sprachlichen oder kommunikativen Funktionseinschränkung(-en) von kognitiven sprachassoziierten Hirnarealen auslösen und verbundene Bereiche beeinflussen kann, ist laut Abel & Lange (2014, S. 89) noch Teil der Forschung.

Das für die Sprachverarbeitung entscheidende Kurzzeitgedächtnis, durch welches zwischen sprachlichen und kognitiven Funktionen Zusammenhänge hergestellt sind, kann beim Gefäßsyndrom ebenso Defizite davontragen. Damit einher gehen Einschränkungen der Aufmerksamkeit und des Lernvermögens oder der nicht-sprachlichen Semantik und Pragmatik.

Die kognitiven Störungen können Einschränkungen von z.B. Sprechmotorik und Sprechplanung begünstigen. Dies ist nur ein Beispiel dafür, dass sich eindeutige Aussagen über die Schädigung und deren Auswirkung oft dadurch erschweren, weil sich zentrale Verarbeitungsprozesse an sich von Schädigungen einer Verbindungsstelle zwischen den Hauptbereichen nicht trennen lassen (vgl. Abel & Lange 2014, S. 88 u. 89). Weitere Abgrenzungsschwierigkeiten können mit Läsionen in den subkortikalen Strukturen zusammenhängen, die bekanntlich nur dazu dienen sollen, Sprachverarbeitungssysteme zu aktivieren und selbst keine Sprache verarbeiten. Fraglich bleibt, ob die Sprachstörungen auf Veränderungen im darüber liegenden Kortex oder tatsächlich auf Störungen der tieferliegenden Strukturen zurückzuführen sind. Läsionen im Inneren des Gehirns verursachen jedenfalls Sprachbeeinträchtigungen, die auch dem darüber liegenden Kortex zuordenbar sind und im Allgemeinen korreliert der Grad der Sprachbeeinträchtigung eher mit Messungen der kortikalen Funktionseinschränkungen. Reine motorische Sprachdefizite sollen aber mit subkortikalen Läsionen verbunden sein (vgl. Caplan 2002 Vol. 2, S. 666).

Sprachstörungen im Zuge von Schädigungen der grauen Substanz (Basalganglienstrukturen des Caudatekerns und Putamen oder Teile des Thalamus) treten fast ausschließlich nach Schlaganfällen auf. Manche Defizite spiegeln Auswirkungen anderer Funktionen, die auch im Sprachbereich vertreten sind, wider (z.B. Thalamusläsionen auf Erregungs-, Alarmierungs- und Motivationsfunktionen oder Störungen der Aufmerksamkeitsmechanismen). Eine weitere Komponente der subkortikalen Region ist die weiße Substanz. Die Fasern der Trakte der weißen Substanz sind für den Informationstransfer von einem Bereich zum anderen zuständig. Darin auftretende Läsionen trennen Regionen voneinander und versperren sozusagen den einen Regionen den Zugang zu den durchgeführten Operationen in anderen Regionen. Dies kann zu Sprachstörungen mit sogenannten „Disconnection“-Syndromen führen (z.B. die Fähigkeit zu schreiben bleibt erhalten, während Lesen nicht möglich ist). D.h. es handelt sich mehr um konkrete Sprachverarbeitungsstörungen. Damit einhergehende Beeinträchtigungen deuten nach Caplan (2002, S. 664) jedoch auch darauf hin, dass manche Bereiche des Kortex und/oder der subkortikalen Strukturen, die sequenzielle Sprachverarbeitungsoperationen ausführen, nicht zusammenhängen (vgl. Caplan 2002 Vol. 2, S. 663 u. 664).

Wie bereits in Kapitel 2.1 beschrieben, ist die linke Hemisphäre nicht bei allen Menschen gleichzeitig die sprachdominante und die Variabilität in der Lokalisation der Sprachbereiche im Gehirn kann mit der Händigkeit eines Menschen in Verbindung gebracht werden, wobei die Zusammenhänge mit der Ausprägung der Händigkeit nicht in Stein gemeißelt sind

(vgl. Goldenberg 2007, S. 95). Das hat zur Folge, dass nicht ausschließlich Läsionen in der linken Gehirnhälfte Aphasie verursachen. Vor allem betrifft dies nach bekannt gewordenen Umständen stärker die Linkshänder bzw. Nicht-Rechtshänder. Bei Rechtshändern ist der Fall wiederum nur mit wenigen Ausnahmen (bspw. gekreuzte Aphasie bei „umtrainierten“ Rechtshändern) recht eindeutig, dass eine bestehende Aphasie auf Läsionen in der linken Gehirnhälfte zurückführbar ist. Die Beeinträchtigungen sind hier auch häufig gravierender. Beim dazu bestehenden, sehr seltenen Gegensatz einer eindeutigen Linkshändigkeit, bei der sprachassoziierte Bereiche nur rechts zu verorten sind, können rechts-hirnige Läsionen vergleichbar starke aphasische Symptome verursachen. Ist im Falle einer vorwiegenden Geschicklichkeit in der linken Körperhälfte die Sprache trotzdem links lokalisiert, gleicht dies ebenso den Rechtshändern mit linksseitigen Läsionen. Bei einer verstreuten Verteilung der Sprachareale auf beide Hemisphären, wie es des Öfteren bei Nicht-Rechtshändern auftritt, können sowohl Läsionen in der rechten als auch in der linken Gehirnhälfte Aphasien hervorbringen, mit dem Unterschied von schwächeren Auswirkungen und besserer Rückbildung der Störungen (vgl. Goldenberg 2007, S. 95).

4.2.1 Formen und Typen der Aphasie und ihre Auswirkungen

Anhand unterschiedlicher Grundstörungen und auch Lokalisationen von Läsionen kann eine Aufteilung in verschiedene Aphasie-Typen vorgenommen werden, deren nähere Beschreibungen in diesem Kapitelabschnitt erfolgen (s. Tab. 2). Die Klassifikation dieser neurophysiologischen Kerncharakteristika soll aber hauptsächlich zur Orientierung dienen, denn in den meisten Fällen spielen, wie bereits angedeutet, stets eine Reihe unterschiedlicher Faktoren mit (z. B. Alter, individuell unterschiedliche kortikale Verteilung der Sprachkompetenz, Ursache, Schädigungsausmaß). Durch bestimmte festgelegte typische Läsionskonstellationen (vgl. Goldenberg 2007, S. 96-99) können spezifische Störungen vorhergesagt und die sprachlichen Fähigkeiten eines Patienten grob zugeordnet werden. Für eine absolute Diagnose reicht dies jedoch nicht aus. Schädigungen, die nicht punktuell und begrenzt in einem einzigen Sprachzentrum oder sprachrelevanten Areal vorliegen, sondern eben auch weitere Teile im Gehirn umfassen können, bringen eine Vielfalt an unterschiedlichen Symptomen bzw. eine Kombination aus verschiedenen Typen mit sich. Aufgrund der Symptomkombinationen kann die Lokalisation der Schädigung den auftretenden Symptomen dann meist nicht genau zugeordnet werden, vor allem in Berücksichtigung der Art und der Schwere der Aphasie (vgl. Abel & Lange 2014, S. 88; Goldenberg 2007, S. 71-133 u. 95).

Üblicherweise wird grob zwischen zwei Arten – motorisch und sensorisch – unterschieden (vgl. Spitzer 2002, S. 193), weil sie die allgemein bekannten Sprachzentren Broca und Wernicke betreffen. Carter (2019, S. 149) listet insgesamt sechs Aphasie-Typen auf, die allesamt auf Verletzungen des bestimmten Bereichs im Zuge eines Schlaganfalls ausgelöst werden und auch wiederum in Kombinationen auftreten können. Diese Unterteilung überschneidet sich im Großen und Ganzen mit der von Goldenberg (2007, S. 88) genannten und im deutschsprachigen Raum gebräuchlichsten, wobei hier noch die amnestische Aphasie (vorwiegend bei Demenz) hinzugezählt wird. Letztere Einteilung legt eine eher hierarchische Einteilung fest, was unter anderem auf den Krankheitsverlauf zurückzuführen ist. Die globale Aphasie wird dabei allen anderen Typen übergeordnet, während der Broca, Wernicke, amnestischen Aphasie noch diverse Sonderformen untergeordnet werden können. Bei allen Formen und besonders bei den Sonder- bzw. Unterformen, bei denen sich die Definitionen ohne Beachtung des klinischen Gesamtbildes mehr oder weniger nach gestörtem Nachsprechen richten, liegt eine unsichere Diagnose vor (vgl. Goldenberg 2007, S. 89). Im Folgenden sind in Tabelle 2 diese verschiedenen Arten der Aphasie aufgelistet.

Tabelle 2: gängige Aphasietypen und -formen des deutschsprachigen Raumes (vgl. a. Sarno 2002, Vol.1, S. 183 u. 184)

Global-Aphasie	Umfangreichste und daher wohl schwerste Form; oft in akutem Zustand nach einer Läsion zu beobachten; allgemeine Defizite in Verständnis, Wiederholung, Benennung und Sprachproduktion, mit weiterer Ausbreitung im Gehirn; Produktion von differenzierten sprachlichen Äußerungen ist sowohl in gesprochtem als auch in geschriebenem Ausdruck nicht möglich (Leitsymptom); Spontansprache ist auf wenige phonematisch entstellte Wörter oder Sprachautomatismen beschränkt; zusätzliche Behinderung durch begleitende Sprechapraxie möglich; selten etwas bessere Ausprägung des ebenso schwer beeinträchtigten Sprachverständnisses; nach Besserung bzw. Rückbildung kann sich die Broca-Aphasie entwickeln (vgl. Carter 2019, S. 149; Goldenberg 2007, S. 88).
Broca-Aphasie („non-fluent-aphasia“, motorische Aphasie)	Tritt selten akut nach Hirnverletzungen auf; gebunden an größere Läsionen, entsteht daher meist nach gewisser Zeitspanne aus Global-Aphasie; liegt oft nach Schlaganfall in chronischer Form vor; gestörte expressive Sprache, Sprechplanung und -ausführung (Sprechapraxie), d.h. Verlust der Produktion von Spontansprache und mühsames Sprechen; auch Schwierigkeiten sprachspezifische Bewegungen (wie z.B. Artikulation) auszuführen und Schluckstörungen, Atmung und Kehlkopf zu koordinieren; wichtiges Merkmal: Agrammatismus

	(=Fehlen grammatischer Strukturen in der Sprachproduktion; vgl. Goldenberg 2007, S. 81; auch mögliche Folge von Kleinhirnläsionen); kurze Äußerungen oft im „Telegrammstil“; wenige, aber informationsreiche Wörter, überwiegend Inhaltswörter und kaum bis keine Funktionswörter; bei chronischer Aphasie ist der Wortschatz sehr eingeschränkt: Inhaltswörter, wie Substantive, werden eher gefunden bzw. können semantisch reich verknüpfte Wörter (wie auch bestimmte Verben) leichter abgerufen werden, die bei der Rückbildung einer Global-Aphasie wieder aktiviert wurden; häufig lexikalische Zugriffsstörungen; syntaktische Kompetenz bleibt meist irreversibel; elliptischer Satzbau → Unfähigkeit wohlgeformte, ganze Sätze zu bilden und Auftreten paragrammatischer Fehler beim Versuch, einen Satz ganz zu bilden; Fehleranfälligkeit auch beim Beurteilen eines Satzes auf seine syntaktische Richtigkeit; sämtliche Einschränkungen übertragen sich auch auf das Schreiben, nicht aber auf Sprach- und Leseverständnis; allgemeine Intelligenz, Orientierung, Gedächtnis und visuelle Fähigkeiten bleiben ebenso erhalten; Sprechton und -rhythmus können ebenso beeinflusst sein (vgl. Abel & Lange 2014, S. 87 u. 89; Carter 2019, S. 149; Goldenberg 2007, S. 88 u. 96; Molinari 2002, Vol. 1, S. 625; Stahl et al. 2011, S. 3085).
Wernicke-Aphasie (sensorische Aphasie)	Allgemein umfangreiches Syndrom mit schwieriger Bestimmung, da Beteiligung sowohl an Wahrnehmung wie auch an der Erzeugung gesprochener Sprache vorliegt; Sprachproduktion intakt, Verständnis und Bewusstsein für (gesprochene und gelesene) Sprache im Allgemeinen gestört; Sprache fließt zusammenhangslos und ohne Sinn und Ordnung von Wörtern und Phrasen („leeres Gerede“); Hauptsymptom bzw. -merkmal: Paragrammatismus (=konfuse, unvollständige Nutzung grammatikalischer Regeln; vgl. Saffran 2002, Vol. 4, S. 805); wenig Information durch übermäßig produzierte Funktionswörter vermittelt; wenige, oft entstellte, Inhaltswörter → verschiedene Unterformen: durch phonematische Paraphrasen entstellte oder durch Neologismen (vgl. Saffran 2002, Vol. 4, S. 805) ersetzte Inhaltswörter, bei möglicherweise gut erhaltenem Sprachverständnis = phonematische Störung; ebenso starke Beeinträchtigung des Sprachverständnis, unkenntlich gemachte Botschaft durch Überwiegen an Funktionswörtern und/oder viele semantische Phrasen = semantische Störung; völlig unverständliche Rede durch extrem entstellte Inhaltswörter, bei gut erhaltener Prosodie und phonotaktischen Regeln (starke Ähnlichkeit mit dem Klang der richtigen Sprache) = Jargon-Aphasie; verheerende Auswirkungen auf Kommunikation (vgl. Carter 2019, S. 149; Goldenberg 2007, S. 88 u. 89; Saffran 2002, Vol. 4).
Amnestische Aphasie	Oft als Restsyndrom einer rückgebildeten anderen Aphasie-Form, daher mit verschieden lokalisierten Läsionen verknüpft; ausgezeichnet durch Wortfindungsstörungen (vgl. Goldenberg 2007, S. 89).

Leitungsaphasie	Schädigung der Verbindungsstelle der sprachassoziierten Areale (häufig des bogenförmigen Fasciculus); Broca und Wernicke können nicht mehr einwandfrei zusammenarbeiten; bei gutem Verständnis und fließender Sprachproduktion liegen die Störungen beim Nachsprechen; Auftreten phonematischer Paraphasien beim Nachsprechen und in der Spontansprache (vgl. Caplan 2002 Vol. 2, S. 666; Carter 2019, S. 149; Goldenberg 2007, S. 90).
Transkortikal-motorische Aphasie	Unterform der Broca-Aphasie; Schädigung der Bereiche um Broca's Areal; Verständnis und Fähigkeit nachzusprechen sind im Vergleich am besten erhalten; Spontansprache jedoch ebenfalls schwer gestört und mühsam; reduzierter Wortschatz, aber keine Wortfindungsstörung; bei eindeutigen Fällen, wie z.B. beim Benennen von Bildern und nach Aufforderung ist die Bildung syntaktisch korrekter, ganzer Sätze möglich, d.h. die Schwierigkeiten liegen im Sprechen aus eigenem Antrieb und dem Wählen aus mehreren möglichen Wortalternativen (vgl. Carter 2019, S. 149; Goldenberg 2007, S. 90).
Transkortikal-sensorische Aphasie	Unterform der Wernicke-Aphasie; vgl. Thalamus-Aphasie (vgl. Ohye 2002, Vol. 4., S. 595 u. 596); Schädigung des zeitlich-okzipital-parietalen Übergangs; eine „von der Semantik losgelösten Sprache“ (Zerstörung des semantischen Gedächtnisses) (vgl. Goldenberg 2007, S. 90); starke Verständnisstörungen d.h. Lesen, Schreiben, Benennen und Verstehen (auch von Nachgesprochenem) sind nicht möglich, wobei jedoch kurzfristig erlernte Passagen problemlos wiederholt (bzw. nachgesprochen) werden können; meist flüssige Spontansprache mit erhaltener korrekter Syntax und Phonematik, aber stark floskelhaft oder inhaltlich durch semantische Abweichungen entstellt (z.B. wie „Faden verlieren“ bzw. vom Thema abweichen oder Variationen beim Benennen von ein und demselben Bild) (vgl. Carter 2019, S. 149; Goldenberg 2007, S. 90).

5 Singendes Wiedergeben von Sprache trotz Aphasie

Häufig decken erst Hirnläsionen und damit einhergehende (un-)beeinträchtigte Fähigkeiten funktionale Überschneidungen oder Trennungen verschiedener Regionen auf. Der oftmals rätselhaft erscheinende Fall, dass trotz des schädigungsbedingten Verlustes von Sprachfähigkeit Musik bzw. im Speziellen Singen möglich ist, gehört dabei wohl zu einem der meist untersuchten. Wie auch schwerpunktgebend für vorliegende Arbeit wird dazu der unter Broca-Aphasie leidende Schlaganfallpatient herangezogen, welcher zu einer deutlich und scheinbar uneingeschränkt artikulierten Wiedergabe von gesungenen Liedtexten in der Lage ist. In Anbetracht der groben hemisphärischen Funktionsaufteilung und der homologen Anatomie des Gehirns ließe sich eine einfache und solide klingende Erklärung herleiten: Tritt ein Schlaganfall in der dominanten Gehirnhälfte auf und schädigt hauptsächlich das dort sitzende Sprachareal, übernimmt bzw. erlernt offenbar im Kontext des Singens die intakte rechte Gehirnhälfte spezifische Aufgaben der zerstörten linken Region. Nun ist aber zu berücksichtigen, dass die Symptombilder einer Aphasie zuzüglich des individuellen Schädigungsausmaßes und anderer persönlicher Faktoren betreffend des neuronalen Netzwerkausbaus mit einer Reihe von Kombinationsmöglichkeiten eine breite Vielfalt annehmen können. Der im Gesang zur Artikulation fähige Broca-Aphasie-Patient muss dahin gehend nicht unbedingt den Regelfall darstellen und die Komplexität bläht sich beim Versuch, den derartigen Umstand auf die anderen möglichen Aphasietypen zu übertragen noch weiter auf. Im Zuge einer Therapie zum Sprach-wieder-erwerb ist in jedem Fall eine individuell auf den Patienten abgestimmte Behandlung unumgänglich (s. Kapitel 7).

Obwohl das besagte Phänomen die Annahmen nährt, dass einerseits Musik und Sprache im Gehirn nicht dieselben Repräsentationen besitzen (vgl. a. Spitzer 2002, S. 193) und andererseits, dass obschon die Vokalmusik nahe an Sprache herantritt, die gesanglichen nichts mit den normal sprachlich kognitiven Produktionsfunktionen zu tun haben dürften, ist eine vollständige Isolierung der beiden Systeme ein Ding der Unmöglichkeit. Zweifelsohne werden beide insbesondere beim Gesang gemeinsam aktiviert und in den großflächig verteilten Aktivierungsmustern sind Überschneidungen generell nicht auszuschließen. Bis zu diesem Abschnitt der Arbeit sind bereits vereinzelt neuronale und funktionale Überlappungen von Musik und Sprache aufgefallen. In diesem Kapitel erfolgt gesammelt die Aufbereitung deckender wie separater Merkmale und Mechanismen. Die Perspektive soll auch auf Aspekte jenseits der expressiven Sprache erweitert werden, um eventuell weitere Vorteile herauszufinden, die Gesang bzw. Musik für andere Sprachstörungen mit sich bringen könnte.

Wichtig für ein umfangreicheres Verständnis wird primär das ins Auge fassen einiger Grundelemente von Musik- und Sprachsignalen sein. Denn die zwei akustischen Entitäten weisen neben komplexeren und bereichsspezifischen Merkmalen vor allem auch strukturelle Gemeinsamkeiten auf elementaren Ebenen auf und teilen sich daraufhin grundlegende neuronale Verarbeitungsmechanismen. Folgende Vergleiche stützen sich vorerst wiederum verstärkt auf jene für die Fragestellung relevanten musikalischen Charakteristika Melodie und Rhythmus. Bevor dazu auf die Vorrichtungen der menschlichen Steuerzentrale eingegangen wird (s. Kapitel 5.1.3), mithilfe derer die hervorgehobenen Parameter erst ihre definierte Form annehmen können, erfolgt nach einer Erörterung inwieweit die beiden Systeme Musik und Sprache zusammengeführt werden können (auch evolutionär; s. Kapitel 5.1.1 u. 5.1.2), die Darlegung von fundamentalen Aspekten mit Beschreibungen der speziellen im Gehirn ausgelösten und weitgehend konformen Prozessen und Mechanismen (Kapitel 5.1.2.1-5.1.2.4). Im Anschluss daran finden Aphasietypen Einzug in die Erläuterung, wobei das besondere Augenmerk auf den beiden scheinbar gegensätzlichsten Haupttypen Broca (s. Kapitel 5.2) und Wernicke (s. Kapitel 5.3) liegt.

5.1 Möglichkeiten der Vereinigung und Trennung von Musik und Sprache

Grundsätzlich ist das Suchen nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden auf mehreren Ebenen möglich und kann daher verschiedene Ansätze nach sich ziehen (vgl. Patel 2008). Existierende Überschneidungen von Musik und Sprache reichen wie Spitzer (2002, S. 362) festhält „von der Physik des Vokaltrakts bis hin zur zentralnervösen Steuerung und Repräsentation“. Auch Peretz et al. (2015, S. 3) betonen, dass sich Musik und Sprache von der Analyse des akustischen Inputs bis zum Planen des motorischen Outputs einige Merkmale teilen. In einer ähnlichen Spannweite ist auch mit Differenzierungen zu rechnen. Eine Annäherung der beiden Bereiche wirft oft eine gewisse Problematik auf. Die Schwierigkeit einer vollständigen Vereinigung als auch Trennung und die dadurch entstehende Unschärfe lassen sich durch das Musik-Sprach-Kontinuum von Koelsch (2013a, S. 169-172) besser klären, womit die beiden Systeme als Pole einer einzelnen kontinuierlichen Domäne dargestellt sind. Viele gleichartige Elemente können auf jeder Seite gefunden werden und je nachdem wohin der Fokus gerichtet wird und welchen konkreten Nutzen sie tragen bzw. welche Aufgabe sie erfüllen, sind sie für einen Bereich tendenziell geeigneter als für den anderen. An dieser Stelle sind für die vorliegende Arbeit nur einige wenige Kernaspekte hervorgehoben.

5.1.1 Entwicklungsgeschichtliche Hintergründe

Zur Nachvollziehbarkeit einiger Zusammenhänge wird häufig an den *Anfängen* angeknüpft. Die differenzierte Ausprägung von Sprachfähigkeit und Musikalität ist evolutionär bedingt für das menschliche Gehirn einzigartig. Ob die Eigenschaften als Nebenprodukte anderer kognitiver und motorischer Fähigkeiten gesehen werden sollen, d.h. als Resultate der allgemeinen zerebralen Weiterentwicklung, sowie ob eine Domäne (und wenn ja, welche) ein Wegbereiter in der Etablierung der anderen war, steht zur Diskussion. Aus verschiedenen Blickwinkeln bestehen weiter Überlegungen einer Art Koevolution von Sprache und Musik. Darüber hinaus führen Spekulationen über geteilte entwicklungsgeschichtliche Hintergründe zu kommunikativen Handlungen und Äußerungen in sozialen Strukturen menschlicher Vorfahren. Je verfolgter Theorie (s.u.) kann gemutmaßt werden, dass in einem Stadium noch bevor sich für die Spezies Mensch nach und nach – auch unter kulturellem Einfluss – mit steigender Komplexität und wachsendem Detailreichtum zwei spezifische Zweige bzw. eigenständige Funktionsbereiche für Musik und Sprache entwickelt haben, Prototypen vorlagen, in denen die Verwandtschaft noch sehr groß war (vgl. Arbib & Iriki 2013, S. 481-496; Koelsch 2019, S. 23; Patel 2008, S. 367-402 u. 2013, S. 331; Peretz et al. 2015, S. 1; Scherer 2013, S. 131-138).

Aus der Sicht der Spiegelsystemhypothese in der gestischen Ursprungstheorie für Sprache zählen manuelle Geschicklichkeit, Werkzeuggebrauch, körperlicher Ausdruck und überdies Imitation von Bewegung zu jenen Elementen, die aufgrund der sich daraus ergebenden aussagekräftigen Kommunikationsmöglichkeiten deren (vokale) Entwicklung geebnet haben sollen. Den Anker bildet hier die „protosign“. Davon ist die Etablierung von Musik leicht abzuleiten, da dieses Konzept – mit anderer zugrunde liegender Zielverfolgung und Bedeutung – eher die musikalischen Handlungen wie Tanz und Spielen von Musikinstrumenten bestimmt (zzgl. stärkere Stimulation von Spiegelneuronen, s. Kapitel 3.3.1). Selbst die Grundform des musikalischen Ausdrucks lässt sich ohne weiteres auf diese gemeinsamen Wurzeln zurückführen, da die Stimme ausschließlich und abseits eines kommunikativen Zwecks als das zu kontrollierende Instrument bzw. Werkzeug agieren würde (vgl. Arbib & Iriki 2013, S. 484-491 u. 497; Fogassi 2013, S. 83-106).

Dem gegenüber gestellt wird jene weitere Sichtweise (vgl. Arbib und Iriki 2013, S. 493-496), die ebenso den Ursprung der Sprache ins Auge fasst und doch Parallelen zur Musik erkennbar macht. Sie stützt sich, angelehnt an die musikalisch bzw. prosodische „protolanguage“-Hypothese nach Darwin, auf stimmlich erzeugte emotionale Ausdrucksformen.

Der Fokus liegt auf der Nachahmung von Naturgeräuschen, den produzierten melodie- bzw. liedähnlichen Mustern und den instinktiven Rufen anderer Artgenossen („Affekt-Bursts“). Gesten und Zeichen seien in diesem Fall unterstützende Nebeneffekte. Aus diesem emotional fundierten vokalen Kommunikationsmechanismus soll sich das komplexere Vokalisierungssystem mit dem Ziel einer sozialen Interaktion ausgebildet und von der Musik(-funktion) abgespalten haben. Hieraus kann explizit die Brücke zu Musik- und Sprachsignalen und deren Gemeinsamkeiten geschaffen werden. Schließlich könnten in Tierlauten (einschließlich Vogelgesang) grundlegende Eigenschaften beider Bereiche beobachtet werden. Dabei handelt es sich um relative Betonungen (psychoakustisches Merkmal) und Tonhöhenkonturen zzgl. emotionaler Aspekte, zyklische Muster bzw. wiederkehrende Merkmale und zu größeren Einheiten zusammenfassbare Bausteine unterschiedlicher Dauer (vgl. Darwin 1872 zit. n. Richter 2015, S. 330; Lerdahl 2013, S. 258 u. 272; Scherer 2013, S. 131-139). Demnach stellen suprasegmentale Eigenschaften (=sich im zeitlichen Verlauf systematisch verändernde Klangsequenzen) Berührungspunkte dar. Als suprasegmental gelten Melodie, Harmonie, Intonation und Amplitudenkonturen, Emotion sowie Rhythmus und Tempo (vgl. Fritz et al. 2013, S. 423; Scherer 2013, S. 131).

Obwohl die beiden Ansätze separate Schwerpunkte vertreten, die zumindest deutlicher hinsichtlich ihrer Relevanz für die Sprachentwicklung verschieden gewichtet werden, wenn den motorisch manuellen Fähigkeiten menschlicher Vorfahren eine größere Notwendigkeit zum Ausbau eines umfassenden Kommunikationssystems mit unbegrenzt aussagekräftigem Ausdruck kognitiver Inhalte zugeschrieben und gleichzeitig emotionales Vokalisieren in Form von (Vogel-)Gesängen nach Darwins Modell dafür als nicht ausreichend eingestuft wird (vgl. Arbib & Iriki 2013, S. 485, 494-496), sind gewisse Wechselwirkungen erkennbar. Von der einen Seite her aufgerollt wird über das handlungsbezogene Lernen und den körperlichen Ausdruck früher oder später auch die Stimme (emotional) eingesetzt. Vom anderen Zugang aus wird zwar die Vokalisation in den Mittelpunkt gestellt. Trotzdem weist ein diesbezüglich beobachteter (spontaner) Emotionsausdruck einen multimodalen Charakter auf, weil neben den Stimm- auch Mimik-, Gestik- und Haltungskomponenten einbezogen sind. In weiterer Folge resultieren aus der Emotionsregulation ein ebenso im Sinne der Imitation und unter sozio-kulturellem Einfluss erlerntes Verhalten sowie Stimmkontrollstrukturen (vgl. Scherer 2013, S.133-135 u. 139).

Ein in der Motorkontrolle verankerter Zusammenhang würde neben der möglichen parallelen Entwicklung von Musik und Sprache sogar eine Koevolution der beiden vorgestellten Theorien (handlungs- und emotionsbasiert) anzeigen. Davon ist die Idee einer generell

parallelen Entstehung von Sprache, Musik, Gesang und Tanz nicht weit entfernt, wie auch das gegenwartsbezogene in Beziehung-setzen zeigt. Der Gesang als einfachste Art der Hervorbringung expliziter musikalischer Klänge und Sequenzen hat durch die augenscheinliche Integration musikalischer und sprachlicher Anteile z.B. in Liedern, aber vor allem aufgrund der durch die naturgegebenen physischen Voraussetzungen gleichen Quelle der Klangerzeugung bei Sprechen und Singen ohnehin offensichtliche Überschneidungspunkte (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 257). Nachdem weiter laut Hagoort & Poeppel (2013, S. 233) das allgemeine Produzieren von Musik am direktesten mit gesprochener Sprache vergleichbar ist, bestätigt sich wiederum der motorische Zusammenhang zwischen Sprechen, Singen und Musizieren. In dieser Hinsicht müssten Instrumentalmusik und Gesang nicht zwingend getrennt gegenüber der Sprachproduktion betrachtet werden. Die Verbindung zwischen Tanz und Gestik ist bezüglich dessen selbsterklärend (s.a. Kapitel 3.3.1).

Die emotionalen Aspekte treten daneben besonders im Bereich der Wahrnehmung und Wirkung hervor. Aus der affektbasierten Kommunikation heraus wurde dies primär für die Musikfunktion bedeutsam, wodurch sich im Vergleich zum Nutzen für die Sprache ein gewisses Ungleichgewicht ergibt. Um Gefühle und Empfindungen auszudrücken, zu beschreiben, mitzuteilen oder hervorzurufen eignet sich Musik im Gegensatz zu Worten bekanntlich besser, weshalb sie prinzipiell als Kommunikationsmittel für Emotionen aufgefasst wird. D.h. sie transportiert vordergründig Gefühlszustände, anstatt eine auf aussagekräftigen Bedeutungen beruhende Kommunikation zu ermöglichen (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 38; Altenmüller & Bernatzky 2015, S. 225 u. 226; Koelsch 2013a, S. 171; Richter 2015, S. 335). Darin liegt auch der Schlüssel zur Funktion des musikalischen Anteils der Sprache – der Prosodie –, über die größtenteils die Vermittlung emotionaler Inhalte passiert. Durch nuancierte Tonhöhenkonturen kann der Sprecher (un-)bewusst das WIE des Gesagten und dadurch bestimmte (momentan empfundene) Stimmungen erzeugen bzw. ausdrücken. Zwar greift dies nicht direkt in den Sinn der Worte einer Botschaft ein, färbt aber in gewisser Weise die Semantik. Je nach subjektiver innerer Bewertung und Interpretation kann die entstandene Wirkung ebenso beim Empfänger Emotionen hervorrufen und folglich körperliche Reaktionen auslösen, welche zu Zeiten der Verständigung durch (spontane) Expressionen überlebensnotwendig waren und subkortikal in älteren Teilen des Gehirns abgespeichert wurden (vgl. Altenmüller & Bernatzky 2015, S. 222-225; Carter et al. 2019, S. 126-129; Koelsch 2013a, S. 172; Richter 2015, S. 330; Scherer 2013, S. 139).

Damit bestätigt sich zum einen eine biologisch-genetische Veranlagung zur universellen Erkennbarkeit emotionaler Sprache und im generellen soll die im Emotionsausdruck verwurzelte Verwobenheit von Musik und Sprache den Zusammenhang von Wortbedeutung mit Stimmklang bzw. Intonation erklären sowie im Falle einer imitierten Sprachmelodie durch (westliche) Musik dafür verantwortlich sein, dass deren Wertigkeit unabhängig von Kultur und subjektiver Empfindung ebenso global erkannt wird (vgl. Koelsch 2019, S. 27-31). In einem breiten kulturellen Feld sowie vorliegender Sprach- und Musikstilvielfalt würde dies aber in erster Linie die Basisemotionen betreffen (vgl. a. Scherer 2013, S. 134 u. 136ff.).

Von emotional gesteuerten Wirkungen auf den Körper und den begleitenden Reaktionen auf Basis wahrgenommener Geräusche und stimmlicher Tonhöhenkonturen blieben speziell für Musik gewisse evolutionäre Reste – sogenannte Chills – erhalten, die vorwiegend angenehm empfundene Affekte darstellen und sich von den überlebenswichtigen Grundgefühlen in deren Qualität unterscheiden. Musik-ästhetische Emotionen sind von kulturell-sozialen Faktoren bestimmt und hängen deutlicher von subjektiver Bewertung und Erwartung mit gewisser Zielerreichung ab (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 35; Altenmüller & Bernatzky 2015, S. 221-236; Koelsch 2019, S. 73ff.; Scherer 2013, S. 128-130 u. 137). Der positiv empfundene physische Zustand diente einst eventuell als Katalysator für die Ausbildung funktionaler Formen der Emotionsregulation und Stärkung sozialer Bindung mittels Musik bzw. Singen und die Wertschätzung von Gesängen als Kulturgut (vgl. Kreutz 2015, S. 274).

In einem beinahe größeren Ausmaß für positive Wirkung sorgt der Rhythmus. Die Neigung des Menschen sich mit Vergnügen taktangepasst und synchronisiert an Musik zu beteiligen und zu bewegen, weist auf ein ebenfalls angeborenes und biologisch veranlagtes Rhythmusgefühl hin (s. a. Kapitel 3.2.1). Die Bevorzugung (zeitlich) strukturierter Information und die mit den menschlichen Gedächtnis- und Kognitionsfähigkeiten kompatible, unbewusste Bildung von Rhythmus bzw. Takt aus zufälligen Klangereignissen wird für die Universalität der musikalisch rhythmischen Eigenschaften (exkl. kultur-/stilspezifischer Regeln) verantwortlich gemacht. Die synchrone Abstimmung und Koordination mit Gruppenmitgliedern gilt zudem als einfachste mentale, für die Spezies Mensch reservierte, und typisch musikalische Funktion (vgl. Koelsch 2019, S. 33-36; Lerdahl 2013, S. 270; Patel 2013, S. 335).

Letztendlich scheint die Motorik, gerade auch wegen der regelbestimmten sequenziellen Konstruktionsschemata von kleineren Bausteinen zu größeren komplexen Strukturen, evolutionär bedingt die solidere gemeinsame Basis für Sprache und Musik festzulegen. Motorische Aktionen wären bis zu einem gewissen Grad weniger anfällig für subjektive Beurteilung aufgrund gewohnter Hörerfahrung und Erwartung melodisch-harmonischer Konturen.

Gänzlich getrennt werden können die Ursprungstheorien aber nicht, denn wie deutlich wurde unterstützen sich die dargelegten Merkmale gegenseitig. So erfolgt der emotionale Ausdruck nicht nur durch melodisch bzw. prosodische Merkmale, sondern auch über (oder häufig zusammen mit) Körpersprache und angeborener Gestik/Mimik. Beide Ansätze stellen maßgebliche, ineinander eingreifende Säulen der Entwicklung von Musik und Sprache dar und eröffnen wesentliche Blickwinkel zur Ermittlung von Zusammenhängen. Musikalische Aspekte verleihen der Sprache außerdem allgemein wesentliche Charakteristika, erleichtern die Erkennung und abgesehen davon vervollständigen mitwirkende musikspezifische Bereiche die Sprachausführung. Sämtliche sprachbezogene Fähigkeiten profitieren von den Verbindungen zur Musikdomäne (vgl. Peretz et al. 2015, S. 1). In jedem Fall hat im Laufe der Evolution ein voneinander Abspalten stattgefunden hat, wodurch sich die spezifischen Ziele für Musik und Sprache gefestigt haben, indem ästhetischer, gefühlsbasierter Ausdruck für die musikalischen und bedeutungstragende Aussage für die sprachlichen Funktionen erhalten blieben.

5.1.2 Vergleich auf elementaren (Verarbeitungs-) Ebenen

Das Wissen über gemeinsame Wurzeln, damit offenbarte Ähnlichkeiten und Zusammenhänge ergänzt sich durch offensichtlich geteilte Verarbeitungsebenen (s. Kapitel 5.1.2.1-5.1.2.4). Gleichsam den kindlichen Spracherwerbsstrategien funktioniert die Wahrnehmung einer Fremdsprache. Die hierfür entscheidenden und vordergründig wahrgenommenen imitatorisch, rhythmisch, melodisch, klanglich und akzentuierten Orientierungspunkte bringen sie mit einem musikalischen Ereignis auf gleiche Höhe (s. Kapitel 3.1). Die einhergehende Strukturierung mittels der gestalthaften Wahrnehmungsfähigkeit kann zu hereditären Eigenschaften gezählt werden, die folglich eben auch die gewissen gemeinsamen Verarbeitungsmechanismen erfassen (vgl. Koelsch 2013b, S. 245 u. 2019, S. 46; Patel 2008, S. 165). Jene treten bereits sehr früh und nach anderen bestimmten Voraussetzungen (Oszillationen, s. Kapitel 5.1.3.1) zur Einstufung bzw. Separierung eintreffender auditorischer Information als typisch musikalisch oder sprachlich in Kraft. Die Informationsdekodierung beider Reize läuft in den elementaren Wahrnehmungsprozessen ähnlich schnell und beinahe unmittelbar nach der Reizaufnahme ab (vgl. Fritz et al. 2013, S. 429). Trotzdem macht das Gehirn in den allerersten Stufen der Verarbeitung noch keinen Unterschied, da prinzipiell immer beide Hemisphären beteiligt sind und das rein akustische Signal von Musik- und Sprachklängen theoretisch aus denselben Informationen besteht bzw. sich die klanglichen Strukturen stark

annähern (→ bzgl. Formanten: Instrumententöne können manchmal einen ähnlichen Charakter wie Sprachtöne aufweisen) (vgl. Koelsch 2019, S. 44-46; Ladefoged & Johnson 2011, S. 188 u. 189). In Anbetracht der elementaren und domänenübergreifenden Signalverarbeitung lassen sich Verbindungen leichter herstellen und erklären, warum gewisse Funktionen beim Ausfall einer Domäne weiterhin noch möglich sind und andere ausschließlich bereichsspezifisch bleiben (→ Repräsentations- und Ressourcennetzwerk; s. Kapitel 5.1.3). Doch bevor darauf eingegangen wird, sollen einige Kontradiktionen festgehalten werden, die sich ebenso durch die anschließend beschriebenen grundlegenden Prozesse und Analysemechanismen ziehen, welche ferner ebenfalls ineinandergreifen oder sich ergänzen können und somit nicht komplett voneinander trennbar sind.

Bezogen auf das besagte Musik-Sprach-Kontinuum ist die Relevanz bestimmter grundlegender Parameter trotz Überschneidungen und zugelassener Mischformen (bspw. Poesie, Sprechgesang, Rap etc., „transitionale Zonen von Sprache und Musik“, vgl. Koelsch 2013b, S. 246) für jede Domäne verschieden. Das betrifft in erster Linie die suprasegmentalen Merkmale, welche der Musik wesentliche Standbeine sind, für Sprache jedoch eher einen nebensächlichen Effekt haben und höchstens Phrasengrenzen, Stimmungen, Emotionen und Satzarten gestalten (vgl. Koelsch 2013b, S. 245). So zeigt die Tonhöhenkontur für den primären Verständigungszweck einer (nicht-tonalen) Sprache, eine eindeutig semantische Botschaft zu übermitteln, geringere bzw. indirektere Relevanz. Die darin eingeschlossenen affektiven/emotionalen Inhalte tragen nur zu einer mittelbaren Semantik bei (s. Kapitel 5.1.1). Eine prosodische Phrasierung beeinflusst dazu Phonologie sowie Syntax, wodurch sich wiederum indirekte Auswirkungen auf die Bedeutung der Botschaft ergeben können (vgl. Koelsch 2013, S. 170; Thompson-Schill et al. 2013, S. 298; s.a. 2.2.1.1). Grob gemeint sind in syntaktischer Hinsicht die unterschiedlichen Satzarten (Frage, Aussage, Ausruf), die am Ende durch bestimmte Zeichen gekennzeichnet sind. Die Melodik bewegt sich dabei begleitend in eine für die jeweilige Sprache typisch abschließend wirkende Richtung (vgl. Patel 2008, S. 206; s. a. Kapitel 5.1.2.1). Zudem kann die Dauer der letzten Silbe final verlängert sein. Manchmal treten solche Konturen in ähnlicher Weise in musikalischen Phrasen auf, erlangen dort aber einen höheren metaphorischen Wert (vgl. Fritz et al. 2013, S. 423; Patel 2013, S. 334). Die Melodie unterscheidet sich nach Patel (2008, S. 205) dazu in den vielfältigeren, komplizierteren Wahrnehmungsbeziehungen und Meta-Beziehungen zwischen diesen von der Sprachmelodie und der Intonationswahrnehmung. Der für beide Domänen zentrale Aspekt hinsichtlich der Tonhöhenkontur bleibt die affektive Kommunikation von Reaktionen, Zustände und Absichten an das soziale Umfeld (vgl. Scherer 2013, S. 109).

Prosodische Phrasierungen bilden zusammen mit Wortbetonungen/-akzenten den Rhythmus natürlicher Alltagssprache(-n) und dienen deren Erkennung. D.h. der sprachliche Rhythmus ist ein „Produkt der Varietät von interagierenden phonologischen Phänomenen“ (vgl. Patel 2008, S. 177). Obwohl ebenso Musik mittels der Rhythmik eine Struktur und einen Wiedererkennungswert erlangt, kann sich jene als „organisierendes Prinzip“ mit metrischen Verläufen und einer zugrunde liegenden zeitliche Periodizität nennenswert von der natürlichen Sprache abheben. Der isochrone Puls unterstützt synchrones Produzieren von Musik oder dazugehörigen Bewegungen und hat kein Gegenstück in Sprache (Koelsch 2013b, S. 246). Die sprachlich zeitliche Regelmäßigkeit tritt dazu in mehreren Zeitskalen mit relativ niedrigen Modulationsfrequenzen auf (vgl. Haagort & Poeppel 2013, S. 252). Ein bestimmter zeitlicher Bereich, in dem betonte Silben liegen, soll sich allerdings zumindest mit jenem der Musik überschneiden, der Menschen das Folgen eines Beats erleichtert (500-700ms, s. Kapitel 3.2.1; vgl. Patel 2008, S. 100).

Die sprachbezogen sonst unüblichen und fehlenden metrischen Verläufe treten einzig in poetischer, ritueller oder nachdrücklicher Form hervor (vgl. Koelsch 2013b, S. 246). Hier teilen sich Musik und Sprache einen Zähler, der auf regelmäßigen Betonungen liegt und ein charakteristisches Auf und Ab zwischen Spannung und Entspannung mit Intuition zur Rückkehr – zu einem stabilen Tonhöhenereignis wie der Tonika in der Melodie gepaart an eine stabile Zählzeit (s. Kapitel 3.2.1) oder einer ähnlich klingenden Silbe im Reim. Beides ist für die Erfüllung bestimmter Erwartungshaltungen prädestiniert, die nicht von der Semantik im Diskurs abhängen. Im Lied ist oft eine Kombination dessen existent (vgl. Lerdahl 2013, S. 261, 266, 267 u. 271).

Spezifische komplexere Elemente von Musik und Sprache miteinander zu verbinden kann für weiterführende Theorie und Praxis insbesondere hinsichtlich des Sprach-wieder-erwerbs problematisch und womöglich nicht in erhofftem Ausmaß vorteilsbringend sein (Thematik erweiterter „OPERA-Hypothese“, vgl. Patel 2014, S. 98-108). Denn im Sinne des erwähnten Gegensatzes Ausdruck vs. Aussage wird Instrumentalmusik in der Regel a priori ohne Text konzipiert genauso wie das Singen selbst bei der Verschmelzung von Sprache und Musik in Liedern im Endeffekt eine musikalische Tätigkeit bleibt und somit Musik weder noch von (sinnvollen) Worten abhängt – Sprache hingegen durchaus. Die Problematik dieser (Un-) Vereinbarkeit zeigt sich eklatant an einer Kluft, dass offenbar das Gegenstück zum sprachlich mentalen Lexikon, in dem der Kommunikation dienliche verifizier- oder falsifizierbare semantische Inhalte mit Bezug zur extra-individuellen Welt im Vordergrund stehen, fehlt (vgl. a. Koelsch 2013b, S. 247).

So sind typisch sprachtheoretische Kategorien (Syntax, Semantik, Phonologie) nicht äquivalent auf musikalische Komponenten anwendbar. Gleichzeitig haben grundlegende Merkmale der Musik, wie diskrete Tonhöhen, Intervalle und daraus resultierende komplexe Tonhöhenstrukturen, Harmonie und Dissonanz, Skalen und Tonika sowie die allgemeine Tonhöhenstabilität, beatbasierte Rhythmen und sich wiederholende melodische/rhythmische Muster, in der Alltagssprache weder derartige Entsprechungen noch die gleiche Wertigkeit (vgl. Lerdahl 2013, S. 260, 268, 271 u. 272; Patel 2013, S. 334 u. 335; s.a. Kapitel 5.1.2.2). Ohnedies ist es wenig sinnstiftend Funktionsbezeichnungen mit spezifischen Absichten für unterschiedliche Systembereiche zu verwenden (vgl. Thompson-Schill et al. 2013, S. 297). Den für das jeweilige System typischen Einheiten, welche sich in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien herausgebildet haben, unterliegen jeweils eigene, für die zugehörige Dimension entscheidende Bedeutung und andere Funktionen. Sie sind kaum auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, was zeigt, dass sich Überlappungen zu entfernen scheinen, je mehr den bereichsspezifischen Details angenähert wird.

Insgesamt wird deutlich, dass nichtsdestotrotz melodische Aspekte mehr Vermischungen oder Parallelen über die emotionalen Faktoren zulassen, da hier auch gemeinsame Wurzeln vorliegen. Ein isochroner Puls, der in normaler Sprache nicht vorhanden ist, und die Semantik, die in der Musik nur einen nachahmenden Charakter einnimmt, stellen in dieser Hinsicht die Enden bzw. die äußersten Pole des Kontinuums dar (vgl. Koelsch 2013b, S. 246).

5.1.2.1 Gruppierungsmechanismen

Die Hauptaufgabe des Gehirns während des Hörprozesses besteht darin, die Umgebung akustisch zu rekonstruieren. Aus einer Fülle von kontinuierlich eintreffenden Reizwellen müssen einzelne sich mit der Zeit entwickelnde Ströme differenziert werden, die aus schnell aufeinanderfolgenden Einzelereignissen bestehen; speziell hinsichtlich des Sprachflusses liegt eine Aneinanderreihung einzelner Laute (Phoneme) vor, im musikalischen Ereignis einzelne Töne oder Klänge. Mit hoher Reaktionsfähigkeit werden die diskreten Elemente gefiltert, idealerweise erkannt und jeweils entweder als zusammengehörig oder nicht interpretiert. Ein als zusammenhängend beurteilter Input wird dann in logisch abgeschlossene Einheiten gegliedert („chunking“). Die dazu herangezogenen psychoakustischen Gestaltprinzipien und Gruppierungsmechanismen gelten als elementare domänenübergreifende, universelle Fähigkeiten und erleichtern das Verständnis bzw. verbessern die Aufnahme des Inhalts. Beim Singen funktioniert all dies noch deutlicher. Gedächtnisfunktionen, insbesondere die Spanne des Kurzzeitgedächtnisses, und Aufmerksamkeit spielen sowohl bei früh aktivierten Automatismen als auch bei weiteren wissensbasierten Operationen wesentliche Rollen. In Folge können erfahrungsabhängig sinnvoll Phrasen gruppiert, geordnet und zu größeren Blöcken zusammengefasst werden – in Sprache wie auch Musik jeweils auf semantisch und syntaktischer Ebene (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 26ff.; Fritz et al. 2013, S. 425ff. u. 442; Patel 2008, S. 169; Spitzer 2002, S. 119-122).

Die für Sprach- und Musikwahrnehmung obligatorische elementare Erkennung einer Gruppe, die zeitlich linear gesehen akustisch durch gewisse Begrenzungsmerkmale bestimmt ist, rekrutiert ähnliche Hirnstrukturen bzw. bedient sich gemeinsamer neuronaler Ressourcen (vgl. Patel 2006, S. 99 u. 2008, S. 112). Änderungen in der Intonationslinie, der Lautstärke und Dauer sowie im Klang können Anfang und Ende markieren. Ebenso zeichnend sind Betonung und Rhythmus (Anm.: sprachlich rhythmische Eigenschaften basieren auf Betonungen und prosodischer Intonation) (vgl. Patel 2008, S. 106-108). Diese erleichtern die Gruppierung sowie die sinnhafte Wahrnehmung im Allgemeinen durch die damit entstehende zeitliche Struktur. Besonders in Musik vorhandene rhythmische Raster mit zyklisch wiederkehrenden Mustern und häufig einem Grundsatz zur Basis erhöhen die Erkennung von einzelnen Abschnitten (vgl. a. Aldridge & Aldridge 2008, S. 30; Patel 2008, S. 148, 169 u. 192).

Die wahrgenommenen Markierungen werden durch Pausen zwischen den entstandenen Phrasen ergänzt. Dadurch erhalten diese bestimmte, für Musik und Sprache lokal ähnliche Längen, die der Arbeitsgedächtniskapazität entsprechen (vgl. Spitzer 2002, S. 131).

Nebenbei sind sie oft an das Atmen angepasst, woraus sich besondere Parallelen ergeben. Von der Sprache aus lässt sich diese Art der Begrenzung direkt auf Vokalmusik übertragen und unabhängig davon, ob instrumententechnisch tatsächlich geatmet werden muss oder nicht (z.B. Bläser vs. Streicher), sind die gesanglichen Charakterzüge auch in der Instrumentalmusik erkennbar (vgl. Thompson-Schill 2013, S. 302).

Bezüglich des hier gemeinten Konturverlaufs und der Atempausen tritt etwas einschlägig die westliche oder zumindest auf einem Tonsystem basierende Musik hervor. Zur Frage steht jedoch, ob Melodiegestaltungsregeln generell aus sprachlichen Phrasen hervorgegangen bzw. bewusst daran angelehnt entwickelt worden sind und ob dies für die Musiken der verschiedenen Kulturen gleichermaßen gilt. Selbst wenn in melodischen Aspekten universell geltende emotionale Codierungen verankert sind, die mitunter automatisch oder wissend über die Auslösung gewisser Emotionen in die Musik eingegliedert werden (vgl. a. Scherer 2013, S. 137), könnten sich gewissermaßen Eigenschaften einer Sprache individuell in die Regeln der Melodiegestaltung einmischen.

Unterschiede in sprachtypischen Rhythmen und Betonungen, die weiter vom grammatikalischen Aufbau beeinflusst werden, veranlassen zumindest eine zwischenkulturell variierende Gruppenwahrnehmung (vgl. Patel 2008, S. 173). Das Wahrnehmungsverhalten ist nämlich an die Gruppierungsstrategien der Muttersprache gekoppelt. Das gewohnte sprachmelodische Hörumfeld prägt also die Erwartungshaltung, nach deren Erfüllung ein Musikhörer dann unbewusst strebt. So wirken sich rhythmische Segmentation und Orientierung an der Intonationslinie, die zur Zeit des lexikalischen Erwerbs maßgeblich waren, als Restbestände sowohl auf das Hören von Fremdsprachen als auch auf die Gruppierung nichtsprachlicher rhythmischer/musikalischer Ereignisse aus (vgl. Patel 2008, S. 148, 169 u. 190-196). Dazu treffend schlussfolgert Patel (2006, S. 99), dass das „Gruppieren in der Musik ein Ableger prosodischer Gruppierungsfähigkeiten sein kann“. Eine vorgeschlagene Universalität für wahrgenommene Gruppengrenzen muss bei der offensichtlichen kulturellen Prägung kritisch betrachtet werden (vgl. Patel 2008, S. 170ff.).

Begrenzungs- und Phrasierungskriterien zufolge sei die Rhythmik in der Musik aber strenger von jener in der Sprache zu trennen und kann nicht wie von der Prosodie behauptet als direkter Ableger gesehen werden. Hauptfaktor ist die ausschließlich musikspezifische zeitliche Periodizität, auch wenn nicht in jeder Art der Musik metrische Strukturen vorhanden sind und Rhythmen bzw. deren Wahrnehmung über die psychologischen Gestaltprinzipien hinaus auch von der Kultur und dem jeweiligen Stil bestimmt werden können (vgl. Lerdahl 2013, S. 270; Patel 2006, S. 100).

Gruppierungsprozesse sind überdies nur in begrenztem Rahmen möglich, den in der Sprache eben bspw. die grammatikalischen Regeln vorgeben. Gruppierungsverbindungen funktionieren demnach auch nur innerhalb einer kategorischen Komponente (vgl. Lerdahl 2013, S. 260 u. 261). Dies steht im Sinne der anschließend beschriebenen Kopfhierarchien, in denen mehreren kleineren Gruppen größere Gruppen übergeordnet sein können.

Melodie, Rhythmus, Betonung und Klang als gemeinsame Eigenschaften von Musik und Sprache beeinflussen in beiden Fällen die automatische Gruppierung (vgl. a. Koelsch 2019, S. 46). Trotz Ähnlichkeiten ist bei der Bildung diverser Analogien Vorsicht zu wahren (s. a. 5.1.2.2). Die kulturelle Prägung spielt ab einem gewissen Punkt eine entscheidende Rolle in Wahrnehmung und Gruppierung des Gehörten.

5.1.2.2 Hierarchische Ordnungen

Nach der Identifizierung und der Zusammenfassung der zahlreichen kleineren sequenziellen Elemente zu größeren sinnvollen Teileinheiten unterliegt deren finale Ordnung in der Theorie meistens einer hierarchischen Organisation (vgl. a. Fritz et al. 2013, S. 442). In der Musik ermöglichen hierarchisierte Gruppierungsfähigkeiten die Erkennung von Tonhöhenbeziehungen, Melodiensequenzen, Akkorde sowie Frequenz, Klangfarbe und in größeren Zusammenhängen Motive und Themen. Typisch für (westliche) Musik fallen darunter auch die Hierarchien der harmonischen Stabilität (vgl. Koelsch 2013b, S. 31-35). In Bezug auf syntaktisch hierarchische Beziehungen in der Sprache fokussieren sich die Mechanismen hauptsächlich auf die aussagekräftige Semantik und korrekte grammatikalische Zusammenhänge, wobei vor allem der Zugriff auf die im mentalen Lexikon abgespeicherten sprachlichen Elemente gewährt sein sollte (vgl. Fritz et al. 2013, S. 426, 428 u. 442; Koelsch 2013a, S. 145; Patel 2008, S. 201-203; Spitzer 2002, S. 126-128 u. 131).

Die kopfhierarchisch organisierten Prinzipien liegen in Form sogenannter Baumstrukturen vor, die vor allem in Syntax-Analysen der Linguistik Gebrauch finden. Dabei können Bedeutungsbeziehungen zwischen den jeweiligen Elementen auch über ihre linear zeitliche Reihenfolge hinaus erfasst werden (vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 236; Koelsch 2013a, S. 143ff.; Thompson-Schill et al. 2013, S. 290-292 u. 303). Die semantischen Zusammenhänge spielen auf sprachlicher Ebene eine größere Rolle. Der systematische Aufbau für Sprache ist nicht mit dem der Musik vergleichbar (vgl. Fritz et al. 2013, S. 442; Patel 2013, S. 335). Dennoch führt die Gliederung auf syntaktischer Ebene wegen der zeitlichen Entwicklung häufig zur Gleichsetzung bestimmter Elemente.

Die Gegenüberstellung erfolgt von Buchstaben/Silben und Tönen bzw. Noten, Buchstabensequenzen/Wörter und musikalischen Motiven sowie einem sich aus mehreren Worten ergebender Satz und einer aus mehreren Motiven bestehenden musikalischen Phrase (vgl. Lerdahl 2013, S. 260; Spitzer 2002, S. 130). Auf den ersten Blick erscheint dies plausibel und es ließen sich jeweils auch ähnliche hierarchische Prozesse beim Zusammenbau einzelner Bestandteile zu größeren Einheiten beobachten. Insbesondere für Silbe und Note, die im gesungenen Lied aneinandergebunden sind, könne im einfachsten Fall die Unterteilung Konsonant und Vokal mit Attack und Sustain gleichgestellt werden (vgl. Lerdahl 2013, S. 257-272 u. 260).

Im engeren Sinne bleibt die Unvereinbarkeit der bedeutungstragenden Begrifflichkeiten und ihren domänenspezifischen Funktionen in höheren Verarbeitungsniveaus aufrecht, sodass die Analogien nur zur vereinfachten Veranschaulichung in abstrakteren Dimensionen dienen. Dazu sei an dieser Stelle wiederholt festgehalten, dass den angeführten Elementen und Einheiten a) nicht dieselbe (semantische) Bedeutung zugrunde liegt, b) die Hintergründe ihrer hierarchischen Organisation häufig im Kontrast zueinanderstehen und c) im Gehirn daher auch unterschiedliche Repräsentationen vertreten sind. Der grundlegende Unterschied zwischen den hierarchischen Bäumen liegt in den darin enthaltenen Kategorien, die nicht auf Ordnungen eines anderen Kontextes übertragbar sind (vgl. Hagoort & Poeppel 2013, S. 235-239; Lerdahl 2013, S. 262, 264 u. 265). Eine syntaktisch hierarchische Linie der Musik (im Sinne von Syntax der Tonhöhenbeziehungen, Skalen, Kontrapunkt, Harmonie usw.) ließe sich bestenfalls auf prosodische Intonation, Phonologie oder Poesie abbilden (vgl. Lerdahl 2013, S. 257-262, 271 u. 272).

Bei Rhythmen nehmen Nähe und Bedeutungsabhängigkeit zu benachbarten Gruppen einen geringeren Stellenwert ein. Inwieweit sich der (periodische) Rhythmusverlauf und rhythmische Muster in Kopfhierarchien ordnen lassen, ist fraglich. Die Struktur kann allerdings in der Musik (und ggf. der Poesie) auf verschiedene und jeweils erwartungsansprechende Ebenen aufgeteilt werden, die aufbauend auf einem Grundsatz mit schweren und leichten Zählzeiten oder doppeltem/halbem Tempo hierarchische Züge annehmen (vgl. Lerdahl 2013, S. 261; Patel 2006, S. 100; Thompson-Schill et al. 2013, S. 294; s. Kapitel 3.2.1).

Hierarchische Ordnungen sind essenziell, um sequenzielle – auch nicht benachbarte – Objekte eines kontinuierlichen, sich über die Zeit verändernden Stroms in Beziehung zu setzen und den Inhalt, dessen Bedeutung sowie das Gesamtbild verstehen und erkennen zu können. Dieser Mechanismus beinhaltet sowohl die Gruppierung und ergänzt sich auch durch bzw. in den nächstbeschriebenen Prozessen.

5.1.2.3 Sequenzierungsprozesse

Eine Sequenzierung stützt sich auf zeitlich lineare Abfolgen sowie horizontale Beziehungen von diskreten Elementen und bereits gruppierten Einheiten und kann in beiden Hemisphären erfolgen (vgl. Fritz et al. 2013, S. 426). Die sequenzielle Ordnung ist in der Sprache wiederum durch die festgelegte Grammatik beschränkt, durch welche die sinnvolle Aneinanderreihung der Objekte gewährleistet wird. Außerdem weist abermals die Prosodie einen sequenziellen Charakter auf. In der Musik bestimmen musikalische Regelsysteme den Ablauf, wie bspw. westlich der meist harmonische Melodie- bzw. Akkordverlauf oder der erwartungserfüllende Abschluss auf der Tonika. Die Gewichtung der Tonika als eine Regelung sequenzieller Ordnung kann in der hierarchischen Struktur als Stärke der Anziehung zwischen Tonhöhen in einem Tonraum beschrieben werden. Je stärker die Anziehung, desto stärker wiederum die Erwartung auf linear syntaktischer Ebene – in einer Baumstruktur als kürzester Weg vertreten (vgl. Fritz et al. 2013, S. 424; Lerdahl 2013, S. 266 u. 267; Patel 2008, S. 196-201; Thompson-Schill et al. 2013, S. 294).

Während eines Sequenzierungsprozesses werden neben der Codierung von "absoluten physikalischen Merkmalen" von Ereignissen dieselben parallel in relativen Zuständen verarbeitet. Das bedeutet bspw., dass nicht nur die Folge absoluter Tonhöhen einer Musikmelodie oder gesprochenen Intonationskontur wahrgenommen und erkannt wird, sondern auch die relativen Tonhöhen zwischen den absoluten Frequenzen. Auf die Sequenzierung der Dauer von Ereignissen ist dies ebenso zutreffend. Denn eine Melodie kann – solange der zeitliche Auffassungsbereich des Gehirns nicht über- oder unterschritten wird – selbst dann identifiziert werden, wenn sie zeitlich komprimiert oder gestreckt vorliegt (s. Kapitel 3.2.1). Genauso gilt dies für Änderungen in der Sprachrate, Empfindlichkeit für prosodische Phänomene und Betonungen, weil die Muster der relativen Dauern erhalten bleiben. Diese Fähigkeit ist auch hauptsächlich menschlich, was die Einzigartigkeit der Entwicklung von Sprache und Musik bekräftigt (vgl. Fritz et al. 2013, S. 428 u. 429).

Besondere sequenzielle Merkmale prägen die Rhythmik der Musik, in der Muster häufig fortlaufen bzw. zyklisch wieder kehren und quasi auf diese Weise eine Ordnung vorgeben. Die Einteilung in metrische Gitter bzw. Raster bedarf nicht zwingend einer Hierarchie (vgl. Lerdahl 2013, S. 261). Mithilfe zyklischer Wiederholungen kann künftigen Ereignissen der Weg gebahnt und dadurch – vorausgesetzt der Hörer ist an den Rhythmus gewöhnt und kann dementsprechend auf ihn reagieren – eine zeitliche Erwartung erzeugt und rhythmische Vorhersagen getätigt werden. Wesentlich ist hier der zugrunde liegende regelmäßige Puls (vgl. Patel 2006, S. 100).

Ob auf Basis rhythmischer Periodizität, Regelsystemen, implizitem oder explizitem Wissen, syntaktisch oder semantisch bestimmt: Reihenfolgen beinhalten in gewisser Weise jenes Kriterium, dass anhand vorangegangener Ereignisse eintreffende Reize vorausgesagt und auf sie reagiert werden kann. Dahinter verbirgt sich der anschließend beschriebene Effekt.

5.1.2.4 Priming-Effekt

Ein vorher verarbeiteter Reiz aktiviert oder erleichtert den Abruf impliziter Gedächtnisinhalte von ähnlicher Bedeutung. Das (auditive) Arbeitsgedächtnis und eine darauf aufbauende eventuell durchgeführte innere Wiederholung ermöglichen dabei die Verknüpfung mit dem bestehenden Wissen sowie die Strukturierung eintreffender Information (vgl. Saffran 2002, Vol. 4, S. 805; Spitzer 2002, S. 130-133). Auf sprachlicher Ebene betrifft eine solche Vorhersage hauptsächlich die Semantik bspw. bei bildlich zusammenpassenden oder kontextuell „gebahnten“ Begriffen. Aber auch auf grammatikalische Regeln trifft der Effekt zu. Daran angeknüpft wird nach Hagoort & Poeppel (2013, S. 240) ein entscheidender Punkt ans Licht geholt. Trotz der fixen neuronalen Funktionsabläufe des Sprechens und des Sprachverständnisses gibt es einerseits innerhalb der Sprachdomäne einen Kontrast zwischen Sprecher und Hörer. Der Hörer kann das Gesagte und dessen Botschaft schon verstehen, auch wenn der Sprecher (zu seinem Missfallen) fehlerhaft oder unvollständig spricht. Das bedeutet, durch die Vernetzung der kognitiven und neuronalen Anlagen für Sprachverständnis und -produktion kann dem Produktionssystem ermöglicht werden, in einem Dialog während des Zuhörens gleichzeitig interne Vorhersagen zu tätigen. Nach Thompson-Schill (2013, S. 302) können dazu insgesamt drei unterschiedliche, im Allgemeinen jedoch gleichzeitig verwaltete, sprachliche Darstellungen festgehalten werden: a) die Darstellung dessen, was der Sprecher sagt, b) die Darstellung dessen, was der Hörer glaubt, dass dieser Sprecher sagen wird und c) die Darstellung der geplanten Äußerung des Hörers, die vorbereitet wird. In diesen Fällen können auch Zweideutigkeiten auftreten. Paralleles Wahrnehmen, Verstehen und Produzieren im Gespräch unterscheidet sich vom eher passiven Zuhören bspw. einer Erzählung.

Aufgrund des nicht prioritären kommunikativen Aspekts in der Musik, ist eine Analogie zu dieser genannten Vorhersagbarkeit der Sprache – zumindest die textfreie Instrumentalmusik betreffend – schwierig. Zwischen Wahrnehmung und Produktion existiert eine stärkere Asymmetrie. Musikalische „Gespräche“ oder „Dialoge“ stellen andere Anforderungen an die involvierten, ausübenden Personen. Musiker können (improvisatorisch) planen, auf eine

musikalische Sequenz idealerweise tonal und rhythmisch passend zu reagieren (s. a. Kapitel 3.3.1: Wahrnehmungs-Aktions-Zyklus, Konzertsituationen, Jazzsessions oder Chorsingen). Dies trägt weder einen mit der Sprache vergleichbaren semantischen Wert in sich, noch kann eindeutig vorgeahnt werden, was das Gegenüber darzubieten beabsichtigt. Eine Antwort auf die von Haagort & Poeppel (2013, S. 240) aufgeworfene Frage, wodurch Vorhersagen in der Musikwahrnehmung erzeugt werden könnten, die ggf. eine vergleichbar große Rolle für das Verständnis und die Wahrnehmung spielen würden, fände sich auf der zeitlichen Ebene (zyklischen Rhythmen, regelmäßiger Puls, Betonung). Jene ist für Musik genauso wichtig wie für Sprache die Semantik (Pole des Kontinuums).

Die Vorhersagbarkeit der Zeit- bzw. Rhythmusstruktur erleichtert überdies das Folgen der melodischen Linie. Zusammen mit dem tonalen Kontext unterstützt der rhythmische Kontext also auch die Wahrnehmung und Erinnerung einer Melodie (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 29 u. 30). Bezüglich hierarchischer Harmonie unterliegt der Priming-Effekt einmal mehr dem persönlichen Wissen und der Erfahrung, um Merkmale eines harmonisch-melodischen Verlaufs leichter zu errahnen, Spannung und Entspannung zu erkennen oder einen Abschluss zu erwarten (z.B. Kadenzfall) (vgl. Koelsch 2013b, S. 35 u. 36). In Liedern kann sich der Effekt zudem verdoppeln, wenn Noten und Wörter das Abrufen der künftig eintreffenden Noten und Wörter beeinflussen. Besonders stark zeigt sich dies beim Mitsingen, wenn der Vertrautheitsgrad steigt. Ein Wort ist dann zusammen mit lyrischen oder melodischen Sequenzen im Gedächtnis abgelegt, wobei bloß das Hören des Wortes zur Erinnerung der Sequenz oder zur Produktion dieser (offen oder verdeckt) beitragen kann. Außerdem kann ein Abrufen von anderen weiteren Wörtern und Noten oder einer zugehörigen autobiografischen Erinnerung ausgelöst werden (vgl. Janata & Parsons 2013, S. 310 u. 324; s. a. Kapitel 5.1.3.2).

Ein Priming-Effekt kann nur ausgelöst werden, wenn bereits gewisse Vernetzungen im Gehirn bestehen, d.h. Erfahrungen, Prägungen oder wissensbasierte Erwartungen vorliegen. Er ist umso stärker, je vertrauter und vernetzter die Elemente sind. Allgemein zusammengefasst wäre ohne die hier beschriebenen, während der Verarbeitung automatisch ausgelösten, Mechanismen und der Unterstützung der Gedächtnisprozesse eine Zusammenführung von Vergangenem mit Gegenwärtigem, im Prinzip die Wahrnehmung von Musik und Sprache, nicht möglich (vgl. Spitzer 2002, S. 115 u. 116). Da einfache Ereignisabfolgen die grundlegendste Struktur darstellen und die Verarbeitung der zeitlich linear-syntaktischen Ebene auch in Abwesenheit einer bestimmten Semantik funktioniert, könnten hier Hinweise auf eine nachvollziehbare Vereinbarkeit liegen.

5.1.3 Überlappende Verarbeitungsressourcen und trennbare Domänenspezifikationen

Sprache und Musik nehmen durch deren Vielfalt und der Gesamtheit aller Anforderungen und cross-modaler Kopplungen das ganze Gehirn in Anspruch. Abbildung 6 bündelt die wichtigsten bisher deutlich gewordenen Gebiete, die für beide Fähigkeiten sowohl in Kapitel 2.1.1 als auch in Kapitel 3 beschrieben wurden. Besonders in den fronto-temporalen Bereichen mit auditorisch und motorischem Kortex sind zweifellos Überschneidungen aufgefallen, demnach die völlige Separation in der Verarbeitung auszuschließen sein wird.

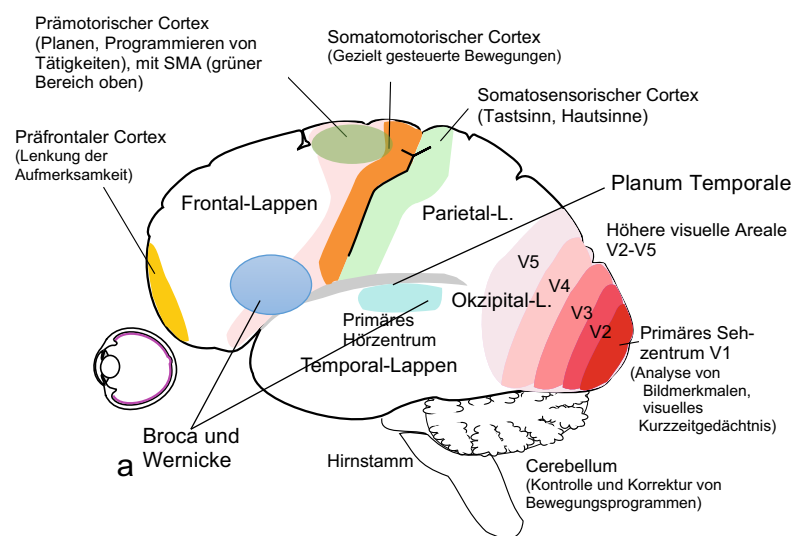


Abbildung 6: Große Bezirke der menschlichen Großhirnrinde und Bereiche, die bei Sprache und Musik aktiviert werden können (vgl. Frings, Möhrlen & Müller 2019, S. 675 ergänzt durch Broca, Wernicke, Planum Temporale und SMA; subkortikal neben Kleinhirn auch Basalganglien und Thalamus)

Hinsichtlich hemisphärischer Aktivierungsaufteilungen kann für einen ersten Überblick die Theorie des Musik-Sprach-Kontinuums angewendet werden, die im Gehirn eine kontinuierliche Domäne zwischen zwei Polen beschreibt. Im Normalfall liegen neuronale Asymmetrien vor. Je nach Tendenz und abhängig von den kognitiven Anforderungen ergeben sich durch verschieden starke Reaktionen auf jeweilige Reizstimuli entweder links- oder rechtsseitige Gewichtungen. Bilateral ausgeglichene Aktivierungen treten gewiss ebenso auf; nur idente Reaktionen exakt derselben Bereiche bei unterschiedlichen Stimuli sind eher unwahrscheinlich. Die in Abb. 6 gezeigten Bereiche, die zwischen den Gehirnhälften wegen der Domänenspezifikation auf Eigenschaften einer Information vereinzelt auch in der Größe variieren können, leisten entsprechend für die bzw. in der jeweilige/-n Domäne ihre Beiträge.

So bilden sich zwar spezifische Aktivierungsmuster und neurologisch unterschiedliche Netzwerke bzw. Schaltkreise aus, welche aber im Sinne des Kontinuums ggf. dazu fähig sind, ineinander einzugreifen und bei Aufgaben des jeweils anderen ergänzend mitzuwirken (Wahrnehmung als auch Produktion). Vermischungen und domänenübergreifende Verarbeitungen sind demnach – gerade auch über die oben erläuterten gemeinsamen elementaren Grundfunktionen und Prozesse – gewährleistet. Das bedeutet, Überlappungen für Musik und Sprache zeigen sich anhand bilateral aktivierter *homologer* Regionen und auftretender neuronaler Korrelate. Hier wird von einem gesamten Musik-Sprache-Netzwerk im Gehirn ausgegangen. Darin sind aufgrund der verschiedenen Schaltkreise in überlappenden Hirnregionen innerhalb derselben kortikalen Bereiche genauso neuronale Trennungen möglich (vgl. Fritz et al. 2013, S. 456; Koelsch 2005, S. 207-209 u. 2019, S. 47-50; Patel 2013, S. 333ff. u. 343ff.; Peretz et al. 2015, S. 3 u. 4; Tillmann et al. 2006, S. 1778).

Zur genaueren Ermittlung, wodurch welche Gehirnstrukturen jeweils tatsächlich gemeinsam und unterschiedlich rekrutiert werden, können über den bloßen äußerlichen Vergleich der Reizströme hinaus primär die Reaktionen auf die Art des Reizes und dessen Inhalt beobachtet werden. Dabei ist die Konzentration auf Wechselwirkungen zwischen den Verarbeitungsprozessen der beiden Domänen wesentlich (vgl. Koelsch 2013a, S. 149). Werden zur Berechnung eines Stimulus der möglichst rohen Zustände Alltagssprache und non-verbale Instrumentalmusik homologe Hirnregionen bzw. deckende Ressourcen herangezogen, können diese Überlappungen bspw. mit einem auf der SSIR-Hypothese von Patel (2013, S. 336-355 u. 1998, S. 39) basierenden gemeinsamen Ressourcennetzwerk beschrieben werden. Getrennte Berechnungen bzw. Domänenspezifikationen gehen demnach auf unterschiedliche Repräsentationsnetzwerke zurück, mit denen das Ressourcennetzwerk interagiert (vgl. Patel 2013, S. 332-336; Peretz et al. 2015, S. 3 u. 4). Während in höherer, bereichsspezifischer Verarbeitung in den Repräsentationsnetzwerken, die als Enden des Kontinuums gelten, weniger offensichtliche Vereinigungen zu erwarten sind, erfolgt somit dennoch teilweise die Nutzung derselben neuronalen Ressourcen, was Domänenübergreifungen unterstützt (vgl. a. Koelsch 2019, S. 47). Im Falle von neuropsychologischen Dissoziationen – sprich isolierten Funktionsausfällen – würde sodann entweder eines der separaten Systeme gestört sein; oder Störungen des Ressourcennetzwerks wirken sich durch die verschiedenen Tendenzen bzw. anderen Anforderungen an die Domänen unterschiedlich auf die Repräsentationsnetzwerke aus, wenn die Bedeutsamkeit für die weitere Verarbeitung differiert. Bei gleichwertiger Erforderlichkeit bestimmter zentraler Komponenten verursachen Störungen eines Ressourcenzentrums wohl erhöht Defizite beider Bereiche (vgl. Peretz et al. 2004, S. 377 u. 2015, S. 3).

Wie zum Ende des Kapitels 5.1.2 angekündigt, erweisen sich die Grundeigenschaft von Musik und Sprache, also die zeitliche Entwicklung der aus sequenziellen Ereignissen bestehenden akustischen Ströme, und die hiervon initiierten automatischen Wahrnehmungsfähigkeiten und Verarbeitungsprozesse (hauptsächlich Gruppierung und Sequenzierung), als essenziell für ein Eruiere geteilter Quellen. Die automatisierten Mechanismen dominieren nebst dem im akustischen Orientierungsverhalten des frühen Lebensstadiums. Da Säuglinge dazu nicht nur die suprasegmentalen Aspekte filtern und u.a. Assoziationen zwischen Klangmustern und Bedeutung herstellen können, sondern bereits auch den Zusammenhang zwischen Klangmustern und syntaktischer Struktur erkennen (vgl. Jusczyk & Krumhansl 1993, S. 627-640 zit. n. Koelsch 2005, S. 211), bestätigt sich anhand dessen vorangegangene Annahme und dient als Basis zur weiteren Argumentation für Gemeinsamkeiten. Denn sowie Generativität, Hierarchie, syntaktische Organisationen und strukturelle Beziehungen von Ereignissen in der Zeit sowohl für Sprach- als auch Musiksequenzen von gleichwertiger Bedeutung sind, stützt sich eine Reihe von Untersuchungen auf Vergleiche der syntaktischen Struktur und der Syntaxverarbeitung (bspw. mittels EEG, fMRI). Kognitiv soll hier eine große Ähnlichkeit vorliegen (vgl. Fedorenko et al. 2009, S. 1-9; Koelsch 2013a, S. 148-153; Koelsch et al. 2005, S. 1565–1577; Lerdahl 2013, s.o; Maess et al. 2001, S. 540-545; Patel 1998, S. 27-42 u. 2013, S. 330, 340-351).

Sprachsyntax betrifft den grammatikalisch korrekten Satzbau und Musiksyntax die Tonalität bzw. Harmonie und regelmäßige Akkordfolgen (z.B. Tonika auf Dominante). Erfüllen die einzelnen enthaltenen Bestandteile kontextabhängig ihre bestimmten Rollen und Funktionen (z.B. Töne innerhalb einer Skala, vgl. Koelsch S. 2013a, S. 145ff.) jedoch nicht erwartungsgemäß korrekt bzw. verfügen über einen ungewohnt, komplex oder mehrdeutigen Verlauf, profitiert die Verarbeitung nicht mehr vom Optimierungsprozess mit verminderter Hirnaktivität (vgl. a. Tillmann et al. 2006, S. 1778). Stattdessen erhöht sich bei syntaktisch inkorrektem/unerwartetem Wort und unregelmäßigem/unerwartetem Akkord der strukturelle Berechnungs- und Integrationsaufwand eintreffender Elemente, wodurch sich messbare Ausschläge in elektrischen Hirnströmen (ERPs, event-related-potentials) ergeben (wie z.B. beim „garden-path-effect“, vgl. a. Koelsch 2013a, S. 144 u. 152). Dafür wird jener elektrophysiologische Index P600 (=positives Maximum bei 600ms) sowohl bei erschwerter sprachlicher als auch musikalischer Strukturintegration entsprechend dem Kontinuum bilateral und vice versa ausgelöst. D.h. Musik und Sprache greifen auf dieselbe Integrationsressource zurück (vgl. a. Koelsch 2005, S. 209; Patel 2013, S. 341 u. 1998, S. 39).

Diese entspringt aus gleichen oder ähnlichen Gehirnregionen, die bekanntlich am Aufbau komplexer hierarchisch organisierter Sequenzen (musikalisch, sprachlich, handlungsbezogen oder mathematisch), außerdem der Erkennung struktureller (Un-)Regelmäßigkeiten und wiederholter Muster sowie der Integration sequentieller Ereignisse im zeitlichen Verlauf (auch rhythmisch) beteiligt sind und folglich wesentliche Rollen in syntaktischer Verarbeitung spielen: der untere Frontalkortex mit insbesondere dem BA 44/45, entsprechend dem Broca-Areal und seinem homologen Bereich (vgl. Koelsch 2005, S. 209; Patel 2013, S. 344 u. 345; Tillmann et al. 2006, S. 1778 u. 1780).

In syntaktischer Strukturverarbeitung wird zu P600 domänenspezifisch bei inkongruent bewerteten Akkorden (basierend auf implizitem Wissen, daher kein Unterschied zwischen Nicht-/Musiker) eine frühe Negativität stärker in der rechten Hemisphäre (ERP-Komponente ERAN „Early Right Anterior Negativity“, bei ca. 200ms) und bei Verstößen in sprachlicher Syntax eine stärker links lateralisierte Negativität (ERP-Komponente ELAN „Early Left Anterior Negativity“) vom unteren Teil des BA44 und vom vorderen oberen temporalen Gyrus generiert. Diese ähnlichen elektrophysiologischen Effekte können bei unerwarteten Regelverstößen mitunter deutlicher auf der gegenüberliegenden Seite oder bilateral auftreten und miteinander korrelieren, wodurch eine teilweise Überlappung von ERAN und ELAN gegeben ist (vgl. Koelsch 2005, S. 208-210, 2013a, S. 157 u. 2013b, S. 63ff, 109-145 u. 172ff; Patel 2013, S. 341-343; Sun et al. 2018, S. 640 u. 641). Vor allem bei gleichzeitigem Auftreten von musik- und sprachsyntaktischen Verstößen ist eine Interaktion dieser Hirnpotentiale und insbesondere der Rückgriff auf dieselbe Integrationsressource im Broca-Bereich zu beobachten. Dazu geben Interferenzeffekte zwischen Tonalität und sprachlicher Syntaxverarbeitung Hinweise, dass die sprachlich syntaktische Integration nicht völlig unabhängig von jener in der Musik passiert (unbeeinflusst von allgemeiner Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisleistung) (vgl. Koelsch et al. 2005, S. 1565–1577; Kunert et al. 2015, S. 11-13; Patel 2013, S. 340; ff. Kapitel 5.2.1)

Zusammenfassend kann fest gehalten werden, dass sich Musik und Sprache in der Sequenzierung, seriellen Vorhersage und strukturellen Verarbeitung besagte Ressourcen teilen, welche bis in spezifischere Stadien merkbar sind, das Ressourcennetzwerk in Frontalbereichen bzw. im BA44 zu verorten ist und somit die sprachtypische Broca-Region ebenso ein Musik-Areal darstellt sowie, dass sich die Domänenspezifitäten, ergo die anatomisch unterschiedlichen Repräsentationsnetzwerke, im Temporallappen bündeln dürften (vgl. a. Koelsch 2005, S. 207-212; Koelsch 2019, S. 47-49).

Im Temporallappen sind hauptsächlich die durch bestimmte Voraussetzungen (s.a. Kapitel 5.1.3.1) einschließlich tonotopischer Karten aufgeteilten typisch sprachlich und musikalisch klanglichen Repräsentationen sowie die semantischen Darstellungen und die spezifischen Strukturinformationen als Langzeitwissen gespeichert. Die Erkennung von Unregelmäßigkeiten und Verstößen bedarf besonders auch diesem Wissen, auf dem ebenfalls Erwartung und Vorhersage beruhen. Syntaktische Regelverletzungen erhöhen dazu vermutlich den Integrationsaufwand der semantischen Verarbeitung, wenn diese nachvollzogen werden möchten. Demzufolge erfordert die Berechnung unerwarteter, aber auch komplexer Wendungen (syntaktisch oder semantisch) für Musik und Sprache den Einbezug insbesondere hinterer Temporalbereiche (oberer temporaler Sulcus/Gyrus, STS/STG = BA22 und linksseitig als Teil des Wernicke Gebiets bekannt, s. Kapitel 2.1.1; mittlerer temporaler Gyrus, MTG, auch mit Integration sequenzieller Ereignisse über die Zeit verbunden) und ist somit nicht allein von der Leistung der Frontalregionen abhängig (vgl. Koelsch 2005, S. 208 u. 209; Patel 2013, S. 343 u. 349; Tillmann et al. 2006, S. 1778 u. 1779).

Daraus ergeben sich Hinweise, dass die syntaktische Verarbeitung noch vor der semantischen passiert. Das gemeinsame frontale Ressourcennetzwerk veranlasst in der Interaktion mit den Repräsentationsnetzwerken mitunter die Aktivierung domänenspezifischer Konzepte, die den semantischen Unterschied erfassen (vgl. Patel 2013, S. 343, 344 u. 347). So wie die Musikbedeutungen posterior temporal verarbeitet wird, ist auch sprachseitlich im Temporallappen das mentale Lexikon vertreten. Der hintere obere STS und hintere mittlere MTG, wo begrifflich semantische Repräsentationen lokalisiert sind, leisten einen Beitrag zur lexikalischen Auswahl und dem Abruf lexikalisch-syntaktischer Information (vgl. Koelsch 2005, S. 207, 210, 211 u. 2013b, S. 166).

Zusätzlich liefern Assoziationsregionen im jeweiligen Parietallappen (SMG, supramarginaler Gyrus) in Verbindung mit dem Kurzzeitgedächtnis nötige Beiträge für die hier beschriebene Verarbeitung ungewohnter Strukturen. Die untere vordere Insula reagiert ebenso auf die (Musik-)Syntaxverarbeitung sowie (musikalische) Erwartung, vermutlich aufgrund ihrer Aktivität bei geübten Aufgaben (s. Kapitel 2.1.1). Die auf Basis des prozeduralen Gedächtnisses implizit erlernten Regeln, Syntaxstrukturen, Regelmäßigkeiten und abstrakte Darstellungen schließen außerdem die Basalganglien mit ein (vgl. Koelsch 2005, S. 208; Koelsch 2019, S. 47; Tillmann et al. 2006, S. 1777-1779).

Semantische Bedeutungen im Generellen sowie Strukturbeziehungen und deren Bedeutung, die auch einen Einfluss auf Sequenzen haben, sind in der Musik abstrakter, freier und nicht so entscheidend wie für Sprache. Wegen des mentalen Lexikons ist im Normalfall der Un-/

Sinn schneller eindeutig als bei Musik (erfahrungsabhängig), bei der sich die Entschlüsselung einer Bedeutung bspw. hinter einem musikalischen Ausdruck bis ins Unendliche erstrecken kann, wenn die zudem individuelle Absicht des Komponisten hinter der Darbietung verstanden werden will und bei strukturell unterwarteten Ereignisse primär die Spannungslösung wichtig ist (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 37; Patel 2013, S. 348 u. 349). Dahingehend unterscheiden sich die Regeln in der Musik, die sich auf die Tonstruktur beziehen, von denen der Sprachgrammatik. Die aussagekräftige Semantik für Kommunikationszwecke verfügt über keine übereinstimmende Gehirnressource zur Ausdruckssemantik der Musik – die Bedeutungsverarbeitungen weisen unterschiedliche Korrelate auf (vgl. Koelsch 2013b, S. 185). Daher können in der semantischen Verarbeitung auch keine derartigen Wechselwirkungen und Interferenzen wie in der syntaktischen beobachtet werden (vgl. Koelsch et al. 2005, S. 1565-1577; Koelsch 2013a, S. 151 u. 152; Kunert et al. 2015, S. 12; Patel 2013, S. 345; ff. Kapitel 5.3.1.1).

Die hier skizzierten Umstände untermauern bis hierhin entstandene Argumente für Zusammenhänge von Musik und Sprache, welche sich auf die motorischen Sichtweisen stützen und weisen gleichzeitig auf die jeweils beidseitig essenziellen Verschaltungen von Frontal mit Temporalregionen hin. Die behandelten Inhalte der anschließenden Kapitelabschnitte zeigen u.a. wiederum genauer, wie wichtig der spezifische Kontext, die spezifischen gestellten Anforderungen und Ziele für die endgültige Rekrutierung der Gehirnbereiche und eine bestimmte domänengewichtete Verarbeitung sind.

5.1.3.1 Klangfarbe, Melodie und Rhythmus

Sowohl für Wahrnehmung als auch Produktion von Musik und Sprache werden sensomotorische Verschaltungen nötig, in die beidseitig durch bestimmte Fasertrakte und -bündel verbundene frontale, temporale sowie parietale Regionen involviert sind. In jedem Fall ist eine Klang- bzw. Tonhöhenverarbeitung erforderlich, die im auditorischen Kortex des Temporallappens passiert (vgl. Patel 2013, S. 333 u. 346). Trotz vorliegender Ähnlichkeiten, geteilter Verarbeitungsvorgänge und der bilateralen Reaktion besteht eine asymmetrische Aufteilung in den Hemisphären, die stets mit den Spezifizierungen zusammenhängt.

Im sprachlichen Kontext passiert die Tonhöhen-/konturverarbeitung stärker linksseitig (s. Kapitel 2.1), im musikalischen stärker rechtsseitig (s. Kapitel 3.2.1). Die Ergebnisse einer Studie aus dem Jahr 1982 von Borchgrevink (S. 151-157) mit jedoch nur sechs Probanden zeigen, dass die linke Hemisphäre alle Aspekte der Sprachwahrnehmung und -produktion sowie insbesondere die Prosodie (Betonung, Intonation, Dialekt) kontrolliert. Die Präzision in der sprachbezogenen Tonhöhe blieb auch dann aufrecht, wenn ein Ausfall der rechten/nicht-sprachlichen Hemisphäre veranlasst wurde. Obwohl es sich um einen „musikalischen“ Anteil handelt, bestimmen also die Anforderungen des Sprachkontexts, wo die Verarbeitung in erster Linie passiert und funktioniert. Da nämlich im selben Fall die Fähigkeit der Kontrolle über die musikalische Tonhöhe im Gesang verloren ging, sollte die rechte Hemisphäre die Tonalität nur beim Singen und nicht beim Sprechen überwachen. Das betreffe aber insoweit nur jene Sprache(-n), deren Inhalt tatsächlich verstanden wird, denn – zur Erinnerung – überwiegt mit der Orientierung an Melodie, Rhythmus und Betonung die musikalische Wahrnehmung beim Hören von Fremdsprachen wie im frühkindlichen Spracherwerb. D.h. solange die prosodische Tonhöhenkontur nicht explizit als Sprachfunktion lateralisiert, wird sie von der nicht-sprachlichen Hemisphäre kontrolliert (vgl. a. Borchgrevink 1982, S. 156). Dieses Phänomen des andersartigen Erlernens der Sprache bei Kindern, wird typischerweise dann offensichtlich, wenn diesen ein Wechsel zwischen Dialekten (Umzug oder intrafamiliär) leichter fällt als Erwachsenen.

Darüber hinaus findet zwar aufgrund der unilateral überwiegend links dominanten Repräsentation von Sprechen die Verarbeitung der menschlichen Stimme auch in betreffenden kortikalen Bereichen der linken Gehirnhälfte statt, bezüglich mitschwingender Emotion ist aber nichtdestotrotz die rechte miteinbezogen (vgl. Spitzer 2002, S. 192). Vokale Klangfarben werden getrennt von anderen Klängen im Temporallappen dargestellt bzw. verarbeitet. Dies betrifft auch die Sprech- wie die Singstimme, welche sodann in Liedern eine besondere Rolle spielt (vgl. Belin et al. 2000, S. 309-312 zit. n. Janata & Parson 2013, S. 318; Sammler

et al. 2010, S. 3572-3578). Eine starre hemisphärische Aufteilung, wie sie die Haupteigenschaften der genannten Studie andeuten, ist generell und in Hinblick auf läsionsbedingte Individualitäten unrealistisch. Für die Abdeckung gleichzeitiger Anforderungen von Wort und prosodischer Intonation ist jedenfalls der asymmetrische Beitrag beider Gehirnhälften relevant. Zudem setzen musikalischen Tätigkeiten (inkl. Singen) eine umfassende Integration und Kooperationen ebenfalls beider Hemisphären voraus.

Die gewisse getrennte Verarbeitung wird aber zum einen dadurch vorgegeben, dass der linke auditorische Kortex eine höhere zeitliche Auflösung aufweist und sich im rechten für eine feinere akustische Tonhöhenanalyse ein längeres zeitliches Integrationsfenster mit höherer Frequenzauflösung befindet (vgl. Koelsch 2019, S. 50; Patel 2013, S. 332 u. 333). Das ist notwendig, um den konkreten Parameter der Tonhöhenkontur unter der Bezeichnung Melodie mit vermehrt absoluten Tonhöhen und festen Intervallabständen, die obligat und formgebend für die Musik sind, und jenen unter Prosodie mit bezüglich Tonhöhenabstände relativem, kontinuierlichem Verlauf aus wesentlich schnelleren Wechseln zu bewältigen und voneinander zu unterscheiden (vgl. Lerdahl 2013, S. 268 u. 272; Patel 2008, S. 183 u. 2014, S. 101). Das bedeutet, Sprachsignale besitzen häufiger ein schnell änderndes Spektralmuster, wodurch prosodische Bewegungen aufgrund ihrer Kontinuität viel mehr Frequenzinformationen enthalten und sich somit in der zeitlichen Frequenz von den musikalischen Signalverläufen unterscheiden, die charakteristischerweise ein langsames, jedoch reicheres Spektralmuster haben. Die akustisch komplexe, spektral reichere Struktur der Musik bezieht sich auf die Obertonpräsenz und betrifft auch die Singstimme (vgl. Patel 2013, S. 332; Spitzer 2002, S. 190).

Zur Erkennung von Sequenzen und Abläufen müssen sich zum anderen die aus dem Signal ergebenden verschiedenen Schwingungen, für die ebenso die Rhythmik ein entscheidender Mitgestalter ist, mit intrinsischen Oszillationen neuronaler Infrastrukturen synchronisieren. Diese ermöglichen im linken Hörbereich die Zerlegung in hochfrequente (Sprache) und im rechten jene in niederfrequente (Musik) Schwingungsinformationen (vgl. Hagoort und Poeppel 2013, S. 251-254; Thompson-Schill et al. 2013, S. 299). Benötigt werden in der vorliegenden Komplementarität von Musik und Sprache wiederum beide. Außerdem können Überschneidungen auftreten wie bspw. bei Glissandi, perkussiven Elementen oder bei Sprachgesang. Eine endgültige Beurteilung über ein eventuelles Sprach- oder Musikereignis hängt nicht allein von den unterschiedlich schwingenden Signalen ab. Dann müssen weitere andere Informationen gefiltert werden und/oder ein Abgleich mit mental gespeicherten Inhalten stattfinden. Letztendlich wird daher im umfassenderen Kontext ein Urteil auf

Grundlage der Semantik getroffen (vgl. Thompson-Schill et al. 2013, S. 296 u. 297). Überdies identifizieren Schwingungsunterschiede u.a. Stimmungen. Die damit einhergehenden speziellen Hüllkurvendynamiken dienen der klanglichen Wiedererkennung von Tonhöhenverläufen emotionaler Natur oder von Satzarten in Musiksequenzen (s. Kapitel 5.1.1 u. 5.1.2). D.h. nicht nur implizites Wissen oder eine biologisch-genetische Verwandtschaft, sondern auch die gewisse Hüllkurvenempfindlichkeit hängen damit zusammen (vgl. Haagort & Poeppel 2013, S. 253).

Trotz der überwiegend rechts befindlichen Rezeptoren für Musik und auch Melodie, passiert bei der Verarbeitung von komplexeren melodischen Sequenzen dennoch sogar eine stärkere Verschiebung nach links (s. Kapitel 3.2.1). Dies kann unter Umständen mit einer stärker analytischen Herangehensweise (Anm.: Unterschied Nicht-/Musiker) und ebenso einer höheren Auslastung der Generativität sowie syntaktischen Anforderung oder einem einhergehend anspruchsvolleren und linksseitig verarbeiteten Rhythmus zusammenhängen. Die Rhythmik aktiviert die linke/sprachdominante Hemisphäre generell eher, weil hier die Vorgabe einer zeitlichen Struktur, an welche die Bewegungen angepasst werden können, im Vordergrund steht (motorisches Zentrum linkslateral) (s. Kapitel 2.1, 3.2.1 u. 3.3.1).

5.1.3.2 Verbindung von Tonhöhen bzw. Melodie mit Text

Während Sprache allgemein und nutzenabhängig einschließlich Prosodie links und Musik samt wortlosem Gesang rechts dominiert, stellt Singen mit Worten einen Spezialfall dar. Denn die in Liedern vorkommende Integration von Sprache und Musik erfordert für Wahrnehmung und Produktion (offen und imaginär) im Grunde eine noch deutlicher bi-hemisphärische Kombination von Funktionen. Das rekrutierte sensomotorische Netzwerk (zzgl. Basalganglien und Thalamus) von Lied und Sprache überlappt sich also großflächig bilateral in auditorisch-tonal und auditorisch-verbalen Aktivierungsmustern. Dazu können insbesondere zur Stimmkontrolle/-produktion im Zuge von Verbindungen der Phonem-, Silben- und Tonhöheninformation und zur Ausführung der Artikulationspläne bezüglich des Textes notwendigerweise auch deutlich linkseitige Bereiche geteilt werden. Die gesangliche Wort-Klang-Verbindung besteht aber in einem ganz anderen Kontext und hat nicht wie die prosodische einen semantisch unterstützenden emotionalen Wert. Abhängig von individueller Kompetenz können sich wiederum mehr oder unterschiedliche Asymmetrien ergeben. Prinzipiell gibt ein musikalischer Hintergrund aber eine Rechtslateralisierung vor (vgl. Fritz et al. 2013, S. 454; Janata & Parson 2013, S. 311-315; Merrill et al. 2012, S. 76; Perry 2002, Vol. 3, S. 255 u. 266).

Integrationen von Sprach- und Tonhöheninformation zeigen sich durch bilaterale Aktivierungen im superioren temporalen Gyrus (STG) und im superioren temporalen Sulcus (STS), die abgesehen von ihrer Reaktion auf Erwartungsverletzungen in der syntaktischen Verarbeitung, am stärksten auf gesungene Wörter in Liedern reagieren. Der vordere STG spricht beidseitig, aber mit Tendenz zur rechten Gehirnhälfte, auf musikalisch-melodische Stimuli an, während der vordere linke STS bereichsspezifisch stärker mit der Bedeutungsanalyse in der Liedtextverarbeitung beschäftigt ist. Im motorischen Bereich wird ebenso eine Integration im linken prämotorischen Bereich entlang des präzentralen Gyrus beobachtet, die hier offensichtlich mit dem Aufbau des Vokalkodes zum Singen der Worte zusammenhängt. Auftretende Wechselwirkungen von Silbe und Tonhöhe sollen eine Vereinigung auf vorlexikalischer, phonemischer Ebene anzeigen (vgl. Fritz et al. 2013, S. 458; Janata & Parson 2013, S. 317 u. 318; Özdemir et al. 2006 zit. n. Fritz et al. 2013, S. 454; Peretz et al. 2015, S. 3 u. 5).

Eine integrierte Darstellung von Wort- und Tonhöheninformation bei Liedern muss keine vollständige Integration von Melodie und Text bedeuten (vgl. Janata & Parson 2013, S. 318-321). Die beiden Komponenten werden zwar üblicherweise zusammen erlernt, unterliegen dann aber meist separaten Aufnahmen ins Gedächtnis. Je nach dem sind sie stärker oder schwächer miteinander verbunden, wobei Vertrautheit des Liedes oder die Aufmerksamkeitsleistung des Hörers ebenfalls eine Rolle spielen (vgl. Fritz et al. 2013, S. 458).

Die Bestätigung für eine generell getrennte Repräsentation und Verarbeitung von Melodie und Text in Liedern liefern neben der Tatsache, dass der Temporallappen links prinzipiell für Text- und rechts für Melodieerinnerung zuständig ist, bestimmte andere Fälle. Bezogen auf die Wahrnehmung wird dies deutlich, wenn die Erkennung oder Erinnerung unabhängig voneinander passieren wie bspw. beim einwandfreien Wiederabruf von Liedtexten in gesungener sowie gesprochener Form, auch wenn die Codierung ausschließlich gesungen stattgefunden hat. Gleichzeitig beweisen bereits stark gewordene Verknüpfungen gegenseitige Abhängigkeiten. Während bei rechtsseitiger Beeinträchtigung des Temporallappens die Melodie eines vertrauten Instrumentalstücks nicht erkannt wird, funktioniert hingegen die Erkennung einer bekannten Liedmelodie trotzdem selbst ohne die Darbietung ihres zugehörigen Textes (vgl. Fritz et al. 2013, S. 446; Janata & Parson 2013, S. 321; Peretz et al. 2004, S. 377; Spitzer 2002, S. 193 u. 199). In einer Kombination mit einem neuen Text geht bei linksseitigen, aber je nach hemisphärischer Repräsentation der engen Melodie-Text-Kopplung bekannter Lieder auch rechtsseitigen Ausfällen die Wahrnehmung des Textes sowie der originalen Melodie verloren (vgl. Janata & Parson 2013, S. 321; Perry 2002, Vol. 3, S. 266).

D.h. es dürfte ein eigener Speicher für Instrumentalmusik vorliegen und zudem ein Liedgedächtnis existieren. In jenem sind die Melodie-Text Beziehung gespeichert, sodass domänenübergreifend eine assoziierte Text-/Melodieinformation das Erkennen und in weiterer Folge auch das Produzieren der Melodie/des Textes erleichtert oder einschränkt.

Hinsichtlich der Produktion bestehen offenbar zur Lateralisierung ebenso unabhängige Wege für beide Komponenten, da der Text (auch neu kombiniert mit originaler Melodie) beim Ausfall der melodischen Fähigkeit (monoton) wiedergegeben werden kann (s.o., vgl. a. Borchgrevnik 1982, S. 156) und in umgekehrter Weise im Zuge einer Beeinträchtigung der Textproduktion (gesprochen oder gesungen, vorrangig aufgrund einer Schädigung der sprachdominanten Hemisphäre oder evtl. des Artikulationszentrums für beide Systeme) die präzise Melodiewiedergaben (auf beliebiger Silbe) noch möglich sein kann (vgl. Janata & Parson 2013, S. 321; Peretz et al. 2004, S. 377-388).

Bezüglich der Wortartikulation in Liedern und gesprochenen Wörtern schlägt Patel (2013, S. 352) ähnliche funktionale Berechnungen vor (motorische Planung, Ausführung, Koordination mehrerer Artikulatoren und des Atmungssystems, (Selbst-)Kontrolle/Korrektur auf Basis des sensomotorischen Feedbacks), die aber in den homologen Motorregionen und dementsprechend anatomisch unterschiedlichen Schaltkreisen durchgeführt werden. Im linken unteren frontalen Gyrus (IFG) des präfrontalen Kortex, dort wo sich das Broca-Zentrum befindet, sind die Tonhöhen für normal gesprochene Worte codiert, im rechten IFG jene für Musik und das gesungene Lied. Dazu sind der rechte prämotorische Kortex sowie die rechte vordere Insula (bzw. deren „Deckel“, das Operculum, aus Frontal-/Temporal-/Parietalregionen) beim Singen stärker aktiv (zusammen mit STG rechts) (vgl. a. Fritz et al. 2013, S. 458; Merrill et al. 2012, S. 76; Janata & Parson 2013, S. 319). Als Voraussetzung für die verwandte und doch getrennte Tonhöhenverarbeitung bzw. -steuerung während des Sprechens und Singens werden danach zueinander komplementäre Lied- (SGSM) und Sprachklangarten (SSM) beschrieben. Die SSM soll als Schnittstelle zwischen phonologischem Codierungs- und phonetischem Artikulationssystem beim Sprechen agieren. Die SGSM ist dazu mit der rechten Hemisphäre und dem rechten prämotorischen Kortex verbunden und arbeitet dementsprechend langsamer. Sie wirkt bei der Kontrolle präziser und diskreter Tonhöhen(-beziehungen) mit, worauf der intraparietale Sulkus (IPS) stärker reagiert. Die unterschiedliche Rate und Tonhöhenpräzision, mit denen die Wörter jeweils artikuliert werden, können zusätzlich die Lateralisierung in der Artikulation von Lied und Sprache bestimmen (vgl. Patel 2013, S. 351-355).

Klang- bzw. Tonhöhen- und Wortinformationen können integriert dargestellt sein, was vermutlich auch aus einer starken Verbindung von Melodie und Text in Liedern resultiert. Die beiden Bestandteile werden aber trotz der engen Verknüpfung und einer möglichen gegenseitigen Abhängigkeit vom Gehirn als separate Einheiten behandelt. Jedenfalls sind multimodale Vernetzungen gegeben, womit eine effizientere Speicherung von beiden gewährleistet ist. Die Erkennung bzw. Erzeugung der Melodie (oder bloß die willentliche Absicht dazu) kann wie erwähnt zur Erinnerung, d.h. zum Priming, sowohl von weiteren Melodiefragmenten als auch des zugehörigen Textes beitragen (vgl. a. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 353). Ein gesungener Liedtext unterliegt anderen, aber ähnlichen Berechnungen wie ein normal gesprochener Text.

5.1.3.3 Verbindung von Rhythmus mit Text

Der Rhythmus normal gesprochener Sprache ergibt sich aus prosodischer Intonation und Betonungen. Er ist im Gegensatz zum musikalischen Rhythmus der meisten Fälle weder regelmäßig oder periodisch noch metrisch. Für die Musik ist der Rhythmus strukturgebend, erhöht den Erkennungswert einer Melodie und ermöglicht durch Vorhersagbarkeit die (körperliche) Reaktion auf Beats oder Synchronisierung von Bewegungen. Im Lied, sowie in der Poesie, unterliegt die Sprache in Form des Textes automatisch diesem zeitlichen Gerüst, das die natürliche Betonung der Worte aber oftmals zusätzlich tragen kann (s. a. Kapitel 5.1.2). Übereinstimmend mit der genauen Tonhöhensteuerung erlangt gesungene Sprache ebenso rhythmusbedingt eine verlangsamte Rate, die mit dem Folgen eines Taktes bzw. der Unterteilung in verschiedene periodische Zählzeiten die Erkennung von Silben eines Wortes erleichtern können. Daher lernen vor allem auch Kinder die Sprache besser, wenn sie in Liedern oder Reimen verpackt ist (vgl. Koelsch 2019, S. 50). Zeitliche Organisation sowie Erwartungen und rhythmische Schwerpunkte gepaart mit Sprache verbessern die Gedächtnisleistung und die Informationsaufnahme ins Langzeitgedächtnis, was sich vermutlich noch auf folgend angeführten Aspekt stützt (vgl. Fritz et al. 2013, S. 445 u. 446).

Rhythmisch organisierte Sprache ähnelt aus motorischem Blickwinkel rhythmisch organisierten Bewegung. Gleichzeitig zu einem regelmäßigen Takt ausgeführte Handlungen aktivieren das Belohnungssystem, welches mit subkortikalen Strukturen – den Basalganglien – verbunden ist. Jene spielen in der Verarbeitung der zeitlichen Struktur der Musik, also der Rhythmus-/Taktwahrnehmung und der Puls-Synchronisation, und damit folglich der dopaminösen Ausschüttung eine wichtige Rolle (s. Kapitel 3.2.1 u. 3.3.1; vgl. a. Chapin et al.

2010 u. Grahn & Rowe 2009, S. 7540–7548 zit. n. Janata & Parsons 2013, S. 316). Eine gesteigerte Gedächtnisleistung ist auf die neurohormonellen Effekte zurückzuführen (s. a. Kapitel 6.4 u. 6.5). Der Rhythmus scheint jedoch im Lied von einer Integration oder starken Verknüpfung mit einem Text verschont zu bleiben, da er auch woanders als die Melodie lokalisierbar ist und offenbar anderen, eigenständigeren Verarbeitungsmechanismen zugrunde liegt. Ein Ausfall der musikdominanten Hemisphäre, die nur mehr eine monotone oder tonal nicht präzise Wiedergabe eines Textes bei jedoch gleichzeitig erhaltener Rhythmik zulässt, weist auf eine linkshemisphärische Kontrolle über den musikalischen Rhythmus und den Akt des Singens hin (vgl. Borchgrevnik 1982, S. 156; s. Kapitel 5.1.3.2).

Da der Rhythmus nun mit der sprachdominanten Seite und mit den subkortikalen Strukturen der Basalganglien zusammenhängt, ist er folglich nicht nur mit Generativität, sondern auch mit Bewegungsinitiierung verknüpft und könnte auf diesem Weg die Sprache besser unterstützen (s. a. Kapitel 6.4 u. 7.2). Mit der Vorgabe einer zeitlichen Struktur durch den Rhythmus können Bewegungen, hinsichtlich dessen auch Artikulationsbewegungen, angepasst und erleichtert werden.

5.2 Fokus Broca-Aphasie

Wie aus Tabelle 2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen ist, liegt die Broca-Aphasie oft gebunden an größere Läsionen vor und ist der chronisch bleibende Rest einer rückgebildeten globalen Aphasie. Die Sprechplanung, -ausführung und Bewegungskoordination des Artikulationsapparats sowie die Wortfindung sind gestört, sodass kein Ausdruck der Gedanken möglich ist und die spontane expressive Sprache nicht mehr oder nur mühsam funktioniert. Das Sprachverständnis ist währenddessen nicht beeinträchtigt. Eine restlich bestehende Produktionsfähigkeit zeichnet sich durch den „Telegrammstil“ aus, in dem grammatische Strukturen fehlen. Gemäß den obigen Erläuterungen zur mit der Broca-Region in Verbindung stehenden Syntaxverarbeitung tritt bei einem Ausfall typischerweise eine irreversible, umfassende syntaktische Kompetenz auf. Ebenso deckt sich der beeinträchtigte Sprechrhythmus teilweise mit der erfolgten Argumentationslinie, wenn rhythmusverarbeitende Bereiche links zu lokalisieren sind, wobei hier auch an die Verknüpfung zur Basalganglienregion erinnert werden muss. Die Fähigkeit des Nachsprechens ist im besten Fall noch bei der Unterform der Broca-Aphasie – der transkortikal motorischen Aphasie (umliegende Bereiche geschädigt) – möglich. Dann können auch vollständige, syntaktisch korrekte Sätze gebildet werden; die Schwierigkeit liegt wiederum in der Spontansprache bei selbstständiger Sprechinitiative und der Auswahl mehrerer Wortalternativen aufgrund des reduzierten Wortschatzes.

Läsionen im Broca-Areal, angrenzenden motorischen Zentren oder dadurch bedingte Ausfälle entsprechender Vernetzungen führen begleitend zu einseitigen Körperlähmungen oder Bewegungseinschränkungen besonders der oberen Extremitäten, die von der sprachdominanten Hemisphäre gesteuert werden. Das Broca-Areal ist dazu in seiner Beteiligung an hierarchisch organisierten Aktionsplänen über die sprachspezifischen Rollen hinaus an der allgemein motorischen Leistungsplanung und somit auch an musikbezogenen Aufgaben beteiligt. Im Zuge dessen ist ein in Frage stellen der isolierten Funktion dieser Region für Sprachartikulation noch deutlicher geworden (s. Kapitel 5.1.3). Als Bestandteil eines Netzwerks mit zahlreichen Überlappungen zu ähnlichen Funktionen und Verschaltungen, wobei diese aber vermutlich nicht die einzigen Voraussetzungen darstellen, erscheint eine Reaktivierung oder Stimulierung über nicht-sprachliche Information geradezu einfach. Im Folgenden werden jene musikalischen, die Wortproduktion antreibenden, Elemente aufgegriffen.

5.2.1 Die Rolle des motorischen Kortex

Der Motorkortex umfasst Planung, Koordination sowie Ausführung von Bewegungen und ist mit der Wahrnehmung verbunden, sodass die betreffenden Bereiche ebenso bei Beobachtung, Vorbereitung oder imaginärer Vorstellung der tatsächlichen Aktivität reagieren. Die motorischen Hauptregionen sind in Abbildung 4 gezeigt. Eine motorische Handlung (inkl. Aktivierung der eigenen Stimme) wird allgemein präfrontal geplant, prämotorisch sequenziert und motorisch ausgeführt. Die präzise Koordination der Bewegung unter Integration sensorischer Information geht auf das Kleinhirn zurück (s. Kapitel 2.1.1). Diese Mechanismen liegen also Sprache und Musik gleichermaßen zugrunde.

Auf die motorische Verwandtschaft von Musik und Sprache wurde bereits mehrmals hingewiesen. Beide Phänomene setzen motorische Fähigkeiten zur zeitlichen Organisation von mit bestimmter Zielerreichung gerichteten Bewegungen mit einer Auswahl und dem planmäßigen Zusammenbau von Elementen voraus. Welchen Auftrag der motorische Kortex beim singenden Wiedergeben von Sprache übernimmt, liegt auf der Hand. Die Artikulation beim Singen sucht sich ihren Weg schlichtweg wegen der spezifisch rechtshemisphärisch zu erfüllenden musikalischen Anforderungen über dieselben dafür zuständigen homologen Vorrichtungen.

Im Sinne des Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus wurde bereits auch eine essenzielle existente gemeinsame Ressource, über die Parallelschaltungen für Produktion und Wahrnehmung sowie domänenübergreifende Aktivierungen im motorischen und sensorischen Kortex realisiert werden, bekannt (vgl. Pulvermüller et al. 2006, s. Kapitel 2.1.1). In jenem gemeinsamen neuronalen Substrat im präzentralen Kortex (BA4) wären für Sprache bspw. Wahrnehmungsrepräsentationen von Phonemen lokalisiert, d.h. multimodale, sensomotorische Neuronen im primären und prämotorischen Kortex (mit SMA, sowie in anderen perisylvischen Bereichen) ermöglichen eine Beteiligung sowohl an Artikulationsplanung und -ausführung als auch der Wahrnehmung sowie folglich in diesem Fall im Zuge der Wahrnehmung von Sprachgeräuschen eine Aktivierung derselben motorischen Schaltkreise, welche auch bei tatsächlicher Bewegung aktiviert werden. Der gesungenen Sprache wäre darauf einen Zugriff gewährt und die Schaltkreise der Sprechartikulation mit den nötigen involvierten Regionen könnten über diese Ressource vom gesanglichen Zugang aus re-aktiviert werden.

5.2.1.1 Erhöhte Wortproduktion durch Singen – entscheidende Faktoren

Fest steht, dass Singen das Aussprechen oder die Auswahl von Worten in einer gewissen Weise anregen kann. Welche bestimmten musikalischen „Cues“ dazu entscheidend sind, ggf. auch die nötigen Verschaltungen zu (re-)aktivieren, wird an dieser Stelle auf Basis vergangener Erkenntnisse behandelt.

Unter gesunden Umständen erweist sich eine Melodie grundsätzlich sowohl bei der Speicherung als auch beim Abruf oder Erinnern eines Textes als vorteilhaft. Dabei wirkt sich schon eine improvisatorisch hervorgebrachte, mit Worten spontan verbundene melodische Kontur unterstützend aus. Vor allem aber kann in vertrauten Liedern durch die engere Koppelung von Melodie und Text trotz separater Speicherung im Gedächtnis jeder Parameter sowohl in Wahrnehmung als auch Produktion bei sich selbst oder dem anderen einen Priming-Effekt auslösen. Gerade im Falle vorliegender Beeinträchtigungen stellt sich von sämtlichen Kombinationen aus Melodie und Text (original/neu) ebenso die größte Erkennbarkeit heraus, wenn beide in ihrem ursprünglichen Kontext oder ihrer ursprünglichen Konstellation auftreten, was infolge auf das gesonderte Liedgedächtnis hinweist (vgl. Janata & Parson 2013, S. 320 u. 321; Peretz et al. 2004, S. 386; s. Kapitel 5.1.3.2). Von diesem Liedgedächtnis könnten Broca-Aphasiker sodann profitieren, wenn die rechtsdominante Melodie die bereits bekannte Route für die Steuerung der (Mund-)Motorik bezüglich des integrierten Textes in musikalischem Kontext vorlegt, d.h. die rechte Hemisphäre stimuliert. Der Einfluss der Gedächtnisleistung auf die Wortproduktion steht unter diesen Umständen im Vordergrund und könnte auch für andere Aphasie-Typen hilfreich sein.

Die Erinnerung und ein Abruf von Langzeitwissen sind jedoch noch aus einer anderen Sicht ausschlaggebende Kriterien für eine intakte Artikulation beim Singen. Denn so wie das Broca-Areal für anfängliche Wortproduktion oder -überwachung von entscheidender Bedeutung sein soll, ist seine (homologe) Aktivität ebenso nur bei der Verarbeitung komplexer Musikstrukturen nachweisbar (vgl. Koelsch 2013, S. 147 u. 148). Nach dem Erlernen und unter langsamen oder überlernten Bedingungen soll die Verarbeitung und Erstellung von Sprachplänen einfacher oder gar automatischer und nicht mehr zwingend vom Beitrag dieser Region abhängen (vgl. Crank & Fox 2002, Vol. 1, S. 579).

Die musikalische Qualität des Liedes oder des Gesanges korreliert nicht mit Verbesserungen der Artikulation. Schlechte gesangliche Fähigkeiten (bzgl. Tonhöhe und Rhythmus) können insbesondere bei schwerer Aphasie trotzdem mit einer gesteigerten Wortproduktion einhergehen. Allein die Absicht zu singen (bekannter oder unbekannter Lieder), wirkt sich positiv auf das Benutzen eines alternativen Weges hinzu gespeicherten Text- oder anders codierten

Wortinformationen aus. Die musikalische Qualität und auch die melodischen Merkmale scheinen daher eine untergeordnete Bedeutung einzunehmen. Eine gemeinsam zu einem Text abgespeicherte Liedmelodie würde den Abruf zugehöriger Worte lediglich primen und deren Wiedergabe begünstigen, ohne selbst melodisch korrekt ausgeführt werden zu müssen (→ Liedgedächtnis, aber separate Speicherung Text/Melodie). Demgegenüber kann gutes gesangliches Geschick dennoch von schlechter Aussprache begleitet sein (vgl. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 351-354).

Ist die Artikulation gesungen nicht besser als gesprochen, weist dies vermutlich auf eine Beeinträchtigung desselben, geteilten Wortartikulationsnetzwerks für Sprechen und Singen hin und kann womöglich auch nicht mit einem Abruf von Langzeitgedächtnisinhalten kompensiert werden (vgl. Patel 2013, S. 351). Wenn Broca-Aphasiker eine mangelnde musikalisch-melodische Korrektheit hervorbringen, könnte dies nicht zwingend an Defiziten der rechten Hemisphäre, sondern auch an den Auswirkungen des geschädigten Broca-Areals liegen. Die gestörte Quelle derselben Ressource für syntaktische Verarbeitung beeinflusst demnach neben der sprachlichen auch die musikalische Syntax, was sich an Abnormitäten bis hin zum Fehlen von ERAN zeigt (vgl. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 354 u. 355; Patel 2013, S. 342).

Über den syntaktischen Zusammenhang wäre ein ebenso unterstützender Ausgleich von Musiksyntax auf die Sprachsyntax möglich. Denn wenn Musik die Sprache in syntaktischer Umgebung beeinträchtigt, müsste sie sie umgekehrt auch erleichtern können. Die in Kapitel 5.1.3 erwähnten Interferenzeffekte zwischen Tonalität und sprachlicher Syntaxverarbeitung, die auf eine gegenseitige Abhängigkeit der sprachlich und musikalisch syntaktischen Integration hinweisen, können diesbezüglich einen Ansatz bieten. Diesbezügliche Interferenzparadigmen beobachten häufig die Manipulation der Musikharmonie auf die Sprachproduktion. Dabei wird ein syntaktisch herausfordernder Satz zusammen mit einer syntaktisch herausfordernden (gesungenen) Melodie gehört (visuell und auditive Stimuli), wobei das schwer integrierbare Wort an gleicher Stelle wie der herausfordernde Ton/Klang (außerhalb der Tonart) auftritt. Der gleichzeitig harmonisch schwer integrierbare musikalische Ton oder Akkord beeinträchtigt die syntaktische Integrationsfähigkeit in Sprache. D.h. die Integrationschwierigkeit des Wortes wird dann, im Vergleich zur Integration der beiden Elemente unabhängig voneinander, größer.

Eine Melodie gibt durch die präziseren Tonhöhen einerseits einen musikalischen Rahmen vor (auch Singstimme kann hier eine Rolle spielen), indem die Worte in rechtsseitigen Konzepten verarbeitet werden, und andererseits verlangsamt sich die Rate, wodurch die

Artikulation allgemein erleichtert wird. Während bekannte Melodien die Worte auch besser primen, weil u.a. auch eine zu erwartende Tonhöhe die Erwartung einer Silbe verstärkt und diese triggert, würde dieser Effekt mit unbekannten Melodien wahrscheinlich nicht funktionieren. Worauf hingegen unabhängig von einer bestimmten Tonhöhenkontur reagiert werden kann, ist die erwartungserfüllende Regelmäßigkeit einer Rhythmik bzw. rhythmischer Muster. Allgemeine zeitgesteuerte manuelle Bewegungen überschneiden sich kortikal mit der Steuerung manuell motorischer Leistung in sprachlichem und musikalischem Kontext. Die gemeinsamen Aktivierungsbereiche im somatomotorischen Kortex, im SMA, den Basalganglien und dem Kleinhirn ähneln dem Aktivierungsmuster während der Stimmmotorausgabe mit dem Unterschied eines vermehrten somatosensorischen Feedbacks (vgl. Perry 2002, Vol 3, S. 259). Durch die Kopplung von sensorischen Signalen mit motorischen Kommandos im sensomotorischen System kann wegen des zeitlichen Verlaufs einer Aktivität im auditorischen Kortex jene auch im prämotorischen Kortex vorhergesagt werden (vgl. Jäncke 2015, S. 56). Ein einsetzender Beat, zu dem Bewegungen aufgrund der hohen Vorhersagbarkeit synchronisiert werden können, kann die Aussprache von Worten oder Silben triggern. Zusätzlich anregender Effekt der Bewegungssynchronisation ist nicht nur die unterstützende Verbindung zu rhythmusverarbeitenden Motorregionen, sondern auch zu Belohnungszentren und den wiederum damit verknüpften motorischen Bereichen zur Bewegungsinitiierung und -kontrolle, die gerade der Broca-Aphasie einen Nutzen bringt.

Durch allgemein neuronale und läsionsbezogene Variabilität ist eine Aufhebung der beeinträchtigten Sprachproduktion durch Singen nicht immer möglich. Gewisse Merkmale erweisen sich förderlicher als andere. Die Tonhöhenkontrolle, Melodie und klanglichen Aspekte im musikalischen Kontext tragen einerseits stark dazu bei, welche Hemisphäre zur Wortproduktion angesprochen wird. Andererseits werden durch das Erinnern an Lieder Artikulationskonzepte aktiviert. Letztendlich sind die Vorhersagbarkeit und die stimulierende Wirkung eines Rhythmus für Sprachinitiierung und -kontrolle von Bedeutung.

5.3 Fokus Wernicke-Aphasie

Hauptmerkmal der sensorischen Aphasie ist das beeinträchtigte Verständnis für Sprache betreffend sinnhafte Wahrnehmung und Produktion neben unbeeinflusster Sprechmotorik. Ein Inhalt kann nicht interpretiert werden und im wohlbehaltenen Sprechfluss fehlt der Zusammenhang, die Nutzung der Grammatikregeln ist verworren (Paragrammatismus), die vermittelte Information spärlich, Inhaltswörter können entstellt dargeboten und/oder die Botschaft verfremdet werden (phonematische, semantische Störung, Jargon-Aphasie). Gleichsam der Hauptform weist ebenso die untergeordnete transkortikal-sensorische Aphasie Störungen von Satzsemantik sowie (Bild-)Benennungen und der Themenbeibehaltung (mit semantischen Abweichungen) auf, obwohl hier Syntax und Phonematik noch in Ordnung sind. Während auch Nachsprechen bzw. dessen Verständnis im Gesamten beeinträchtigt ist, sollen Wiederholungen (kurzfristig) erlernter Passagen möglich sein (s. a. Tabelle 2).

Wernicke-Aphasikern ist der wohl entscheidendste Teil für Sprache und damit auch ihre grundlegendste Funktion einer Kommunikation abhanden gekommen. Jenes hier verlorene Merkmal, das den Pol der Sprachdomäne darstellt, gilt gleichzeitig als Hauptdifferenzierungspunkt zur Musikessenz. Ob zwischen nicht oder kaum überlappenden Netzwerken, die auf domänenspezifischen Kriterien basieren, mit Gesang bzw. Musik eine Brücke gebaut werden kann, steht folgend zur Diskussion.

5.3.1 Die Rolle des sensorischen Kortex

Über multimodale Kopplungen, bestimmte Verbindungsstellen, gemeinsame neuronale Substrate sowie die sensorische Rückkopplung ist der sensorische Kortex unter normaler Funktionstüchtigkeit in motorische Praktika miteinbezogen und in weiterer Folge für die Sinngebung erforderlich. Ein Abruf von gespeicherten Gedächtnisinhalten bildet dazu eine gewisse Voraussetzung. Das parallele Wahrnehmen und Verstehen der eigenen Handlungen und Empfindungen sowie jener von anderen ist sowohl für ein Zurechtfinden in als auch eine Interaktion mit der Umwelt und dazu die Bewegungs-/Output-Planung wie Koordination notwendig. Die Zusammenarbeit von Sinnes- und Motorsystem als Grundlage der Sensorik spielt sowohl in Musik als auch in Sprache eine entscheidende Rolle und die Quellen der Bedeutungszuweisungen sitzen hierfür in den besagten Repräsentationsnetzwerken der domänenspezifischen Temporallappenstrukturen.

Das sensomotorische Netzwerk basiert speziell im Sprachgebrauch konkret auf jener einzigartigen, für kommunikative Zwecke etablierten Speicherkomponente aus eindeutig verifizier-/falsifizierbaren Referenzen. Eine Störung dieser Quelle oder einer Verbindung zu ihr

hat zur Folge, dass alles, was bezogen auf einen sprachlichen Kontext sensorisch wahrgenommen wird, d.h. im Grunde die eigens hervorgebrachte Sprache wie die anderer, nicht erkannt oder verstanden werden kann. Das betrifft ebenso den Text in gesungenen Liedern. Da die Sprachmotorik bei der Wernicke-Aphasie nicht beeinträchtigt ist, steht hier somit auch nicht in Frage, wie die Wiedergabe von Worten im Gesang erst möglich ist. Hingegen gilt herauszufinden, womit die Musik einen Zugang zur Sprachsemantik schaffen und einen Ausgleich derselben bieten kann. Dies scheint mit komplexeren Umständen verbunden zu sein, denn die sprachlich essenzielle direkte Aussagekräftigkeit erlangt die Musik eben insoweit einzig durch die aussagekräftige Bedeutung der im Lied enthaltenen Worte (vgl. Koelsch 2013b, S. 182).

Die musikalische Semantik ist im Vergleich zur sprachlichen von größeren Verschiedenheiten begleitet als die Syntax und der freiere, vielschichtige Ausdruck der Musik nimmt nach anschließend beschriebener Theorie unterschiedliche Bedeutungsdimensionen an. Im Homolog des Wernicke Zentrums kann vermutlich kein Ersatz oder Kompensationsbereich für das mentale Lexikon gefunden werden. Die Speicherkomponenten für sensomotorische Korrelationen und Kopplungen zur korrekten Ausführung einer musikalischen Handlung sind deutlich individueller und multimodaler aufgebaut. Prinzipiell steht ein Verständnis darüber im Vordergrund, welche Aktion (auf Instrument, auch stimmlich) welchen Klang auslöst, welcher Klang durch welche Aktion wie wirkt oder wie Klänge zueinander in Beziehung stehen. Hinter den semantischen Werten steht ein völlig unterschiedlicher primärer Nutzen. Ein wichtiger Faktor in den Ansätzen, diese Verschiedenheiten zueinander zu führen, scheint die Konzentration auf Klangstrukturen jenseits einer aussagekräftigen Semantik zu sein, um bestimmte Priming-Effekte zu erzeugen und durch Klänge oder Geräusche die Zuordnung zu einer Wortbedeutung zu erzielen.

5.3.1.1 Mit Musik zum Sinn der Sprache

Musik besitzt eine andersartige Semantik als Sprache, auch wenn die Verarbeitung in Informationsspeicherung, Repräsentationsaktivierung sowie Auswahl und Integration einander ähnelt. In Kapitel 5.1.1 wurde die geringere semantische Spezifität und der stattdessen präzisere Ausdruck von Empfindungen als typisch musikalisch bedeutungstragendes Merkmal erwähnt. Demzufolge wird für Musik die intra-individuelle Zustandsbeschreibung bzw. -kommunikation festgelegt und für Sprache die extra-individuelle (vgl. Koelsch 2013a, S. 171 u. 2013b, S. 247). Eine Verbindung u.a. von Klangmustern zu Sachverhalten, Dingen, Begrifflichkeiten etc. ist nicht explizit, aber indirekt gegeben. Musikalische Bedeutungen sind außerdem im Gehirn verstreuter abgelegt und werden stärker kontextabhängig angesehen. Der musiksemantisch-analytische Interessensschwerpunkt liegt vielmehr in der Entstehung einer Bedeutung und der Interpretation eines Individuums (vgl. Koelsch 2013b, S. 166 u. 181). Dabei sollen auch die Multidimensionalitäten zwischen Erzeuger und Empfänger beachtet werden, die Informationsvermittlung sowie die jeweils individuelle Auffassung umfassen und nach Koelsch (2013a, 2013b) von mehreren Quellen gleichzeitig hervortreten können. Jener Autor legt für die undefinierbar erscheinende Semantik der Musik insgesamt sieben Dimensionen, zusammengefasst in 3 Kategorien, fest (s. Abb. 8). In theoretischen Ansätzen zur Musiksemantik wie dem hier vorgestellten steht die Subjektivität hinsichtlich Interpretation und psycho-/physiologischer Wahrnehmungseffekte im Vordergrund. Von der Wirkung der Musik wurde bereits berichtet und dazu, dass diese sich ebenso im musikalischen Anteil der Sprache wiederfindet (s. Kapitel 5.1.1). Somit kann Gesprochenes auch „wirken“, wenn der Tonfall die Bedeutung eines Wortes oder die Botschaft beeinflusst. Dadurch treten die musiksemantischen Dimensionen auch auf sprachlicher Ebene in der affektiven Prosodie auf (s.u.; vgl. a. Koelsch 2013a, S. 153 u. 2013b, S. 156-158).

Table 10.1 Synopsis of the dimensions of musical meaning.

extra-musical			intra-musical	musicogenic		
iconic	indexical	symbolic		physical	emotional	personal

Abbildung 7: Dimensionen musikalischer Bedeutung (vgl. Koelsch 2013b, S. 157)

Extra-musikalische Bedeutungen ergeben sich aus der Referenz musikalischer Zeichen zu (begrifflichen) Werten der außermusikalischen Welt (Zeichenqualitäten) und können in die drei Unterkategorien (ikonisch, indexisch, symbolisch) unterteilt werden (vgl. Koelsch 2005, S. 210, 2013a, S. 154 u. 2013b, S. 158-163; s. Abb. 8). Ikonische Bedeutungen sind mit Tonmalerei vergleichbar, d.h. sie beziehen sich auf die Ähnlichkeit der Geräusche oder Eigenschaften natürlicher bzw. realer Objekte (vgl. Koelsch 2005, S. 210, 2013a, S. 154 u. 2013b, S. 158 u. 159).

Indexische Bedeutungen ergeben sich aus dem Verständnis, dass jede Note eine bewusste, gezielte Handlung und damit einen (inneren) psychologischen Zustand widerspiegelt. Dabei geht es um Imitation von Affektausdrücken und die emotions- und stimmungsbezogenen Nachvollziehbarkeit des musikalischen Ausdrucks. Die Entschlüsselung der Absicht des Komponisten oder Interpreten bzw. der Mitmusizierenden ähnelt einem kommunikativen Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus (vgl. Koelsch 2013a, S. 154 u. 2013b, S. 159-162).

Symbolische Bedeutungen entstehen aus Willkür durch außermusikalische begriffliche wie soziale Assoziationen (z.B. Hymnen, Soundtracks, Leitmotive, Rituale) und sind kulturformt bzw. kulturformend (vgl. Koelsch 2013a, S. 154 u. 2013b, S. 162 u. 163).

Mit der Verarbeitung der extra-musikalischen Bedeutungsinformationen kann der elektro-physiologische Index N400 in Verbindung gebracht werden, der allgemein für die semantische Verarbeitung, den lexikalischen Zugriff sowie die postlexikalisch semantische Integration steht. Da dieser Effekt rund 400ms nach dem Einsetzen eines Wortes auftritt, widerspiegelt er somit eigentlich die wort-semantische Integration, ist aber dennoch bilateral im hinteren temporalen Gyrus (BA 21/37), links Wernicke-Gebiet, nahe des STS lokalisierbar (vgl. Koelsch 2005, S. 210 u. 211, 2013a, S.154 u. 156, 2013b, S. 60; Patel 2013, S. 340 u. 341).

Die intra-musikalische Bedeutung bezieht sich mehr auf die strukturellen Beziehungen zwischen Elementen als auf die Interpretation eines einzelnen (begrifflichen) Zeichens und kann sich auf ein gesamtes Stück erstrecken. Sie entsteht daher aus der Verarbeitung und dem Aufbau einer Struktur mit bestimmter (nicht ikonischer) Stabilität wie bspw. einem harmonischen Kontext sowie aus Strukturverletzungen wie bspw. einem harmonischen Missverhältnis. Akkordfunktionen können abhängig vom Kontext und ihrem Ort des Auftretens in ihrer auch Bedeutung variieren. Diese musiksemantische Verarbeitung innerhalb eines gegebenen Kontexts löst das elektro-physiologische Korrelat N5 aus, welches frontaler und vor N400 zu verorten ist. Dieselben Prinzipien kommen ebenfalls in anderen Bereichen vor (z.B. Poesie, Rhetorik, Ästhetik). Im Falle einer metaphorischen Beschreibung von

intramusikalischen Prinzipien durch extramusikalische Konzepte können jene zeitgleich während der Strukturverarbeitung aktiviert und sowohl intra- als auch außermusikalisch bedeutsam werden (vgl. Koelsch 2013a, S. 156-158 u. 2013b, S. 170-177).

Eine musikogene Bedeutung enthält wiederum drei Teilbereiche (physisch, persönlichkeitsbezogen, emotional) und betrifft die verschiedenen Wirkungen bei einem wahrnehmenden Individuum, dessen Bedeutungsqualität sich dadurch erhöht. Losgelöst von Begrifflichkeiten und der Bedeutung einer Interpretation ausgedrückter musikalischer Information konzentriert sie sich auf die Interpretation der durch Musik innerlich ausgelösten Effekte, d.h. der individuellen Wahrnehmung und Verarbeitung (vgl. Koelsch 2013a, S. 158-160 u. 2013b, S. 177-181).

Die körperliche Dimension umfasst alle subjektiven, aber nicht motorisch-emotionalen (z.B. Lächeln) physischen Reaktionen auf und synchron zur Musik. Die aktiv veranlassten Handlungen haben für das Individuum selbst eine Bedeutung und drücken parallel dazu eine aus. Zudem führt die gemeinsame, basierend auf einem isochronen Puls bzw. Grundschlag synchronisiert und koordinierte Aktivität in sozialen Situationen/Gruppen zu einer Bedeutung mit gemeinsamer Zielerreichung. Diese interindividuelle Bewegungskoordination hat den Charakter einer kommunikativen, verständnisvollen Zusammenarbeit im Sinne der gestischen Ursprungstheorie (vgl. Koelsch 2013a, S. 158, 159 u. 2013b, S. 177-179).

Die persönliche Dimension beinhaltet den Bezug zu einem Selbst (persönliche Wiedererkennung in Musik), die interindividuellen Persönlichkeitsunterschiede (von Empfänger als auch Erzeuger) sowie die Präferenzunterschiede zwischen den Individuen als Empfänger und jeweils auch in deren Verbindung zum Erzeuger (vgl. Koelsch 2013a, S. 160 u. 2013b, S. S. 180-181).

Die emotionale Dimension soll die eigentliche Bedeutung der Musik widerspiegeln und sich dementsprechend auf die erwähnte sprachentfernte Vermittlung innere Zustände und Empfindungen beziehen. Im Mittelpunkt steht eben nicht das Erkennen einer musikalisch ausgedrückten Emotion, sondern das hervorgerufene eigene Gefühl. Musik aktiviert unbewusst Repräsentationen emotional bedeutungsvoller Konzepte (ähnlich wie extramusikalische Zeichenqualitäten) noch vor einer offenen/inneren Verbalisierung oder sprachlichen Beschreibung. Sie weist größere interindividuelle Entsprechung zu ausgelösten Empfindungen auf, als die nachträgliche wörtliche Formulierung. Die affektive Prosodie ist hier ebenso einzuordnen (vgl. Koelsch 2013a, S. 159, 160 u. 2013b, S. 179-180).

Die Bedeutungsdimensionen tauschen sich ggf. nicht nur innerhalb der Musikdomäne aus, sondern interagieren ebenfalls mit der sprachlichen, wie die genannten ERP-Komponenten in Versuchen zu strukturell semantischen Erwartung(-sverletzung-)en aufdecken. Dies geschieht aber in begrenzterem Ausmaß als auf syntaktischer Ebene. Denn auch N400 und N5 sind einander zwar ähnlich, besitzen jedoch keine identen kortikalen Prozesse. Im Allgemeinen folgt N400 nach ELAN und N5 nach ERAN.

N400 gilt als Beweis, dass Musikrepräsentationen neben metaphorisch oder emotional genutzten Werten bedeutungsvollere Konzepte aktivieren und aussagekräftigere Informationen übertragen können, solange sie sich in der extra-musikalischen Dimension bewegen. Semantische Priming-Paradigmen konnten diesbezüglich zeigen, dass alle drei Zeichenqualitäten eine Bedeutung primen, was eine Beeinflussung von Musik auf die semantische Verarbeitung von Wörtern bedeutet. Zudem unterschieden sich die dabei auftretenden Effekte nicht zwischen Sprach- und Musikbedingungen, wodurch ein Hinweis auf offenbar idente kognitive Operationen für die semantische Verarbeitung gegeben ist.

Angesichts dessen war ein visuell präsentierter Zielbegriff (konkret oder abstrakt) mit vorangegangenen auditiv dargebotenen und in emotional ausgeglichener Beziehung stehenden Hauptstimuli – Sätze und musikalische Auszüge – semantisch verwandt oder nicht (z.B. Ferne+Weite vs. Ferne+Enge) und beide Stimuli führten zu gleichen Auswirkungen auf die semantische Verarbeitung des Zielwortes. Die Musikausschnitte wurden in Intervallsetzung, Akkordklang, Instrumentenbesetzung etc. als der Wortbedeutung des Zielworts ähnelnd ausgewählt (z.B. Dissonanz+Enge). Musik kann demnach sowohl abstrakte als auch konkrete semantische Informationen vermitteln. Das Verknüpfen von musikalischer Information und extra-musikalischen Konzepten funktioniert teilweise unbewusst und automatisch (vgl. Koelsch 2005, S. 210, 211 u. 2013b, S. 163-170). In Verwendung eines musikalischen Zielreizes (Ausschnitt unbekannt, für das Experiment komponiert) wird N400 ebenso ausgelöst, jedoch nur für ikonisch und indexische Zeichenqualitäten (vgl. Koelsch 2013b, S. 167).

Dieselben gegenseitigen Modulationen gelten gleichermaßen für affektive Priming-Paradigmen mit musikalisch/prosodisch emotionalen Stimuli oder einzelnen auditiv repräsentierten Tönen und Akkorden von bedeutungsvoller Klangfarbe. Durch Akkorde besteht demnach die Möglichkeit einer Kommunikation affektiver Bedeutungen. Konsonant/dissonant bewertete oder un-/angenehm wahrgenommene Akkorde werden mit Worten von positiv/negativem Affektgehalt (Liebe, Hass) zusammengeführt. Im Zuge der Beurteilung der Akkorde als un-/angenehm treten in den Ergebnissen keine Unterschiede zwischen Musikern und Nicht-Musikern auf. Bezüglich einer konsonant oder dissonanten Akkordbewertung

gleichen sich die Ergebnisse von Nicht-/Musikern nur bei den Wort-Zielreizen (vgl. Koelsch 2013a, S. 154, 155 u. 2013b, S. 168-170).

Nicht von semantisch unerwarteten Worten und damit assoziierten Klängen ausgelöst ist N5, der zudem auf von N400 zu unterscheidenden neuronalen Korrelaten basiert. Dieser Effekt, der sein Maximum bei etwa 500ms nach dem Einsetzen eines Akkords hat, wird vorzugsweise in der intra-musikalischen Bedeutungsverarbeitung bei höherem semantischen Integrationsaufwand innerhalb eines musikalischen Kontexts, wie bspw. bei Unregelmäßigkeiten von Akkordfunktionsbeziehungen in harmonischen Sequenzen hervorgerufen. N5 folgt auf ERAN, interagiert aber nicht mit ELAN und ist daher nicht in die syntaktisch-semantische Verarbeitung von Wörtern involviert. Die Quellen von ERAN und N5 verschwimmen ineinander. Intra-musikalische Bedeutung von Akkorden wird unter normalen Bedingungen und ohne Einfluss einer gezielten Aufmerksamkeitslenkung auf synchron dargebotene Worte auch automatisch verarbeitet. Die N5-Amplitude korreliert mit dem Ausmaß an harmonischer Integration, d.h. der Kompatibilitätsgrad in einen semantischen Kontext bzw. innerhalb einer Akkordsequenz moduliert die Amplitude so wie N400 innerhalb eines Satzes durch die semantische Integration eines Wortes moduliert wird. Je regelmäßiger und erwartungserfüllender eine Akkordfolge aufgebaut ist, desto mehr nimmt der harmonische Integrationsaufwand und somit die Kurve ab. Gegen Ende läuft sie vollständig flach aus, wenn bspw. mit einer Tonika geschlossen wird. Dies ähnelt der Satzverarbeitung, wobei anfangs bei unspezifischer Erwartung der N400 Effekt noch größer ist. Je mehr semantisch korrekte Wörter eintreffen und die Erwartung erfüllen, desto kleiner wird N400 gegen Ende des Satzes. Ein unerwarteter Akkord erhöht N5 gleichsam wie ein unerwartetes Wort N400 erhöht. Der musikalische, klangliche Ausdruck (eines Akkords) kann im Gegensatz zu einem ausdruckslosen computersimulierten Klang die intra-musikalische Bedeutung ebenso modulieren und N5 erhöhen (vgl. Koelsch 2005, S. 208-210, 2013a, S. 156-158 u. 2013b, S. 172-174, 181). Durch die erzeugte Erwartung bei harmonischer Integration bekommen musikalische Elemente zusätzlich eine spezifische Bedeutung. Daraus können für das Individuum bedeutsame emotionale Antworten oder Effekte entstehen, die in die musikogene Dimension fallen (vgl. Koelsch 2013b, S. 176 u. 177). N5 würde sich überdies jedoch relativ zur Hörergewohnheit verhalten.

Bestimmte Bedeutungen von Klängen in der Musik können sich also auf sprachliche Begrifflichkeiten und Werte beziehen und sogar miteinander in Wechselwirkung stehen. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass musikalische Semantik im Allgemeinen subjektiv bestimmt ist und von der Bewertung eines Individuums abhängt. Obwohl im Rahmen des

vorgestellten Priming-Paradigmas N400 idente kognitive Operationen für die semantische Verarbeitung von Musik- und Sprachreizen anzeigen soll, stellt sich die Frage, inwiefern allein die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung eines mitdargebotenen Wortes diesen Effekt beeinflussen und modulieren oder möglicherweise Effekte für die eigentliche Musiksemantikverarbeitung überschatten kann (bspw. N5). Weiter könnte ein charakteristischer Klang automatisch interne, subjektive Bedeutungszuweisungen basierend auf den Zeichenqualitäten auslösen und damit ebenso eher einen wortsemantischen Effekt hervorbringen. In einem solchen eventuellen Fall würde dies bei Wernicke-Aphasie bedeuten, dass sich das Verständnis für sprachliche Begriffe sogar negativ auf den Priming-Effekt dieser Art auswirken kann.

Klänge, bei denen mit Sicherheit nicht die Gefahr einer Einmischung von assoziierten sprachsemantischen Werten besteht, sind abermals in der Gefühlswelt bei (affektiven) Emotionsausdrücken zu finden. Jene bilden die Dimension der eigentlichen musikalischen Bedeutung. Gegebenenfalls kann damit das Verständnis von Worten oder sinnvolle, geordnete Sprache getriggert bzw. der innere Zustand verständlich kommuniziert werden. Die dem nahestehende Prosodie könnte diesbezüglich wesentliche Rollen erfüllen, denn Wernicke-Aphasiker haben einen individuellen Zugang zur Bedeutung grundlegender emotionsverbundener Aspekte (Angst, Liebe, Freude) (vgl. Koelsch 2013b, S. 157). Ästhetische Emotionen könnten durch ihre multisensorischen und -modalen Vernetzungen und Verknüpfungen mit weiteren Gedächtnisinhalten, die für das Individuum eine persönliche, auto-biographische Bedeutung haben, die semantisch korrekte Sprachkonzepte über affektive Bedeutung hinaus aktivieren. Damit würde der Fokus auf andere bedeutungsvolle Inhalte als die sprachlichen gerichtet und dazu idealerweise in der andersartigen Anforderung andere Gehirnbereiche rekrutiert werden, in denen auch semantische Repräsentationen gespeichert sind. Außerdem sprechen Emotionen die rechte Hemisphäre an.

Neben emotionalen Aspekten erkennen Wernicke-Aphasiker womöglich auch den Sinn hinter tonmalerischen Ereignissen. Wenn Klänge oder gar die Stimme so eingesetzt werden, dass sie Objekte klanglich beschreiben, wird der Wert zunächst ebenso nicht direkt auf den Begriff selbst, sondern auf ihn bezeichnenden Klang gelegt. Bei nötigem musikalischem Wert ist darin die rechte Hemisphäre entscheidend miteinbezogen, weil diese klangliche Bedeutung keinen explizit sprachlichen Inhalt darstellen würde, welcher im Kontext der Sprache linksdominant wäre. Ikonisch verwendete Musik könnte in diesem Sinne die begriffliche Bedeutung zunächst von Objekten und später von ausführlicheren Zustands- oder Situationsbeschreibungen primen. Die zusätzliche Verwendung von Bildern kann die visuell-

auditorischen Kopplungen und Integrationen unterstützen. Visuelle Eingaben beeinflussen nämlich auditive Musik- und Sprachwahrnehmung (bilaterale Aktivierung vor allem des oberen Gyrus supramarginalis, für Verständnis symbolisch/sprachlicher Repräsentationen) (vgl. Perry 2002, Vol. 3, S. 250; Spitzer 2002, S. 310). Eventuell ließen sich damit Schwierigkeiten in (Bild-)Benennungen aufheben.

Singen ist per se weniger die Lösung des Problems. Im Gegensatz zur Broca-Aphasie muss hier der Sprache durch Gesang kein genereller Antrieb oder Einsatz gegeben werden und ist vermutlich auch gar nicht nötig. Wernicke-Aphasikern muss geholfen werden, den sprachlich-semantischen Inhalt zu verstehen, damit sie auch ihren eigenen Output ändern können. Einen nachhaltigen Nutzen für eine bessere funktionierende Kommunikation würde ein Aufbau eines Speichers aus Zuordnungen von Klang und Bedeutung oder Objekten mit stärkerer Stimulation der rechten Hemisphäre bringen. Wernicke-Aphasiker könnten die Sprache wie Kinder wieder-erlernen und dahingehend stärker die rechte Musikhälfte trainieren bzw. dort die sprachliche Bedeutung/Semantik verankern – ähnlich den Broca-Aphasiker bezüglich der Übernahme der Produktionsfunktionen. Eine mit dem mentalen Lexikon vergleichbare Ausprägung dessen ist wahrscheinlich schwer zu erreichen. Anfangs würde ein kommunikativer Akt mittels musikalischen Bedeutungsebenen ohnehin einen metaphorischen, abstrakten Charakter annehmen.

6 Chancen für Spontansprache: Nützliche Kriterien für den Wiedererwerb

Aus den vorigen Kapiteln gingen bereits einige Merkmale hervor, die sich als hilfreich für spezielle Sprachfähigkeiten erweisen und bei vorliegender Aphasie mit intaktem Gesang in Kraft treten können. Dieser Abschnitt dient dazu, daran anknüpfend zusätzlich allgemeinere Aspekte aufzugreifen, mit denen bei ausreichender Übung Strategien für die spontane Sprache und eine erleichterte Kommunikation gefunden werden können. Das hohe Maß an neurologischer Individualität lässt sich mit den ausgewählten Kriterien möglicherweise umgehen, da sie auf Grundfunktionen und -bedürfnisse der Menschen abzielen.

Genesungschancen oder sogar die vollständige Wiederherstellung des Sprachvermögens sind im Kindes- und präpubertären Jugendalter wegen der höheren Neuroplastizität noch größer als im Erwachsenenalter. Die gesamten Sprachfunktionen können sich auf die entgegengesetzte Hemisphäre verschieben oder sich komplett neu ausrichten. Bei älteren Menschen ist dies je nach dem mühsamer zu erreichen. Dennoch können unbeschädigte Bereiche und Verarbeitungsressourcen die Funktionen der geschädigten genauso übernehmen bzw. ausgleichen. Voraussetzung für einen Wiedererwerb in fortgeschrittenem Alter ist zumindest, dass die Sprache vor dem Unfall schon beherrscht und die für den Erwerb neuer (sprachlicher) Fähigkeiten kritischen Schwelle zum Zeitpunkt der Pubertät bereits überschritten wurde. In jedem Fall besteht häufig eine zeitintensive Rückbildungsphase (vgl. a. Carter 2019, S. 151).

Die Musik hat u.a. durch die Funktionsähnlichkeiten, Überlappungen und Teilung wesentlicher Bereiche sowie Transfereffekte positive Wirkungen auf sämtliche Sprachprozesse, diesbezüglich auditive wie verbale Gedächtnisleistungen. Sie führt allgemein aufgrund umfangreicher Aktivierungen zu einer besseren, ausgeprägten Vernetzung und Stärkung bestimmter synaptischen Verbindungen anderer kognitiver Fähigkeiten und erleichtert nicht nur bei Beeinträchtigungen das (Er-)Lernen (vgl. a. Degé & Schwarzer 2015, S. 360-371; vgl. Jäncke 2015, S. 56 u. 57; Seither-Preisler & Schneider 2015, S. 378-381 u. 385). Der menschliche Organismus profitiert in hohem Maße von musikalischer Stimulation, sodass in keiner Weise ein Nachteil durch die Therapie mit Musik entsteht, auch wenn die Spontansprache mit ihrer Hilfe nur in einzelnen bestimmten Fällen zurückgewonnen werden kann.

6.1 Ausmaß der Schädigung

In der ersten – sehr empfindlichen – Zeit nach dem Schlaganfall passiert eine automatische Umstrukturierung bzw. Neuorganisation im Gehirn, das primär mit der Bildung neuer Blutgefäße, Synapsen und neuem Hirngewebe versucht einen Schadenausgleich zu schaffen. Erhaltene Fähigkeiten der lernbereiten intakten homologen Gehirnhälfte kompensieren dazu in der Regel die beschädigten Regionen und gesunde Nervenzellen übernehmen Funktionen jener angrenzenden lädierten (vgl. a. Koelsch 2019, S. 234). Abgesehen von individuellen Gegebenheiten wirken sich leichtere Schädigungen prinzipiell schwächer auf chronische Defizite und besser auf die Genesung aus.

Gestützt auf gewisse Läsions- und Lokalisationstheorien können die Auswirkungen von Läsionen auf die Leistung genauer bestimmt werden. Einerseits liegt nahe, dass eine größere Schädigung gerade in den wesentlichen Sprachbereichen zu einer schwereren Aphasie führt. Aus der Sichtweise der Ressourcen- und Repräsentationsnetzwerke (s. Kapitel 5.1.3) hätte neben der Größe der Läsion vor allem der Ort Auswirkungen auf die verbliebenen Fähigkeiten. Die Schädigung der geteilten Ebene begünstigt massivere, kombinierte Verluste von Sprechen und Singen. Störungen hemisphärischer Spezialisierungen höherer Ebenen resultieren in Dissoziationen (vgl. a. Perry 2002, Vol. 3, S. 266). Durch die Schaltkreise und Verbindungen der kortikalen und subkortikalen Strukturen können sich außerdem Defizite auch gegenseitig maskieren und Funktionsausfälle im Kortex auf Läsionen der tieferliegenden Bereiche zurück gehen (vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 376 u. 377; s. Kapitel 2.1.1). Andererseits bestehen basierend auf dem Grundverständnis von weit im perisylvischen Assoziationskortex verbreitet vorliegenden sprachlichen Darstellungen und Sprachverarbeitungs-komponenten zwei Funktionsmerkmale – das Massenaktionspotential (Effizienz einer Funktionsausführung steigert sich mit der Größe des zugehörigen neuronalen Pools) und der unterliegenden Äquipotentialität (Übernahme und Ausführung einer bestimmten Funktion eines geschädigten Gehirnbereichs durch einen anderen intakten Teil) – denen nach Läsionen ähnlicher Größe überall in einer bestimmten Gehirnregion äquivalente Auswirkungen auf die Funktion haben und die Größe der Läsion direkt proportional zum Ausmaß eines Funktionsdefizits ist (vgl. Caplan 2002, S. 665-668).

Nach großen Läsionen oder einem Komplettausfall der dominanten Sprachregion sollte in speziellem Sinne eine vollständigere Übernahme der Funktionen durch die homologen sprachfähigen Bereiche und folglich eine bessere Wiederherstellung gewährleistet sein, wenn die beeinträchtigen und gesunden Bereiche bzw. Gehirnhälften eindeutiger bestimmt

werden und sich Therapieinhalte gezielter darauf konzentrieren können. Bei kleinen Läsionen kann die Rekrutierung variabel und über beide Hemisphären verteilt ausfallen. Somit dürften bezüglich Funktionserhalt sowie infolge der therapeutischen Methodenauswahl zur Wiederherstellung oft mehr Unklarheiten entstehen. Schwere Aphasie im Zuge umfangreicherer Schädigung kann jedoch zudem häufiger auch Gedächtniseinbußen mit sich bringen. Damit gehen wichtige Voraussetzungen für neues Lernen und ein Wieder-Erlernen auf Basis von gespeicherten Inhalten verloren. Vermutlich stellt dies auch einen versteckten Einflussfaktor auf Beobachtungsergebnisse wie jene aus der Studie von Aarli, Einbu & Skeie (2010, S. 350, 351 u. 353) dar, die eben keine oder kaum verbesserte Wortproduktion beim Singen von bekannten Liedern bei Patienten mit schwerer Sprachbeeinträchtigung feststellte.

Deutlich eingrenzbare Schädigungsausmaße sind allgemein unrealistisch. Normalerweise liegen keine reinen Aphasien, sondern Mischtypen vor und wie Peretz et al. (2004, S. 374 u. 375) erwähnen, gibt es keine zwei Patienten mit derselben Beeinträchtigung. Aber je klarer sich die Symptome abgrenzen und auf eine Art beschränken ließen, desto einfacher könnte auf sie reagiert werden. Eine isolierte Broca-Aphasie mit unbeeinträchtigtem Temporallappen und erhaltener semantischer Kompetenz würde bspw. enorme kommunikative Vorteile bringen (vgl. Goldenberg 2007, S. 96).

6.2 Vertrautheit und Schwierigkeitsgrad der Musik

Der Schwierigkeitsgrad der Musik hat weder einen Einfluss auf Gesangs- noch auf (spontane) Sprechfähigkeit. Lediglich bei aktiven Handlungen sind ggf. tempobedingte Anpassungen an das motorische Können des Patienten vorzunehmen (s. Kapitel 6.4). Solange die Musik für ein Individuum ansprechend ist und für positive Erregung sowie Motivation sorgt, hat sie eine anregende Wirkung auf das allgemeine Wohlbefinden und folglich auf diverse kognitive Fähigkeiten. Die Musik sollte insbesondere die persönlichen Präferenzen treffen, was damit nebenbei die Überflüssigkeit eines Mozart-Effekts bestätigt.

In der tatsächlichen Qualität und Quantität der erbrachten sprachlichen Leistung ist die Vertrautheit von größerer Bedeutung. Wenn das Gedächtnis in Ordnung ist, werden bekannte Lied-/Texte mit signifikant höherer Wortproduktion wiedergegeben, die sich durch Singen noch steigert. Für das Wiederholen unbekannter Lied-/Texte zeigen sich für den gesungenen Zustand nur minimale Verbesserungen gegenüber dem normal gesprochenen (betrifft vorwiegend Broca-Aphasie) (vgl. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 351-353). Verknüpfung, Integration und gemeinsame Speicherung von Melodie und Text, die auch kurzfristig erfolgen kann, unterstützen den Abruf aus dem Gedächtnis und die Wiedergabe (s. Kapitel 5.1.3.2).

Eine mittels Singens verlangsamte Rate und Anbindung an eine zeitliche Struktur kann im Falle der unbekannten Texte ebenso hilfreich sein. Die als Erklärung für die Dissoziation beim singenden Aphasiker vorgeschlagene Beschränkung der Wortproduktion bzw. Artikulation während des Sprechens auf die linke Hemisphäre und des dafür beim Singen separat genutzten Weg über die rechte oder beide Seiten (unilaterale Verarbeitung von Sprache und bi-hemisphärisch von Musik, s. Kapitel 5.1.3.1 u. 5.1.3.2) wird hier ebenso deutlich. Eine Wiederholung funktioniert weiter nur bei unversehrter Informationsweiterleitung, d.h. wenn der bogenförmige Faszikulus oder Strukturen nicht beschädigt sind (vgl. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 354; Fritz et al., S. 452; Schlaug 2010, S. 336 u. 337; s. a. Kapitel 7.1).

Allerdings kommt beim Thema Vertrautheit noch ein weiterer Aspekt ins Spiel. Denn das Langzeitgedächtnis bewahrt auch motorische Automatismen auf. Das bedeutet, dass einerseits bekannte und eingelernte Lieder trotz der umfangreicheren kognitiv verknüpften Aktivierungen gewissermaßen automatisch wiedergegeben würden und andererseits, dass darüber hinaus die Musik(-melodie) zur Aktivierung der sprachlichen Artikulation nicht unbedingt nötig wäre. Bspw. können floskelhafte Sätze genauso produziert werden, da sie ebenfalls einem anderen Mechanismus als Spontansprache zugrunde liegen, der sich nochmals zusätzlich vom Singen unterscheidet und doch funktionelle Überlappungen aufweist. Automatisierte Ausdrücke liegen rechts lateralisiert vor (auch vermutlich aufgrund der Gestaltwahrnehmung) und bleiben von Schäden der sprachdominanten Hemisphäre verschont. Im Endeffekt wären nicht zwingend das Lied bzw. die Melodie, sondern Gedächtnis und Automatik relevante Faktoren im Fall des singenden Aphasikers. Die Aussagekräftigkeit bleibt bei Automatismen aus (trotz möglicher einhergehender semantischer Verarbeitung) (vgl. Janata & Parsons 2013, S. 323; Koelsch 2019, S. 243; Stahl et al. 2011, S. 3091 u. 3092). Aufgrund dessen erweisen sich Automatismen vermutlich auch für Wernicke-Aphasiker als hilfreich.

Die Ressourcen für das Sprechen formelhafter (Alltags-)Floskeln helfen womöglich noch vor gesungenen Liedern das Sprechen neuer Sätze wiederzuerlernen, da sie nicht an eine musikalische Melodie gebunden sind, einer Sprachintonation näherkommen und der Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses entsprechen. Ist jedoch dasselbe Sprachausgabesystem für gesungen und gesprochene Artikulation beschädigt, so dürfte unabhängig von der Vertrautheit eine Besserung oder Förderung von Sprache weder beim Singen noch bei Floskeln eintreten (vgl. Peretz et al. 2004, S. 379).

6.3 Einfluss der Therapiedauer auf erfolgreiche Ergebnisse

Die Therapiedauer hängt zunächst wiederum von mehreren individuellen Faktoren und überdies vom Fortschritt des Patienten ab. Wie sich bei einem gesunden Gehirn die Information umso fester in den Nervenbahnen niederschlägt je öfter sie über die Synapsen läuft und damit jederzeit wiederabrufbar ins Langzeitgedächtnis übergeht, profitiert auch ein geschädigtes Hirn von zahlreichen Wiederholungen, zeitintensiver Beschäftigung und Übung, in denen die intakten neuronalen Bereiche besser auf ausgleichende Aufgaben trainiert werden können. Eine längere, konsequente und regelmäßige Therapie mit selbständigem täglichem Hören oder Beschäftigen mit Musik wird schnellere und nachhaltigere Erfolge bringen als gelegentliches Training. Die in Kapitel 7.1 beschriebene Musikintonationstherapie (MIT) setzt dementsprechend außerhalb der persönlichen Übungszeit die Sitzungen an fünf Tagen pro Woche zu jeweils 1 ½ Stunden an (vgl. a. Schlaug 2010, S. 338). Wichtig ist, dass der Patient dadurch keinen Stress erfährt oder zu stark ermüdet, da sich dies negativ auf kognitive Leistung auswirken kann (s. a. Kapitel 6.5 u. 7.3).

6.4 Einfluss und Vorteil körperlicher Bewegung

Aufgrund des engen motorischen Zusammenhangs und selben körperlichen Regionen für sprechen und musizieren erscheint ein unterstützender Effekt durch Bewegung evident. Eine aktive Beteiligung an Übungen kann den Heilungsverlauf positiv beeinflussen und die häufige (einseitige) Nutzung der Hände (klopfen, tippen) begleitend zur Musik oder Sprachmelodie soll für Aphasiker (vorwiegend Broca) besonders hilfreich sein (vgl. Koelsch 2019, S. 235 u. 241). Aber auch Tanzen („Dance and Movement Therapy“, DMT) kann erfolgreich angewandt werden, indem dadurch „individuelle, körperliche, geistige sowie seelische und kommunikative Ressourcen“ aktiviert werden (vgl. Kreutz & Murcia 2015, S. 289). Die motorischen Fähigkeiten des Individuums sind dabei zu beachten.

Unter Verwendung verschiedener Instrumente kann die Grob- bzw. Feinmotorik trainiert und je nach Schädigungsgrad und Fähigkeit einzeln oder zusammen eingesetzt werden. Vom Patienten unterschiedlich gut erreichbare Schlagzeug-Pads, die beim darauf Klopfen mit der Hand Klaviertöne erzeugen (acht Pads, enthalten Töne einer Dur-Tonleiter), richten sich an große Bewegungsabläufe. Dasselbe Muster in Form von Tasten eines Klaviers unterstützt die kleinen Bewegungen. Der Fokus liegt anfangs auf der Betätigung der eingeschränkten, gelähmten Hand, damit die geschädigte Gehirnhälfte und die häufig darin liegende

Sprachregion stimuliert wird. Der Patient wiederholt (bzw. imitiert), was ihm vorgespielt wurde. Aus dem Spielen eines Tons sollen nach und nach einfache Musikstücke (Kinder- und Volkslieder) mit allen Pads/Tasten erzeugt werden können („Musikunterstütztes Training“, MUT; ähnlich RAS, s. Kapitel. 7.2). Diese Methode soll zu einer normalen Physiotherapie noch deutlichere Verbesserungen erzielen (vgl. Koelsch 2019, S. 252-254). Das Mitsingen zu den selbst gespielten Liedern würde für die Sprache einen zusätzlich positiven Effekt bringen.

Die natürliche Gestik zur Sprache kann mit den Betonungen einhergehen und damit sind diese Bewegungen an den Sprachrhythmus gebunden. Bewegung zur Musik steht in engem Zusammenhang mit der Rhythmik. Der Körper reagiert von Natur aus auf einen gewohnten, meist regelmäßigen Puls, weil einerseits bestimmte Hirnregionen des motorischen Schaltkreises stimuliert werden, die mit Wahrnehmung und Verarbeitung zeitlich strukturierter, vorhersehbarer Abfolgen von Ereignissen und infolge metrischer, grundschlagbasierter Muster sowie der daran angepassten Bewegungssteuerung (Kleinhirn, Basalganglien, verknüpft mit Motorkortex, prämotorisch und SMA) zusammenhängen. Andererseits wirken synchronisierte Handlungen zu einem Rhythmus zudem positiv erregend und aktivieren das Belohnungssystem, worin die Basalganglienstrukturen ebenso involviert sind. Außerdem wird in der Kopplung dieser Parameter ein Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus im sensorischen und somato-sensorischen Netzwerk aktiviert, wofür zudem der Thalamus wichtige Beiträge leistet (vgl. a. Kreutz & Murcia 2015, S. 288).

Da die Basalganglien Teil des Belohnungssystems sind und ebenfalls von guten Gefühlen angetrieben die Bewegungsinitiative ergreifen, ist die Reaktivierung geschädigte kortikaler Bereiche oder ein Stimulieren ausgleichender Areale für Sprache über diesen Weg vermutlich einfacher. Dieser belohnende Effekt intensiviert sich in sozialen Formationen durch die gemeinsame Bewegungssynchronisation, -kooperation wie -koordination bei rhythmusangepassten Handlungsausführungen oder dem gemeinsamen Musizieren (auch in der MUT), Singen und Tanzen. Ein entstehendes Zu(-sammen-)gehörigkeitsgefühl u.a. durch dieselbe Zielverfolgung trägt beim nach Geborgenheit und sozialer Integration strebenden Menschen zusätzlich zur Glückshormonausschüttung, was außerdem der evolutionär zentralen, sozial-emotionalen Funktion der Musik entspricht und eine Form der Kommunikation darstellt (vgl. Altenmüller & Bernatzky 2015, S. 232; Koelsch 2013a, S. 165-168). Daneben würde ebenso die Imitation ausgeschöpft werden.

Für Wernicke Aphasiker kann der Einsatz von Rhythmik nicht mit demselben Hintergrund genutzt werden. Die wirre Sprache kann rhythmisch höchstens verlangsamt und geordnet werden. Stattdessen können vielleicht bedeutungstragende (affektive) Körperbewegungen (Lächeln, wütender Ausdruck) den Sinn und damit die korrekte Wortauswahl sowie weiter vollständige Zustandsbeschreibungen bahnen. Die Brücke könnte weniger über bewegungsstimulierende Emotionen, sondern über die körpergefühlbezogene, emotions- und bedeutungsstimulierende Bewegung gebildet werden. Ein semantisch passender Klang oder eine Musiksequenz würde den Effekt verstärken (s. Kapitel 5.3.1.1).

An den Puls gekoppelte Handlungen können durch die zeitlich organisierte Vorhersehbarkeit und die erzeugten belohnenden Effekte vorangetrieben werden. Die vorgegebenen Muster des Rhythmus erleichtern die Strukturierung der Bewegung. Übertragen auf die Sprache könnte so die Artikulation organisiert und der Sprachfluss aufrechterhalten werden. Wenn die Sprache durch Bewegung nicht aktiviert werden kann, so besteht zumindest ein Einfluss auf motorische Besserung sowie ein allgemeines gesteigertes Wohlbefinden.

6.5 Einfluss und Vorteil von Emotionen und Erinnerungen

Jene durch Musik, aber besonders auch durch die synchronisierten Bewegungen zur Musik zuzüglich jener in Gruppen abgestimmten, ausgelösten positiven Gefühlsregungen reduzieren Stress, steigern die Motivation und erhöhen die Aufmerksamkeit. Diese Umstände sind besonders nützlich für eine plastische Umstrukturierung und Neuvernetzung im Gehirn sowie folglich die gesteigerte Gedächtnisleistung und Lernerfolge einer Therapie (vgl. Altenmüller & Bernatzky 2015, S. 222, 227 u. 234; Jäncke 2015, S. 63; Koelsch 2013a, S. 162-165, 2019, S. 237, 238, 253 u. 254). Dafür ist gewohntes oder persönlich präferiertes Musikmaterial am besten geeignet und bringt die meisten Erfolge, wie eine Studie von Särkämö (2008, S. 866–876) herausfand (vgl. a. Degé & Schwarzer 2015, S. 360 u. 361). Hierbei zeigten Schlaganfallpatienten beim Hören selbstgewählter Lieblingsmusik dazu eine Verbesserung des verbalen Gedächtnisses und der Sprachleistung. Die Kontrollgruppen hörten Audiobücher oder bekamen keine Stimulation. Passives Musikhören aktiviert den auditorischen Kortex und insbesondere Musik mit Gesang bzw. Text auch die perisylvische Region. Geschädigtes Gewebe im sprachspezifischen Areal scheint dabei reaktiviert zu werden (vgl. Koelsch 2019, S. 238 u. 239; Särkämö 2010, S. 2716-2727). Das Hören von präferierter (Instrumental-)Musik erhöht nämlich zudem die Aktivität im prämotorischen Kortex, da die Kraft der Emotion ähnlich wie bei rhythmusstimulierten Bewegungen (wie bspw. bei

Konzerten, Riten, Chor; verstärkt wiederum in Gruppendynamiken) unbewusst und automatisch zu innerlichem, subvokalem Mitsingen bewegt. Emotionale Prozesse aktivieren also den Wahrnehmungs-Handlungs-Zyklus (vgl. Koelsch 2013b, S. 189). Das bedeutet, eine emotional gesteuerte Absicht, sich zur Musik zu bewegen, zu singen oder zu sprechen, mit der Aktivierung zuständiger Bereiche, kann Blockaden bei Schlaganfallpatienten lösen, die Ausführung der tatsächlichen Aktion triggern und die Motivation auf weitere (Sprach-)Bewegungen steigern.

In diesem durch emotionale Reaktionen ausgelösten Kreislauf, der zuständige Bereiche für Aufmerksamkeit und Bewegungskontrolle (SMA, Kleinhirn) involviert, sind zugrunde liegenden Bewertungen entscheidend. Diese liegen im dorsomedialen Mittelhirn, rechten orbito-frontalen Kortex sowie bilateral in der Insula. Überdies ist eine bestimmte Struktur der Basalganglien – das linke ventrale Striatum – besonders für die positive Bewertung verantwortlich und reagiert auf Musik genauso wie auf Kokain, Heißhungerstillen mit Schokolade und Blickkontakt mit einer attraktiven Person (vgl. Koelsch 2013a, S. 163 u. 164; Spitzer 2002, S. 396). Konkret bedeutet dies, dass Frontallappenbereiche (inkl. vordere Insula) für die Bewertung bzw. Erkennung von (Un-)Regelmäßigkeiten zuständig und über Verbindungen zu subkortikalen emotionsverarbeitenden Strukturen (Basalganglien und Thalamuskern, vgl. Crosson et al. 2002, Vol. 1, S. 371) sowie dem übrigen limbischen System auch in emotionale Reaktionen und Ereignisse involviert sind. Das zeigt die Korrelation von deren erhöhten Aktivierung bei Erwartungsverletzungen (in Musiksyntax oder andere unangenehme auditive Reize) mit der emotionalen Reaktion, wobei es zu körperlichen Begleitreaktionen (Chills) kommt (Schnittstelle zwischen Kognition und Affekt) (vgl. Spitzer 2002, S. 209; Tillmann et al. 2006, S. 1779). Eine integrierte gleichzeitige Darstellung aller syntaktischer Merkmale (melodisch, harmonisch, rhythmisch) inkl. Spannungs- oder Erwartungsverletzungsauflösung auf Basis implizit erlerntem Wissen löst dementsprechend auch positive Empfindungen aus (vgl. Koelsch 2013a, S. 144 u. 145).

In Emotionen liegt auch ein Schlüssel zu Erinnerungen. Sie unterstützen und verstärken einerseits die Aufnahme von Inhalten ins Langzeitgedächtnis sowie erleichtern andererseits den Abruf. Dabei sind musikinduzierte Chill-Reaktionen besonders wirksam, da jene multimodal (auditiv, visuell, taktil, somatosensorisch, gustatorisch und enterozeptive) erzeugt und somit die verbundenen Ereignisse multimodal assoziiert werden können. Diese Vielschichtigkeit und Kopplung verschiedener (sensorischer) Bereiche in der Wahrnehmung bringt nicht nur der langzeitlichen Speicherung und der generellen Gedächtnisbildung Vorteile, sondern erhöht nebenbei deren musiktherapeutischen Wert (vgl. Altenmüller & Bernatzky

2015, S. 227, 231 u. 234; Koelsch 2019, S. 72). Besonders auch autobiographische Erinnerungen können durch Musikstücke und die damit verbundene, erlebte Emotion hervorgerufen werden und so für Entspannung sorgen, verknüpfte sprachliche Inhalte bzw. den Sprach- oder Erzählfluss aktivieren und dann wiederum die Heilung unterstützen (vgl. Koelsch 2019, S. 104-106). Hinter diesem Phänomen steckt gewissermaßen ein Priming-Effekt und eine auditiv-kognitive Kopplung (s. Kapitel 3.3.1). Ähnlich dessen können mit musikalischen Klängen oder Liedern verknüpfte Namen, Instrumentenbezeichnungen, oder anderen Metainformationen aktivieren und greifen so in das lexikal-semantische Gedächtnis ein (vgl. Janata & Parsons 2013, S. 324; Perry 2002, Vol. 3, S. 257; s. a. Kapitel 5.1.2.4).

Ein dopaminöses Lernsystem erweist sich wegen der Verbindung zu bewegungskontrollierenden Hirnregionen als hilfreich für den Sprach-Wieder-Erwerb. Gedächtnis und Erinnerung bieten im Falle des Schlaganfalls insofern Vorteile (sofern hier keine Beeinträchtigungen vorliegen), dass dieses sich nicht schleichend wie bei Demenz ausbreitet und verschlechtert. Wurde eine Schädigung gestoppt, kann sich die Person noch an Tätigkeiten oder Situationen erinnern und so bspw. Lieder konstant wiedergeben bzw. sich in weiteren Fähigkeiten verbessern, weil beim Schlaganfall auch eine Rückbildung noch möglich ist.

7 Bestehende Therapieansätze und weiterführende Gedanken

In der neurologischen Musiktherapie findet sich eine Vielzahl an verschiedenen methodischen Ansätzen, welche nicht nur bei Schlaganfallbedingten Sprach- und Sprechstörungen angewandt werden, sondern auch auf (schlaganfallbedingte) andere Beeinträchtigungen (Bewegungseinschränkungen, Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsstörungen) abzielen, indem durch sensorische Stimulation mittels Musik generelle motorische und kognitive Funktionen reguliert und angetrieben werden. Die multifunktionalen, multimodalen Systeme der Musikverarbeitung bieten den neurologischen Musiktherapien und (kognitiven) Rehabilitationen eine entscheidende Grundlage. Konform gehend mit der Argumentationslinie dieser Arbeit halten Hömberg & Thaut (2015, S. 140) fest: „Rhythmische, melodische und harmonische Elemente in der Musik stimulieren das motorische Nervensystem und strukturieren antizipierbare Zeitgerüste, die als sensorische Information in der Programmierung der motorischen Planung und Bewegungsausführung dysfunktionale neurologische Kontrollprozesse entscheidend unterstützen und verbessern können“. Ein Eingriff in die Kontrolle und Verarbeitung der nicht-musikalischen Prozesse (Sprache, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Exekutivfunktionen, Motorik) unterstützt (therapeutisches) Lernen, Verhalten und die Neuroplastizität sowie die allgemeine Gesundheitsprävention und Intervention (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 140 u. 142; Koelsch 2019, S. 25 u. 26).

Der förderliche Einfluss von Musik auf vor allem die sprachlichen Fähigkeiten sowie geschädigte oder nicht entwickelte Sprachzentren ist durch die Parallelen und Gemeinsamkeiten zwischen wesentlichen Verarbeitungs-, Wahrnehmungs- und Produktionsprozessen gegeben und erweist sich sogar effektiver als herkömmliche intensive Sprach- und Sprechtherapien (s.u.). Insbesondere die auditive Wahrnehmung und die Aufmerksamkeit mit der Arbeitsgedächtnisleistung sind für die Sprache von großer Bedeutung und können durch Musik – für die dasselbe gilt – besser trainiert werden.

Einige Elemente der musikfernen Methoden bleiben trotzdem erhalten, weil sie zusätzlich Erfolge bringen. Dies betrifft in erster Linie das Abhalten von Einzelsitzungen und die Intensität der Unterstützung durch den Therapeuten während der Behandlung (d.h. laufendes Feedback, Interaktion zwischen Patient und Therapeut, unisone sowie antiphone Wort- und Phrasenwiederholung) und die Verwendung von Bildern (vgl. Marchina, Norton & Schlaug 2008, S. 321). Zudem sollte das Gespräch immer aufrechterhalten und ggf. die Sprechrate mit begleitenden Bewegungen herabgesetzt werden, sodass eine Imitation der Mimik, Gestik und/oder Lautformung stattfinden kann.

Unter allen möglichen Behandlungsarten gibt es für Aphasie zwei gängigere Ansätze, die folgend hervorgehoben behandelt werden. Deren spezifische Merkmale erwiesen sich als entscheidend für eine Besserung der Sprachfähigkeiten (vgl. a. Marchina, Norton & Schlaug 2008, S. 315-323). Für welchen Aphasietyp die Anwendungen speziell sinnvoll sind, wird begleitend versucht zu eruieren.

7.1 Melodische Intonationstherapie (MIT)

Der Ansatzpunkt der MIT ist die zum Gegenstand vorliegender Arbeit stehende Dissoziation von Sprechen und Singen in der Wiedergabe von Liedern. Die Grundidee ist, dass durch gezieltes Training die Sprechfunktionen der geschädigten (linken) Seite in die intakte (rechte) Gehirnhälfte übertragen werden, d.h. dadurch ein Ersatznetzwerk für das Sprechen entsteht. Aufgrund dessen konzentriert sich die MIT vorrangig auf die nicht-dominante Gehirnhälfte (obwohl über den Einbezug beider Gehirnhälften während der Therapie diskutiert wird) und soll demnach das offenbar auf der homologen (rechten) Seite liegende sprachfähige Netzwerk aktivieren. Somit wird eine neuronale Reorganisation erzielt, um das normale Sprechen außerhalb des Gesangs zu erleichtern (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 147; Koelsch 2019, S. 244; Schlaug 2010, S. 339). Eine erfolgreiche Funktionsübernahme baut auf überlappenden Verarbeitungen und ähnlichen Berechnungen der unterschiedlichen Netzwerke auf, die in Kapitel 5.1.3.2 auch hinsichtlich SSM und SGSM beschrieben wurden (vgl. Patel 2013, S. 354 u. 355).

Der Schwerpunkt liegt auf dem Einsatz melodischer Muster und rhythmischen Klopfens oder Tippens mit der zur intakten (rechten) Gehirnhälfte kontra-lateralen Hand (üblicherweise die Linke). Die melodischen Muster bestehen aus zwei Tonhöhen und werden so auf prosodische Sprachmuster übertragen, dass daraus eine übertriebene Prosodie hervorgeht. Die beim natürlichen Sprechen betonten Silben sind mit dem jeweils höheren Ton versehen, die unbetonten mit dem tieferen (s. Abb. 9). Je intonierte Silbe erfolgt begleitend ein Klopfen/Tippen. Zunächst werden sehr einfache Wörter oder (alltägliche soziale) Phrasen verwendet. Die Anzahl der Silben und die Komplexität der Phrasen werden kontinuierlich bis zu vollständigen, längeren Sätzen gesteigert, damit der Patient nach Möglichkeit irgendwann zur Mitteilung seiner Grundbedürfnisse fähig ist (vgl. Marchina, Norton & Schlaug 2008, S. 316; Schlaug 2010, S. 337-339).

Der Eingriff der MIT in beide Hemisphären erklärt sich durch die geklopften Rhythmus-elemente. Doch wenn ein Beat eher die subkortikalen Strukturen anspricht, werden hier möglicherweise Schleifen aktiviert, die die linken kortikalen Regionen in Verbindung mit dem musikalischen Kontext reaktivieren.

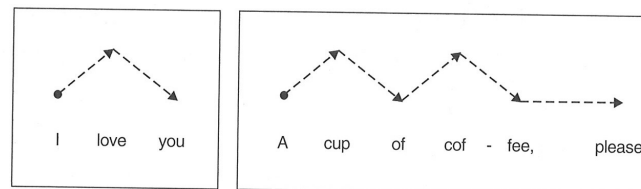


Abbildung 8: Übertragung gesprochener Phrasen in melodische Intonationsmuster (vgl. Marchina, Norton & Schlaug 2008, S. 316)

Im groben Ablauf ähnelt die Methode einer normalen Sprachwiederholungstherapie. Die MIT erlangt ihre höhere Effektivität und Nachhaltigkeit in der Besserung der Sprachfähigkeiten durch die zusätzlichen Grundmerkmale Melodie und Rhythmus. Der Therapeut kann in der Ausführung dem Patienten die Wörter oder Phrasen vor- oder mit ihm gemeinsam singen. Dazu wird die Vokalisierungsrate verlangsamt, wie dies auch allgemein beim Singen der Fall ist. Damit erhöht sich bei der Verarbeitung der musikalisch melodischen Intonation durch die Wahrnehmung diskreter Tonhöhen die Inanspruchnahme der rechten Gehirnhälfte (rechter Temporallappen), in welcher die Repräsentation von spektraler Information der zeitlichen (stärker linksseitig) gegenüber im Vordergrund steht. Die zusätzlich automatisch einhergehenden Silbenverlängerungen wirken sich ebenso positiv auf die Artikulation aus, indem auch einzelne wort- und phrasenbildende Phoneme leichter voneinander unterschieden werden können bzw. der Patient die Mundbewegungen ggf. besser imitieren kann. Des Weiteren unterstützt die melodisch intonierte Prosodie noch intensiver die Gruppierung von Wort- und Satzelementen, wodurch ebenso die rechte Gehirnhälfte beschäftigt wird. Hinsichtlich der Gruppierung würde auch das Klopfen/Tippen, wobei der Therapeut die Hand des Patienten führen kann, als Beat fungierend eine Hilfestellung leisten. Überdies sollen einer Untersuchung von Marchina, Norton & Schlaug (2008, S. 320 u. 321) nach die (links-händig) durchgeführten Klopfelemente während der melodischen Intonation den kontra-lateralen (rechten) prä- und sensomotorischen Kortex für Artikulation aktivieren und primen. Mit anderen Worten werden relevante Hirnareale für die Ton-Handlungs-Verknüpfungen aktiviert und das für die Steuerung der Hand- und Artikulationsmotorik gemeinsame neuronale Korrelat stimuliert. Die Sprachproduktion erleichtert sich also neben rhythmischer

Antizipation auch durch Priming- und Kopplungseffekte (auditorisch-motorisch), sowie jene beim normalen Sprechen zu Artikulationsbewegungen synchronisierte Hand-/Armgesten eine unterstützende Wirkung zeigen (vgl. Schlaug 2010, S. 341 u. 342; Marchina, Norton & Schlaug 2008, S. 320 u. 321; vgl. a. McIntosh, Thaut & Thaut 2014, S. 140-145).

Schlussendlich sollten die melodischen Phrasen insofern verinnerlicht werden, um sie zum leichteren spontanen Aussprechen von Wörtern und Sätzen zu verwenden. Der bereits bekannte Umstand der gemeinsamen Speicherung von Melodie und Worten, die den Abruf und die gesungene Wiedergabe von Texten fördert, wird bei der MIT aber bewusst vermieden (vgl. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 355).

Zusammengefasst sind Melodielinie, Rhythmus, Betonung und das gewisse entstehende Spannungs-Entspannungs-Muster wichtige Elemente in der MIT beim Übergang von der Liedintonation zur gesprochenen Prosodie. Die Melodie stellt, wie auch die Ergebnisse von Borchgrevink (1982, S. 155; s. Kapitel 5.1.3.1) befürworten, in der MIT ein essenzielles Element für das Finden funktionaler Kompensationswege dar. Doch der evolutionär motorische Zusammenhang (sequenzielle Bewegung, Werkzeugbau) bzw. die Nähe der neuronalen Bereiche für Hand und Mund verdeutlicht sich in diesem Ansatz, sodass die eigentliche Wirksamkeit der MIT möglicherweise stärker mit dem Einbezug körperlicher Bewegung zusammenhängt.

7.1.1 MIT- sinnvoll bei welcher Art der Aphasie?

Die MIT erleichtert, wie bereits offenkundig wurde, die Artikulation und Phrasenproduktion. Beobachtungen von zum gesungenen Artikulieren fähige Broca-Aphasie Patienten waren auch primär für die Entwicklung dieser Therapie ausschlaggebend, weshalb sie auf den besagten Typ abzielt. Für die Wernicke-Aphasie und andere Beeinträchtigungen des Temporallappens eignet sich die MIT nicht, da u.a. ein gutes Hörverständnis vorauszusetzen ist und hier der Sprachproduktion üblicherweise kein unterstützender Einsatz gegeben werden muss (vgl. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 355; McIntosh, Thaut & Thaut 2014, S. 140; Schlaug 2010, S. 337). Jedoch kann mit MIT der Fasertrakt zwischen Broca- und Wernicke-Homolog gestärkt werden und ebenso zu einer Reorganisation beider Bereiche beitragen. Da diese Verbindungsstelle jedoch bei Musikern ausgeprägter ist, bestehen diesbezüglich vermutlich Vorteile auf eine Heilung (vgl. Koelsch 2019, S. 245).

Aufgrund der gezielten Stimulation der sprachfähigen rechten Hirnregionen soll sie besonders wirkungsvoll bei schweren, großen Läsionen der linken Hemisphäre sein (vgl. Marchina, Norton & Schlaug 2008, S. 315), die wie erwähnt womöglich vollständiger durch die homologen Sprachbereiche ausgeglichen werden können. Das bedeutet aber auch, dass bei leichteren Schäden die bi-hemisphärische Aktivierung in Einbezug rhythmischer und melodischer Komponenten ausgewogener und die zielgerichtete Stimulierung der rechten Gehirnhälfte nicht gleichwirksam möglich ist. Ein gewünschter Effekt könnte ausbleiben oder aber sogar zu unerwarteten Verbesserungschancen leiten. Außerdem sollen Frauen, da sie eine hemisphärisch ausgeglichene Repräsentation der Sprachfunktionen und starke rechtsseitige sprachunterstützende Ressourcen besitzen, bessere Erholungschancen von einer Aphasie mittels MIT haben (vgl. Koelsch 2019, S. 244).

Beim Vorliegen einer Leitungsaphasie oder Störungen des Kurzzeitgedächtnisses könnten im Wiederholen bzw. Nachsingen Probleme auftreten. Im Falle von Gedächtnisschwächen würden Besserungen vermutlich trotzdem durch die Priming-Effekte erreicht werden. Die Rhythmik und auch die gewisse auditorische (musikalische) Prägung auf die verdeutlichten Tonhöhenbewegungen der dargebotenen Worte/Phrasen (Spannung–Entspannung) erfüllen bestenfalls die im Langzeitgedächtnis gespeicherte Erwartung und lösen Reaktionen aus.

Bei allgemein gestörter Kognition ist der alleinige Einsatz von MIT ungeeignet. Stattdessen oder zusätzlich kann eine andere Methode – die MUSTIM (Musical Speech Stimulation) – zum Einsatz kommen, in der wie in der MIT versucht wird, die Sprachproduktion automatisiert voranzutreiben bzw. mit musikalischem Material prosodische Sprachgesten zu stimulieren und automatische Sprache zu triggern. Diese Methode bietet sich allerdings als Anschluss an eine MIT-Behandlung an, wenn der propositionale Gehalt eines Satzes im spontanen Ausdruck bereits erhöht werden konnte. Die MUSTIM stellt sodann eine kompensatorische Strategie für Stimulation der Initiation von spontanen funktionalen Wort- und Phrasenäußerungen dar (vgl. Thaut 2014, S. 146-149).

Kritikpunkt der MIT sei einerseits, dass sprachverbessernde Effekte nur bei Wiederholung bzw. eingelernten Phrasen messbar wären. Andererseits können Wörter scheinbar schon bei einfachen Konturverläufen zu sehr an eine Melodie gebunden werden, weshalb sie als eingeschränkte Methode zur Wiederherstellung von Sprache für alltägliche Konversation angesehen wird (vgl. Aarli, Einbu & Skeie 2010, S. 348). Liegen außerdem Schäden in der rechten Hemisphäre und entscheidenden Regionen vor, führen solche ggf. zu Schwierigkeiten in der Melodie-/Konturverarbeitung und der Effekt der MIT bezogen auf die melodischen Faktoren kann gestört werden.

7.2 Rhythmustherapie

Die MIT beinhaltet im Hintergrund bereits jenes relevante Element, welches die enge Vernetzung von Akustik und Motorik hervorhebt: die Rhythmik. Sie bildet als Zeitgeber eine stabile, antizipierbare Zeitstrecke ab. Bewegungen können unmittelbar (zeitlich präzise und stabil) und einfacher an einen Grundschatz bzw. an periodisch rhythmische Muster, als an eine Tonhöhenabfolge angepasst und synchronisiert werden. Auch die Bewegungskontrolle sowie -koordination erleichtern sich bzw. werden durch die primende Funktion stimuliert. Das bedeutet, ein Hörer kann besser auf sich wiederholenden und die erwartungserfüllenden rhythmischen Muster reagieren. Die Bewegungsregulation passiert auch unbewusst. „Das Gehirn kann dadurch Kontrollvariablen für Bewegung (Position, Geschwindigkeit oder Beschleunigung) optimiert in einen kontinuierlichen Feedback-Feedforward-Prozess programmieren und implementieren. Der rhythmische Rahmen verbessert temporäre Stabilität und Variabilität, wie auch räumliche und dynamische Bewegungskontrolle.“ (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 141).

Demnach erweist sich die Rhythmik als allgemein nützlich für die Motorik des gesamten Körpers und bildet den Kern motorischer Therapien, wie bspw. die rhythmisch-akustische Stimulation („RAS“; Therapie u.a. bei Schlaganfallhemiparesen, Parkinson und Multiple Sklerose, für Gangtraining, Hand-/Arm- sowie Koordinationsfunktionen des gesamten Körpers) (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 141; Koelsch 2019, S. 248-251; Rice & Thaut 2014, S. 94-105). Überdies werden durch rhythmisch synchronisierte Bewegungen die Belohnungszentren angesprochen. Diese Wirkung und der positive Lerneffekt verstärken sich noch, wenn eine gemeinsame Koordination der Bewegungen in einer Gruppe stattfindet.

Eine Regulierung des gestörten Sprachflusses kann bspw. durch die Anwendung von RSC („Rhythmic Speech Cuing“) erreicht werden. Dazu wird zu einer auditorischen Stimulation (Metronom, rhythmische Muster; ähnlich MIT), die der Produktion einen Einsatz gibt, gesprochen. Auf einem (Metronom-)Schlag erfolgt eine Silbe oder ein ganzes Wort oder der Patient reproduziert einen vorstrukturierten rhythmischen Satz anhand von Mustern zu einem gegebenen Tempo (vgl. Reim, Lied). Silben und Pausen haben unterschiedliche Längen (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 147; Mainka & Mallen 2014, 150-160).

In der Studie von Stahl et al. (2011) wurde weiter primär der Rhythmus für den positiven Effekt auf die Sprachproduktion verantwortlich gemacht – nicht Melodie, Frequenzänderungen und Tonhöhengenaugkeit. Die Ergebnisse zeigten keinen Zusammenhang zwischen Tonhöhengenaugkeit und Artikulationsqualität (vgl. Stahl et al. 2011, S. 3089 u. 3090).

Auch gab es keine Vorteile für Musiker ggü. Nicht-Musikern. Da ebenso gesungen oder gesprochene Texte Gleichgültigkeit ergaben, wird der alleinige Einfluss des Singens stark angezweifelt. Insgesamt stellten Stahl et al. die Grundidee hinter MIT und inwieweit der melodische Aspekt überhaupt hilfreich ist in Frage, eben auch wegen der involvierten und als zielführend betrachteten rhythmischen Elemente neben den trotzdem in den Vordergrund gestellten melodischen Anteilen. In der MIT soll das Handklopfen und die getakteten Silben ausschlaggebendere Hilfsleistungen für Sprachstörungen bieten. Hinsichtlich Erinnerung und Vertrautheit schnitt die Rhythmik auch besser ab als die Melodie, wodurch dem Rhythmus eine wesentliche Rolle für die Wiedergabe von Liedtexten zugeschrieben wird (vgl. Stahl et al. 2011, S. 3091).

Da in Liedern Melodie und Rhythmus genauso aneinandergebunden sind, wie jeweils mit dem Text, und alle einen Wiedererkennungswert füreinander in sich tragen, gehört der Rhythmus genauso zum Liedgedächtnis. Die Trennung und isolierte Beobachtung von bereits integrierten Darstellungen bekannter Lieder ist dafür praktisch unmöglich. Grundsätzlich sorgen nichtdestotrotz die charakteristischen Intervallabstände einer Melodiekontur im Normalfall selbst auch in Abwesenheit des zugehörigen Textes stärker für eine Erkennung des Liedes, wie es von der bloßen Rhythmik seltener behauptet werden kann. Der Unterschied in einem eventuell besseren Abrufen und Wiedergeben mittels Rhythmus könnte in der zusätzlich zeitlichen Vorgabe für Silben und Wörter liegen (vgl. a. Aldridge & Aldridge 2008, S. 23-30). Dazu kommt die Aktivierung der motorischen Bereiche mit der typischen Bewegungsinitiierung. Außerdem können mögliche Defizite melodischer Verarbeitungsfähigkeiten hier die für den Rhythmus separate Route hervorheben. Auf die Erkenntnisse von Aarli, Einbu & Skeie (2010, s. Kapitel 6.2) übertragen, sind Verbesserungen der Produktion in gesungenem Zustand ggü. dem normalen Rezitieren von bekannten wie auch nach mehrmaligem Wiederholen von unbekannten Liedtexten wiederum auf den Einfluss der integrierten Rhythmik zurückführbar. Sowohl von rhythmischen als auch melodischen Komponenten bekannter Lieder kann eine Förderung der Sprache zu erwarten sein. Wann welcher Aspekt tatsächlich für eine erhöhte Wortproduktion überwiegt, hängt mit den neuronalen Beeinträchtigungen und Fähigkeiten eines Individuums zusammen.

Die Gleichgültigkeit von gesungen und gesprochen tritt auch jedenfalls bei Automatismen (Zählungen, Reime, Liedtexte, Floskeln) ein (s. Kapitel 6.2). Dies betrifft ebenso die alltäglichen Floskeln, die anfangs in der MIT verwendet werden. Laut Stahl et al. (2011, S. 3092) können jene langfristig verankerten Phrasen im Sinne der erhaltenen motorischen Automatik als eine sehr wertvolle Ressource für die Sprachtherapie betrachtet werden.

7.2.1 Rhythmus – sinnvoll bei welcher Art der Aphasie?

Insbesondere sollen basierend auf den Ergebnissen von Stahl et al. (2011, S. 3090) Patienten mit Läsionen in den Basalganglien von der Rhythmik profitieren. Da diese Versuche aber auch ein Augenmerk auf automatisierte Floskeln legen, welche zu bereits gut eingelernten Gedächtnisinhalten zählen, und Basalganglien nur beim Erwerb von Neuem aktiv sind, würde eine dortige Läsion ohnehin keine negativen Auswirkungen zeigen und damit ist dieser Schluss nicht sehr eindeutig.

Für sprachliche Leistungen wären rhythmische Elemente dennoch für sämtliche motorische Produktionsbeeinträchtigungen sinnvoller. Periodische, beatbasierte Rhythmik schafft u.a. durch die Vorgabe zeitlicher Strukturen allgemein eine direkte Verbindung und Erleichterung von Bewegungen. Die darauf aufbauende RAS, wobei Patienten ihre motorischen Funktionen durch im Takt der ausgewählten Hintergrundmusik auszuführenden Bewegungen wiedererlangen sollen (vgl. a. Koelsch 2019, S. 254), zielt zwar nicht auf die Sprache ab, aber das dahintersteckende Prinzip könnte auch die Artikulationsmotorik steuern und vorantreiben. Statt rhythmischer Musik zu der gut gegangen oder getanzt werden kann, würde rhythmische Musik zu der gut gesprochen werden kann zum Einsatz kommen. Dieses Muster müsste aber auf unbekannte Lieder übertragen werden, da hierfür noch keine Verknüpfung von Text mit einer Melodie besteht, die beim Unterlegen mit neuem Text eher Nachteile bringt (s. Kapitel 5.1.3.2). Ansonsten ähnelt das Konzept wiederum RSC. Dabei fällt in erster Linie die Konzentration auf strukturierte Sprache wie Reime und kürzere Phrasen, wie Alltagsfloskeln. Selbst wenn die unterstützende Verwendung von rhythmischen Percussion-Beats in der Sprachtherapie womöglich ebenso die Alltagstauglichkeit herabsetzt (vgl. a. Stahl et al. 2011, S. 3091), kann genauso wie in der RAS nach Tempoanpassungen schließlich ein vollständiges Ausblenden der Musik bzw. des Rhythmus erfolgen (vgl. a. Koelsch 2019, S. 248) und von einer floskelhaften Sprache losgelöst werden. Die regelmäßigen Beats sollen zunächst den Einsatz der Worte von bekannten Texten und mithilfe des doppelten Priming-Effekts die rhythmische und semantischen Vorhersage triggern. Wesentliche Voraussetzungen sind ein einigermaßen erhaltenes Verständnis für Sprache und intakte Gedächtnisleistungen.

Rhythmustherapien sind für Nicht-Musiker genauso geeignet. Wichtig ist nur, dass auch hier die Musik/der Rhythmus den Patienten persönlich ansprechen und sich dieser gern dazu bewegt. D.h. die Auswahl fällt auf ein bekanntes Stück oder ein bevorzugtes Musikgenre. Wie auch andere Therapieformen ist diese mit großem Aufwand und individueller Abstimmung verbunden.

7.3 Einsatz von Musik in der Aphasie Therapie – der ideale Ansatz?

In diesem abschließenden Kapitel sollen die bisherigen wesentlichen Kernpunkte und -überlegungen des Themas gesammelt und ergänzend dazu einige weitere Therapieansätze angeführt werden. Die in der Überschrift enthaltene Frage erscheint in dieser komplexen, von Individualitäten, Vielfältigkeit und Vermischungen strotzenden Thematik nur allzu berechtigt. Die folgenden Erläuterungen können vorweggenommen keinen einzig wahren idealen Ansatz hervorbringen, sondern lediglich auf einzelne Ideale für jede Art der Störungsbehebung hinführen. Interventive Allgemeingültigkeiten sind betreffend den menschlichen Organismus ohnedies, wie speziell an dieser Stelle, fehl am Platz. Spezifische Therapien für spezifische Aphasietypen existieren so gut wie nicht.

Eine Behandlung richtet sich immer nach den Defiziten und Fähigkeiten des Patienten und wird nach der akuten Schlaganfallphase darauf zugeschnitten. An einer Bestimmung der neurophysiologischen Ursache und Analyse der individuellen Sprachleistungen – d.h. inwieweit linguistische Defizite (z. B. phonologisch, semantisch) oder sprachassoziierte kognitive Beeinträchtigungen (z. B. Gedächtnisleistung) für die Störung verantwortlich sind und welche Funktionen (sprachlich, kognitiv) einer Behandlung bedürfen – führt kein Weg vorbei. Die Klassifikation in die verschiedenen Aphasietypen fungiert dabei nur als Leitlinie (vgl. Abel & Lange 2014, S. 89; Goldenberg 2007, S. 88). Genauso bieten die existierenden Therapieansätze und -methoden mehr oder weniger eine Orientierung aller Möglichkeiten, die im Normalfall kombiniert werden müssen. Schon die gängigsten oben beschriebenen Therapien beinhalten in ihrer Essenz mehrere geteilte relevante Faktoren und sind daraufhin schwer auseinanderzuhalten. Aus den Gründen der Vielfalt sind Wirksamkeiten von Therapien überdies nicht klar nachweis- und bestimmbar und richten sich eher nach den verbesserten Fähigkeiten untrainierter Sprachstrukturen (vgl. Schlaug 2010, S. 336 u. 337).

Zudem ist beim Einsatz von Musik zu beachten, dass zusätzliche Störungen musikalischer Fähigkeiten auftreten können, die auch bezüglich ihrer ausgeprägteren Variabilität in den Repräsentationen aufgrund der unterschiedlichen Vorbildung für noch höhere Diffusität sorgen (vgl. Spitzer 2002, S. 197 u. 198). Denn Aphasie wird häufig von Amusie (selektive Beeinträchtigung der Musikfähigkeiten) begleitet, was u.a. die Unabhängigkeit von Tonhöhengenaugigkeit und Artikulationsqualität (s. Kapitel 7.2) und eine fehlende Tonhöhenwahrnehmung bei der sonst einwandfreien Wiedergabe bekannter Liedtexte erklären könnte (vgl. a. Fritz et al. 2013, S. 447 u. 448). Die Vorteile des Singens einer Melodie müssten auch aus dieser Perspektive dem rhythmischen Sprechen eventuell nachgereicht werden.

Eine multimodale Stimulation durch die Zusammensetzung mehrerer Methoden und die Aktivierung verschiedener Kopplungen innerhalb der Behandlung kann grundsätzlich in vielerlei Hinsicht aussichtsreich sein und für schnellere Lernerfolge sorgen. Dabei kann aus Melodie, Rhythmus, (synchronisierter) Bewegung, Bekanntheitsgrad, emotionalen Faktoren, Motivationssteigerung, Aktivierung der Belohnungszentren (bspw. auch durch persönliche Erfolgserlebnisse während der Behandlung) sowie Gruppentherapie bzgl. positiver Effekte sozialer Umgebung mit Zusammengehörigkeitsgefühl, Koordination und Synchronisation von gemeinsamen Bewegungen ausgeschöpft werden. Am besten sorgen vor allem Bewegung und positive Empfindungen für nachhaltige und schnelle Therapieerfolge (vgl. a. Koelsch 2019, S. 234 u. 235). Der eigene Wille und die Präferenzen des Patienten sind jederzeit zu berücksichtigen. In puncto emotionaler Stimulation ist ebenso die Vermeidung negativer Gefühle oder Stress wichtig, weil dadurch eher Blockaden ausgelöst werden können (vgl. Koelsch 2019, S. 239). Dies ist wichtig vor Beginn der Therapie herauszufinden und abzuklären, um ein Kennenlernen und Fortfahren der Methoden vorbereiten zu können. Themen und Situationen des eigenen Lebens sind oft besonders tiefgreifend emotionsaufgeladen. In den Therapiegesprächen kann mit dem Erfragen positiver autobiographische Erlebnisse aus der Kindheit oder dem Leben vor dem Schlaganfall sowie von Vorlieben der Person eine Welle der Erinnerung ausgelöst werden. Das Vorspielen bestimmter Musik oder der Einsatz von Instrumenten (vielleicht jene, die die Person einst selbst gespielt hat) verstärkt dies zusätzlich. So könnten über die Verbindung zur Gefühlsebene und den Emotionen, die die bessere Aufnahme eines Inhalts in das Langzeitgedächtnis und einen leichteren Abruf ermöglichen, emotionale Erinnerungen mitsamt gekoppelter Sprache aktiviert werden. Obwohl damit „nur“ tief verankerter Inhalt abgerufen wird, ist eine die Motivationssteigerung auf weitere sprachliche Äußerungen nicht auszuschließen. Zwei Therapiemethoden (vgl. Tab. 4) wären hier einsetzbar:

Tabelle 3: Therapieansätze zur Erinnerungsrehabilitation

MMT („Musical Mnemonics Training“)	Erinnerungsrehabilitation; Unterstützung Informationsabruf und lernen durch Musik, wobei Emotionen eine große Rolle spielen (vgl. Gardiner & Thaut 2014, S. 294-310).
AMMT („Associative Mood and Memory Training“)	kognitive Rehabilitation; für Gedächtnisstörungen, Abruf von Langzeiterinnerungen; dreigliedrige Erhöhung von Erinnerungsprozessen, Gedächtnisfunktionen und Lernen durch Musik – Stimmungserzeugung zum leichteren Wiederabruf, Aktivierung verbundener Erinnerungs- und Stimmungsnetzwerke für Abruf von Langzeiterinnerungen und Erzeugung positiver Stimmung für Codierung und Wiederabruf; Verbindung emotionaler Situation (z.B. Liebe) mit (zeitlich) passenden Songs zum Wachrufen der Erinnerung durch die erzeugte Stimmung (vgl. l'Etoile 2014, S. 314-330).

Mitunter können die in der Therapie berücksichtigt und verwendeten musikalischen Strukturen an das kulturell musikalische Umfeld des Patienten, um den Bekanntheitsgrad zu erhöhen und ggf. die auf Prägung basierten Inhalte des Langzeitgedächtnisses zu aktivieren. Möglicherweise kann dazu über die spezifische Prosodie der Sprache und die damit einhergehende Emotion eine Annäherung an Wörter und Ausdrücke geschehen.

Multimodale Aktivierungen anhand visueller Stimuli durch Bilder unterstützen neben der normalen Sprachtherapie auch in der Musiktherapie die Wortfindung (vgl. Schlaug 2010, S. 338). Besonders Wernicke-Aphasie-Patienten könnten davon profitieren, wenn Bilder als Anhaltspunkte für Bedeutungsennungen oder -zuweisungen benutzt werden. Eine Mitschrift durch den Therapeuten während des Gesprächs liefert ebenso visuell stimulierte Kopplungen. Im Sinne des in Kapitel 5.3.1.1 beschriebenen Ansatzes von Koelsch zum Priming von begrifflicher Semantik durch Musik (oder umgekehrt) könnte dieser hier auch mit Bildern ergänzt durchgeführt werden.

Für jeden Aphasietyp ist die Aufrechterhaltung des Gesprächs wichtig. Außerdem sind stetige Wiederholungen für die Bildung und Festigung neuer Nervenbahnen sinnvoll. Die Repetition könnte aber auch auf eine andere Weise Vorteile auf die Sprachfähigkeiten bringen, nämlich wenn die Wahrnehmung durch bestimmte Methoden in die Irre geführt wird. Bereits feinste Unterschiede der akustischen Merkmale in Musik und Sprache rufen verschiedene Aktivierungsmuster hervor. Dies kann durch Manipulation von Stimulus- oder Aufgabenparameter umgangen werden, indem eine „Verwandlung“ musikalische Klänge in Sprachlaute stattfindet (z.B. Morphing-Technik in Kombination mit Anpassungsparadigmen) (vgl. Petretz 2015, S. 4 u. 6).

Eine Anpassungsstrategie ist die Liedillusion, bei der die Wahrnehmung einer sprachlich klingenden Phrase durch Wiederholungen so manipuliert, dass sie schließlich als gesungen interpretiert wird (vgl. Deutsch et al. 2011, S. 2245-2252). Dadurch ändert sich die Anforderung und so könnten Konzepte in der Musikdomäne aktiviert werden, sodass die Bedeutung verstanden oder die Produktion erleichtert wird. Da nämlich Wiederholung bzw. Periodizität eigentlich ein charakteristisches Merkmal von Musik darstellt, bleiben in diesem Fall die zugrundeliegenden Neuronen für die Musikwahrnehmung stabil und jene für Sprache passen sich an (vgl. a. Peretz 2015, S. 5).

Mit übertriebener Prosodie und diskreten Tonhöhenverläufen, klänge Sprache ebenso mehr nach einem Lied und würde eine ähnliche Illusion schaffen. Wenn Stotterern bereits das willkürliche, improvisatorische Vertonen ohne bestimmte Melodie eine Hilfestellung für ihr Gesprochenes darstellt, wäre zu prüfen, ob dies auf den einen oder anderen Schlaganfallpatienten auch zutrifft. Zumindest bekäme der Gesang dadurch einen kommunikativeren Wert, wenn „frei“ gesungen und spontan artikuliert werden kann. Eine solche Situation käme einer Improvisation im Jazz nahe (vgl. Aldridge & Aldridge 2008, S. 42-49).

Sofern die Gedächtnisleistungen und die Erinnerung nicht von einer Schädigung beeinflusst sind, funktioniert die Sprachwiedergabe mittels bereits gelernter, zeitlich abgespeicherter Inhalte besser. Die gemeinsame Speicherung von Text und Melodie erweisen sich dafür als günstig. Ob sich in einer Behandlung der Priming-Effekt mit Erwartungserfüllung/-verletzung bzw. der Vorhersagbarkeit zunutze gemacht und mit neuen Melodie- und Rhythmusphrasen bzw. -mustern gearbeitet werden kann, hängt von der Stärke der Integrität involvierter Komponenten und vom Aphasietyp ab. Das melodisch-rhythmische Gerüst von Floskeln kann am einfachsten mit anderen, neuen Wörtern verbunden werden. Sobald daraus Automatismen entstehen, passiert kein aktiver Abruf einer bestimmten Wortbedeutung und dem Artikulationsplan mehr und die Konzentration liegt wiederum auf dem klanglichen/rhythmischen Gerüst.

In interventiv oder präventiven Therapieformen mit Musik zur Verbesserung der Sprachfähigkeiten wäre nach einigen in dieser Arbeit angeführten Argumenten für motorische Ähnlichkeit und Stimulation egal, ob der Fokus auf Gesang, Tanz, Musikhören oder aktives Musizieren gelegt wird. Das Singen hat nur durch dieselbe artikulatorische Mundmotorik mehr mit dem Sprechen gemeinsam, wodurch sich gleiche Regionen direkter (re-)aktivieren lassen. Ein erweiterter Ansatz der OPERA Hypothese nimmt dennoch speziell die mögliche Auswirkung von instrumentaler Musik auf die Sprachfähigkeiten in Beobachtung (vgl. Patel 2014, S. 98-108). Damit wäre der (positive) Einfluss von Wort-Melodie-Rhythmus-

Verknüpfungen in Liedern ausgeklammert. Dies wirft einen interessanten Aspekt auf, ob Schlaganfallpatienten durch Musizieren ebenso wieder zu Sprache gelangen können. Der Weg verlaufe vermutlich in erster Linie wiederum über Emotionen und die mit Erinnerung gekoppelte Aktivierung von Sprache. Ob es sich dabei um eine effizientere Methode als durch Singen mit Worten handelt, bleibt ebenso offen.

Für die Stimulation beider Gehirnhälften mittels Bewegung könnte gekoppelt mit der MIT die „Constraint Induced Movement Therapy“ (CIMT) angewendet werden. In umgekehrter Weise zur MIT wird die eingeschränkte Hand zur Durchführung von Handlungen gezwungen, damit nicht noch mehr Funktionen der schon geschädigten Hirnhälfte durch Nicht-Gebrauch verloren gehen (vgl. Massie 2014, S. 47-51).

Weitere neurologische, auf den allgemeinen Bewegungsapparat abzielende Musiktherapieansätze sind PSE („Patterned Sensory Enhancement“, musikalische Signale bezogen auf räumliche Kontrolle (verschiedenen Tonhöhen) und Muskelkraftkontrolle (Klangfarbe, -dichte, Lautstärke)) und TIMP („Therapeutic Instrumental Music Playing“, Feedback durch Klangerzeugung beim Musikspielen oder räumliche Bewegungsleitung auf Musikinstrumente bei funktionellem Bewegungstraining). Zusammen mit RAS gehören diese zum Standardrepertoire. Sie sollen einen breiten patientenorientierten interdisziplinären Ansatz ermöglichen (vgl. Hömberg & Thaut 2014 u. 2015, S. 142). Abschließend sind in Tabelle 5 weitere Therapieansätze, die zur Behandlung von aphasischen Störungen eingesetzt werden können, mit ihren Kernmerkmalen angeführt.

Tabelle 4: weitere Therapieansätze

VIT („Vocal Intonation Therapy“)	für Stimmerkrankungen oder Störungen der Stimme; Stimm- und Muskelkontrollverbesserungen für Atmung bezüglich Tonhöhe, Lautstärke, Stimmklang, Stimmansatz; durch vokalbasierte Übungen (entspr. stimmbildender Aufwärmübungen) (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 147; Thaut 2014, S. 179-184).
OMREX („Oral Motor and Respiratory Exercises“)	oral-motorischen Kontrollverbesserung (Artikulation, Atmung und Sprechapparatfunktion); durch Soundvokalisation und Spielen von Blasinstrumenten (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 147; Mertel 2014, S. 161-178).
TS („Therapeutic Singing“)	für Sprech-, Sprach- und Atmungskontrolle, Sprachrhythmik und Prosodie; „follow-up Übung“ OMREX und VIT; allgemeiner Gebrauch singender Aktivitäten; Konzentration auf das Singen eines Liedes; breiteres Anwendungsgebiet → auch bei nicht mobilen Patienten zur körperliche Kraft- und Ausdauerübungen eingesetzt (vgl. Hömberg & Thaut 2015, S. 148; Johnson 2014, S. 185-195).
APT („Auditory Perception Training“)	zur Entwicklung und zum Wiedererlangen von Sprache; Schärfung kognitiver Funktionen; Fokus auf auditorische Wahrnehmung und sensorische Integration,

	um das für Sprache/Sprechen wichtige auditorische Unterscheidungsvermögen zu trainieren; musikalische Übungen zur Identifizierung und Unterscheidung von Soundkomponenten wie Zeit, Tempo, Dauer, rhythmische Muster und Sprache; Integration sensorischer Modalitäten (visual, taktil, kinesthetisch) und Spielen von symbolischer oder graphischer Notation in Verwendung taktiler Soundübertragung oder dem Einbezug von Bewegung und Musik (vgl. Mertel 2014, S. 227-256).
MACT („Musical Attention Control Training“)	Verbesserung der Aufmerksamkeitsfunktionen zur Konzentrationsaufrechterhaltung; zur Lenkung des Fokus auf eine Aufgabe oder der Verlagerung zwischen Aufgaben (vgl. Gardiner & Thaut 2014, S. 257-269).
MEFT („Musical executive function training“)	Ansteuern und Trainieren von Exekutivprozessen durch strukturierte Improvisations-, elementare Kompositions- und musikalische Lernübungen (Problemlösen, Organisieren, Entscheidungstreffen, Begründen und Verstehen) (vgl. Gardiner & Thaut 2014, S. 279-293; Hömberg & Thaut 2015, S. 146).
DSLML („Developmental Speech and Language Training in Music“) – ganzheitlich, Musik als „Sprache“	für frühkindliche Schäden, Früherziehung oder entwicklungsbedingte Störungen üblich; Förderung Sprachkonzepte, Lernen und Sprechinisation durch Bewegung, Singen, Instrumentalspiel etc.; möglich als Therapie bei beeinträchtigter Sprachinitiation von Broca? (vgl. LaGasse 2014, S. 196-216)
SYCOM („Symbolic Communication Training in Music“) – ganzheitlich, Musik als „Sprache“	für Komplettverlust expressiver Sprache, dysfunktionale Sprache oder fehlender Entwicklung funktionaler Sprache; Training Kommunikationsverhalten, Sprachpragmatik und Sprachgesten oder emotionalem Ausdruck durch non-verbales Sprachsystem mit strukturierten musikalischen Improvisationsübungen; Stimulation von Kommunikationsstrukturen und sozialer Interaktionsmuster; Musik als einzige alternative Kommunikationsform zur analogen Übersetzung verbalsprachlicher Kommunikationsgesten; musikalische Interaktion mittels Schlagwerk: einfache, nonverbale Kommunikationsgesten und -strukturen (Frage/Antwort, Zustimmung/Ablehnung, Wiederholen/Verändern) (vgl. Thaut 2014, S. 217-220); inwieweit könnte die verwendete Symbolik Wernicke-Aphasie unterstützen?

8 Conclusio

Die Ähnlichkeiten von Musik und Sprache gehen aus ihren beinahe banal erscheinenden (akustischen) Grundeigenschaften hervor, die sich vor allem für die Überschneidungen in der Verarbeitung als entscheidend erweisen. Insgesamt ergeben sich aus den hauptsächlich rekrutierten Regionen zwei domänenspezifische Netzwerke, sodass die perisylvische Region auf der einen Seite den Kern in der Sprachverarbeitung bildet und ihr Homolog das Zentrum der Musikverarbeitung darstellt. Die Verbindungsstellen zwischen den Regionen – oberer Temporal- und unterer Frontallappen – auf jeder Seite sind jeweils für das Funktionieren der beiden Fähigkeiten notwendig. Musik ist hingegen zusätzlich durch viele Kopplungen im Gehirn verteilter repräsentiert. Sie aktiviert auditorisch, motorisch, kognitiv und emotionale Ebenen und fördert daher die akustische Wahrnehmung, Sensomotorik, Aufmerksamkeit, Gedächtnisleistung, Emotion(-sregulation), aber auch kommunikative Fähigkeiten und die sprachliche Entwicklung, was sich positiv in Therapien erweist.

Die kortikal unterschiedlichen, eigenständigen Netzwerke können, wie in einem Kontinuum vorliegend, ineinander eingreifen, ähnliche Kopplungen beinhalten, sich ergänzen, ähnliche Berechnungen durchführen und sich neuronale Ressourcen teilen. Das betrifft insbesondere die elementare Signalverarbeitung und Überlappungen in der Motorik (Mund und Hand) sowie die Emotion, die u.a. aus der eventuell parallelen evolutionären Entwicklung bzw. dem gemeinsamen Entstehungsursprung erhalten geblieben sind. So besteht ein bi-hemisphärisches, großflächiges Musik-Sprache-Netzwerk, das besonders durch das Singen von Liedern ausgenutzt wird. Im Endeffekt entscheiden aber die spezifischen Kontexte und jeweiligen Anforderungen an die Domäne, welche Seite stärker beansprucht wird bzw. wie eintreffende Reize zu verarbeiten sind und welche Ziele erreicht werden sollen. In der Sprache bilden Kommunikation und aussagekräftige Semantik eine klare Abgrenzung zur Musik, welche sich eher auf einen vielschichtigen Ausdruck konzentriert.

Funktionsdissoziationen sind möglich, da die Netzwerke nicht vollständig voneinander abhängen. Dahingegen lassen sich in all den Vernetzungen, Überschneidungen und gegenseitigen Beeinflussungen Gründe für angemessene Kompensationen finden, wenn die Sprache gestört ist und durch Musik oder Singen wieder wachgerufen werden kann/soll. Ein erster wichtiger Punkt dabei ist, dass das Gehirn automatisch Schädigungen und Störungen versucht auszugleichen, d.h. die Übernahmen von Funktionen, die eigentlich nicht spezifisch für jenen gesunden Bereich bestimmt sind, ist gewissermaßen ein natürlicher Weg.

In domänenübergreifenden Ausgleichsprozessen bleiben jedoch noch immer die spezifischen Anregungen durch bestimmte Reize wesentlich. Diese allgemeine Lernfähigkeit können sich Therapien zu Nutze machen, indem mit bestimmten Strategien aus musikalischen Anforderungen (z.B. verlangsamtes Tempo durch Melodie oder zeitliche Strukturierung), gezielt relevante intakte (homologe) Regionen trainiert werden, sodass sie nach und nach gezwungen sind auch außerhalb der musikspezifischen Bedingungen sprachliche Aufgaben auszuführen. In diesem Sinne könnte bspw. anhand bestimmter Muster ein improvisatorisches Verhalten erzielt werden, mit dem die Möglichkeit einer Übertragung auf die spontane Wortproduktion besteht.

Sprachkonzepte können außerdem erinnerungsbasiert aktiviert werden, wenn sie mit einem bestimmten Musikstück, Lied oder durch Automatismen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden. Dies stellt einen allgemein bedeutsamen Aspekt dar, sofern die Gedächtnisleistungen intakt sind. Die Kopplung von Liedtext und Melodie erweist sich indessen als besonders stark. Ebenso treten in diesen Zusammenhängen gewisse Priming-Effekte in Kraft.

Einen weiteren zentralen Faktor stellt die Rhythmik dar, welche eine regelmäßige, vorhersehbare Struktur vorgibt, die Bewegungsinitiierung und -kontrolle unterstützen sowie der Artikulation den nötigen Anstoß geben kann. Puls-synchronisierte Bewegungen alleine oder in Kombination mit der Koordination anderer Mitglieder in einer Gruppe aktiviert die Belohnungszentren und führt zu Dopamin-Ausschüttung – eine entscheidende Basis für die Ausschöpfung des dopaminösen Lernsystems und die Anregung der Gedächtnisleistung. In erster Linie stellt sich dieses Konzept besonders für motorische Aphasien als entlastend heraus. Dazu kann allgemeines Bewegungstraining eine Ergänzung bieten.

Aus der emotionalen Perspektive erhebt sich ein nächster größerer Aspekt. Abgesehen von den emotionalen Parallelen in Sprache und Musik kann durch Emotion eine multimodale Stimulation erreicht werden, die wiederum zum besseren Erinnern von Gedächtnisinhalten führen oder Sprachsysteme re-aktivieren kann. Überdies wird der Übergang von emotionalen Inhalten oder Werten zu semantischen Bedeutungen der Sprache in Betracht gezogen, wodurch sich ein semantisches Priming ergeben könnte. Klänge sind dabei ebenfalls essenziell.

Im Allgemeinen sind multimodale Stimulationen durch verschiedene sensorische Reize, individuelle, persönliche Präferenzen, langfristige und auch passive Stimulation durch Musik für eine Reorganisation erfolgsversprechend. Konzentriert sich ein Patient auf, was er kann, nämlich das Singen oder Musizieren, dann erhellt sich nicht nur die Stimmung, sondern

steigt auch die Motivation. Gleichzeitig werden keine Anforderungen an die Sprachdomäne gestellt und die Reorganisation kann sich entfalten. Für den eventuellen Wiedererwerb von Spontansprache muss generell viel Zeit in Anspruch genommen werden, da über die Umstände des Patienten genau Bescheid gewusst werden muss. Darüber hinaus sind die Therapiemethoden anfangs vermutlich nicht alltagstauglich und nicht jeder Mitmensch ist in die individuell hilfreichen Strategien zur Kommunikation eingeweiht. Besonders die unterstützende Musik ist in der Alltagsumgebung nicht immer vorhanden. Um sich von Hilfsmitteln loszulösen ist intensive Übung notwendig.

Um detailliertere Ergebnisse zu erreichen, müssten einzelne Faktoren und Parameter genauer auf Gemeinsamkeiten überprüft werden, um bessere Rückschlüsse für optimale Heilungschancen ziehen zu können. Der Umfang und die zahlreichen Individualitäten machen eine Eingrenzung nicht leicht. Idealerweise wären bildgebende Verfahren und andere Experimentdurchführungen für jeden einzelnen Aphasie Patienten erforderlich, um zumindest das genaue Ausmaß der Schädigung und die individuelle Reaktion auf musikalische Stimuli eruieren zu können. Nichtsdestotrotz kann gegen Ende mit gutem Gewissen behauptet werden, dass die Musik in ihrer gesamten Gestalt breitgefächerte Möglichkeiten bietet, die Sprache wieder zu finden.

Literaturverzeichnis

- Özdemir, E., Norton, A., & Schlaug, G. (2006). Shared and distinct neural correlates of singing and speaking. *NeuroImage* 33, S. 628-635.
- Aarli, J., Skeie, G. O., & Einbu, T. (2010). Singing Improves Word Production in Patients with Aphasia. In F. C. Rose, *Neurology of Music* (S. 347-357). London, Singapore: Imperial College Press.
- Abel, S., & Lange, I. (2014). Sprachstörungen nach Schlaganfall und bei Demenz: Wie bedeutsam sind die Unterschiede für die Logopädie? *Sprache, Stimme, Gehör* 38, 86-91.
- Aldridge, G., & Aldridge, D. (2008). *Melody in Music Therapy. A Therapeutic Narrative Analysis*. London: Jessica Kingsley Publishers.
- Altenmüller, E., & Bernatzky, G. (2015). Musik als Auslöser starker Emotionen. In G. Kreutz, & G. Bernatzky, *Musik und Medizin. Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 221-236). Wien: Springer-Verlag.
- Arbib, M. A., & Iriki, A. (2013). Evolving the Language- and Music-Ready Brain. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 481-497). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Arbib, M. A., Verschure, P. F., & Seifert, U. (2013). Action, Language and Music: Events in Time and Models of the Brain. In M. A. Arbib, *Language, Music and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 357-391). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Ardila, A., Bernal, B., & Rosselli, M. (2016). How Localized are Language Brain Areas? A Review of Brodmann Areas Involvement in Oral Language. *Archives of Clinical Neuropsychology* 31, S. 112–122.
- Böhme, G. (2003). *Sprach-, Sprech-, Stimm- und Schluckstörungen, Band 1: Klinik*. München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer.
- Baur, R. S. (1990). *Superlearning und Suggestopädie. Grundlagen-Anwendung, Kritik-Perspektiven*. Berlin, München: Langenscheidt KG.
- Baynes, K. (2002). Corpus Callosum. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 2* (S. 51-64). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Belin, P., Zatorre, R. J., Lafaille, P., & Pike, B. (2000). Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature* 403, S. 309-312.

- Bever, T. G., & Chiarello, R. J. (1974). Cerebral dominance in musicians and nonmusicians. *Science* 185, 537-539.
- Borchgrevink, H. M. (1982). Prosody and Musical Rhythm are Controlled by the Speech Hemisphere. In M. Clynes, *Music, Mind, and Brain* (S. 151-157). Boston: Springer-Verlag.
- Caplan, D. (2002). Language, Neural Basis of. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 2* (S. 657-669). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Carter, R., Aldridge, S., Page, M., & Parker, S. (2019). *The Human Brain Book*. New York: DK Publishing.
- Cechetti, D. F., & Topolovec, J. C. (2002). Cerebral Cortex. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 1* (S. 663-679). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Crank, M., & Fox, P. (2002). Broca's Area. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 1* (S. 569-586). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Crosson, B., Maron, L., & Moore, A. B. (2002). Basal Ganglia. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 1* (S. 367-379). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Darwin, C. (1872). *The Expression of Emotion in Man and Animals*. London: John Murray.
- David, E. (1989). Musikwahrnehmung und Hirnstrombild. In H. Petsche, *Musik-Gehirn-Spiel* (S. 91-102). Basel: Springer Basel AG.
- Deecke, L., & Lang, W. (1989). Motorische Hirnrindenzonen und rhythmische Koordination der Hände beim Musizieren. In H. Petsche, *Musik-Gehirn-Spiel* (S. 163-178). Basel: Springer Basel AG.
- Dege, F., & Schwarzer, G. (2015). Musik und kognitive Entwicklung. In G. Bernatzky, & G. Kreutz, *Musik und Medizin. Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 359-374). Wien: Springer-Verlag.
- Deutsch, D., Henthorn, T., & Lapidis, R. (2011). Illusory transformation from speech to song. *Journal of the Acoustical Society of America* 129, S. 2245-2252.
- DocCheck Community GmbH. (13. November 2019). *Schlaganfall*. Von DocCheck Flexikon:

- https://flexikon.doccheck.com/de/Schlaganfall?utm_source=www.doccheck.flexikon&utm_medium=web&utm_campaign=DC%2BSearch abgerufen
- Epstein, D. (1989). Time and Timing in Music: Musical and Neurological Aspects. In H. Petsche, *Musik-Gehirn-Spiel* (S. 153-162). Basel: Springer Basel AG.
- Fedorenko, E., Patel, A., Gibson, E., Winawer, J., & Casasanto, D. (2009). Structural integration in language and music: Evidence for a shared system. *Memory & Cognition*, 37 (1), S. 1-9.
- Filley, C. M. (2002). Neuroanatomy. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain*, Vol. 3 (S. 403-422). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Fogassi, L. (2013). Shared Meaning, Mirroring, and Joint Action. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 83-106). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Friedman, R. B. (2002). Alexia. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain*, Vol. 1 (S. 111-117). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Fritz, J., Poeppel, D., Trainor, L., Schlaug, G., Patel, A. D., Peretz, I., . . . Parsons, L. M. (2013). The Neurobiology of Language, Speech and Music. In M. A. Arbib, *Language, Music and the Brain. A Mysterious Relationship*. (S. 417-459). Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press.
- Goldenberg, G. (2007). *Neuropsychologie: Grundlagen, Klinik, Rehabilitation*. München: Urban & Fischer in Elsevier.
- Hagoort, P., & Poeppel, D. (2013). The Infrastructure of the Language-Ready Brain. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 233-256). Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press.
- Harrington, D. L. (2002). Time Passage, Neural Substrates. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain*, Vol. 4 (S. 599-614). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Hazeltine, E., & Ivry, R. (2002). Motor Skill. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain*, Vol. 3 (S. 183-200). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Hellige, J. B. (2002). Laterality. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain*, Vol. 2 (S. 671-683). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Jäncke, L. (2015). Musik und Hirnplastizität. In G. Bernatzky, & G. Kreutz, *Musik und Medizin Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 49-67). Wien: Springer Verlag.

- Janata , P., & Parsons, L. M. (2013). Neural Mechanisms of Music, Singing, and Dancing. In A. Arbib, *Language, Music and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 307-328). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Johnson, S. B. (2014). Therapeutic Singing (TS). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 185-195). New York: Oxford University Press .
- Jusczyk, P. W., & Krumhansl, C. L. (1993). Pitch and rhythmic patterns affecting infants' sensitivity to musical phrase structure. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 19, S. 627-640.
- Kluender, K. R. (2002). Speech. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 4* (S. 433-448). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Koelsch, S. (2005). Neural substrates of processing syntax and semantics in music. *Current Opinion in Neurobiology* 15, S. 207-212.
- Koelsch, S. (2013a). Neural Correlates of Music Perception. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 141-172). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Koelsch, S. (2013b). *Brain & Music*. UK/USA: John Wiley & Sons, Ltd.
- Koelsch, S. (2019). *Good Vibrations. Die heilende Kraft der Musik*. Berlin, Germany: Ullstein Buchverlage GmbH.
- Koelsch, S., Gunter, T. C., Wittfoth, M., & Sammler, D. (2005). Interaction between Syntax Processing in Language and in Music: An ERP Study. *Journal of Cognitive Neuroscience* 17:10, S. 1565–1577.
- Konradin Medien GmbH . (2020). *Der Hirnfaltung auf der Spur*. Von wissenschaft.de: <https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/der-hirn-faltung-auf-der-spur/> abgerufen
- Kotz, S. A., Schwartz, M., & Schmidt-Kassow, M. (2009). Non-motor basal ganglia functions: a review and proposal for a model of sensory predictability in auditory language perception. *Cortex* 45, 982-990.
- Kreutz, G. (2015). Gesundheitliche Aspekte des Laiensingens. In G. Bernatzky, & G. Kreutz, *Musik und Medizin. Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 273-284). Wien: Springer-Verlag.
- Kreutz, G., & Murcia, C. Q. (2015). Gesundheitliche Aspekte des Tanzes. In G. Bernatzky, & G. Kreutz, *Musik und Medizin. Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 285-300). Wien: Springer-Verlag.

- Kunert, R., Willems, R. M., Casasanto, D., Patel, A. D., & Hagoort, P. (2015). Music and Language Syntax Interact in Broca's Area: An fMRI Study. *PLoS ONE* 10(11), S. 1-16.
- Ladefoged, P., & Johnson, K. (2011). *A course in phonetics, Sixth Edition*. Wadsworth: Cengage Learning.
- LaGasse, A. B. (2014). Developmental Speech and Language Training in Music. In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 196-216). New York: Oxford University Press.
- Lerdahl, F. (2013). Musical Syntax and its Relation to Linguistic Syntax. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 257-272). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- l'Etoile, S. K. (2014). Associative Mood and Memory Training. In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 314-330). New York: Oxford University Press.
- Müller, W. A., Frings, S., & Möhrle, F. (2019). *Tier- und Humanphysiologie. Eine Einführung*. Berlin: Springer Spektrum-Verlag.
- Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C., & Friederici, A. D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: an MEG study. *nature neuroscience*, Vol. 4 No. 5, S. 540-545.
- Mainka, S., & Mallen, G. (2014). Rhythmic Speech Cuing. In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 150-160). New York: Oxford University Press.
- Markl, J., Sadava, D., Hillis, D. M., Heller, H. C., & Hacker, S. D. (2019). Das Nervensystem von Säugern: Struktur und höhere Funktionen. In J. Markl, *Purves Biologie* (S. 1409-1435). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Massie, C. (2014). Patterned Sensory Enhancement and Constraint Induced Therapy: A Perspective from Occupational Therapy to Interdisciplinary Extremity Rehabilitation. In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 47-51). New York: Oxford University Press.
- Merrill, J., Sammler, D., Bangert, M., Goldhahn, D., Lohmann, G., Turner, R., & Friederici, A. D. (2012). Perception of words and pitch patterns in song and speech. *Frontiers in Psychology* 3, S. 76.

- Mertel, K. (2014). Auditory Perception Training (APT). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 227-256). New York: Oxford University Press.
- Mertel, K. (2014). Oral Motor and Respiratory Exercises. In M. H. Thaut, & Hömberg Volker, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 161-178). New York: Oxford University Press.
- Messerli, P., Pegna, A., & Sordet, N. (1995). Hemispheric dominance for melody recognition in musicians and non-musicians. *Neuropsychologia* 33, 395-405.
- Molinari, M. (2002). Cerebellum. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 1* (S. 611-627). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Morton, J. (1969). Interaction of information in word cognition. *Psychological Review* 76, 165-178.
- Ohye, C. (2002). Thalamus and Thalamic Damage. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 4* (S. 575-597). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Patel, A. D. (1998). Syntactic Processing in Language and Music: Different Cognitive Operations, Similar Neural Resources? *Music Perception, Vol. 16, No. 1*, 27-42.
- Patel, A. D. (2006). Musical Rhythm, Linguistic Rhythm and Human Evolution. *Music Perception, Vol. 24, Issue 1*, S. 99-104.
- Patel, A. D. (2008). *Music, Language, and the Brain*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Patel, A. D. (2013). Sharing and Nonsharing of Brain Resources for Language and Music. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 329-355). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press .
- Patel, A. D. (2014). Can nonlinguistic musical training change the way the brain processes speech? The expanded OPERA hypothesis. *Hearing Research* 308, S. 98-108.
- Peretz, I., & Babai, M. (1992). The role of contour and intervals in the recognition of melody parts: evidence from cerebral asymmetries in musicians. *Neuropsychologia* 30, 277-292.
- Peretz, I., Gagnon, L., Herbert, S., & Macoir, J. (2004). Singing in the Brain: Insights from Cognitive Neuropsychology. *Music Perception, Vol. 21, No. 3* , S. 373-390.
- Peretz, I., Vuvan, D., Lagrois, M.-E., & Armony, J. L. (2015). Neural overlap in processing music and speech. *Philosophical Transactions B*, 370:20140090, S. 1-8.

- Perry, D. (2002). Music and the Brain. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 3* (S. 243-271). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Pulvermüller, F., Huss, M., Kherif, F., Moscoso del Prado Martin, F., Hauk, O., & Shtyrov, Y. (2006). Motor cortex maps articulatory features of speech sounds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 7865-7870.
- Ramachandran, V. S. (2002). *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 1-4*. University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Rice, R., & Thaut, C. (2014). Rhythmic-Acoustic Stimulation (RAS). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 94-105). New York: Oxford University Press.
- Richter, B. (2015). Singstimme und Gesundheit. In G. Bernatzky, & G. Kreutz, *Musik und Medizin. Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 329-336). Wien: Springer-Verlag.
- Ross, E. D. (1993). Nonverbal aspects of language. *Neurol Clin.* 11, S. 9-23.
- Rothgänger, H. (1999). *Bioakustik des Menschen. Eine Gesamtdarstellung der nonverbalen und verbalen Kommunikation*. Bielefeld: Kleine Verlag.
- Särkämö, T., Pihko, E., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S., Mikkonen, M., . . . Tervaniemi, M. (December 2010). Music and Speech Listening Enhance the Recovery of Early Sensory Processing after Stroke. *Journal of Cognitive Neuroscience Volume 22, Issue 12*, S. 2716-2727.
- Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S., Mikkonen, M., . . . Hietanen, M. (März 2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain, Volume 131, Issue 3*, S. 866–876.
- Saffran, E. M. (2002). Wernicke's Area. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 4* (S. 805-818). University of California, San Diego: Elsevier Science.
- Sammler, D., Baird, A., Valabre'gue, R., Clement, S., Dupont, S., Belin, P., & Samson, S. (2010). The relationship of lyrics and tunes in the processing of unfamiliar songs: a functional magnetic resonance adaption study. *J. Neuroscience* 30, S. 3572-3578.
- Sarno, M. T. (2002). Aphasia. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 1* (S. 181-192). University of California, San Diego: Elsevier Science.

- Scherer, K. R. (2013). Emotion in Action, Interaction, Music and Speech. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 107-139). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Schlaug, G. (2010). Singing: When It Helps. In F. C. Rose, *Neurology of Music* (S. 335-345). London, Singapore: Imperial College Press.
- Schlaug, G., Marchina, S., & Norton, A. (2008). From Singing to Speaking- Why singing may lead to recovery of expressive language function in patients with Broca's Aphasia. *Music Perception, Vol. 25, Issue 4*, S. 315-323.
- Schubert, F., & Lalouschek, W. (2006). Schlaganfall. In J. Lehrner, G. Pusswald, E. Fertl, I. Kryspin-Exner, & W. Strubreither, *Klinische Neuropsychologie. Grundlagen, Diagnostik, Rehabilitation* (S. 303-314). Vienna: Springer-Verlag.
- Scott, S. K., & Sinex, D. G. (2010). Speech. In A. Rees, & A. R. Palmer, *The Oxford Handbook of Auditory Science. The Auditory Brain* (S. 193-214). United States: Oxford University Press Inc.
- Seither-Preisler, A., & Schneider, P. (2015). Positive Effekte des Musizierens auf Wahrnehmung und Kognition aus neurowissenschaftlicher Perspektive. In G. Bernatzky, & G. Kreutz, *Musik und Medizin. Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 375-394). Wien: Springer-Verlag.
- Spitzer, M. (2002). *Musik im Kopf*. Stuttgart: Schattauer GmbH.
- Stahl, B., Kotz, S. A., Henseler, I., Turner, R., & Geyer, S. (21. September 2011). Rhythm in disguise: why singing may not hold the key to recovery from aphasia. *Brain 134*, S. 3083-3093.
- Sun, Y., Lu, X., Ho, H., Johnson, B. W., Sammler, D., & Thompson, W. F. (2018). Syntactic processing in music and language: Parallel abnormalities observed in congenital amusia. *NeuroImage: Clinical 19*, S. 640-651.
- Tauchnitz, J., & Langeslag, P. (2017). Musik in der Werbung. In G. Rötter, *Handbuch funktionale Musik* (S. 161-202). Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Thaut, C. P. (2014). Musical Speech Stimulation (MUSTIM). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 146-149). New York: Oxford University Press.
- Thaut, C. P. (2014). Pattern Sensory Enhancement (PSE). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 106-145). New York: Oxford University Press.

- Thaut, C. P. (2014). Symbolic Communication Training in Music (SYCOM). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurological Music Therapy* (S. 217-220). New York: Oxford University Press.
- Thaut, C. P. (2014). Vocal Intonation Therapy. In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurologic Music Therapy* (S. 179-184). New York: Oxford University Press.
- Thaut, M. H., & Gardiner, J. C. (2014). Musical Attention Control Training (MACT). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurologic Music Therapy* (S. 257-269). New York: Oxford University Press.
- Thaut, M. H., & Gardiner, J. C. (2014). Musical executive function training (MEFT). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurologic Music Therapy* (S. 279-293). New York: Oxford University Press.
- Thaut, M. H., & Gardiner, J. C. (2014). Musical Mnemonics Training (MMT). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurologic Music Therapy* (S. 294-310). New York: Oxford University Press.
- Thaut, M. H., & Hömberg, V. (2014). *Handbook of Neurologic Music Therapy*. New York: Oxford University Press.
- Thaut, M. H., & Hömberg, V. (2015). Einführung in die neurologische Musiktherapie. In G. Bernatzky, & G. Kreutz, *Musik und Medizin Chancen für Therapie, Prävention und Bildung* (S. 139-153). Wien: Springer Verlag.
- Thaut, M. H., Thaut, C. P., & McIntosh, K. (2014). Melodic Intonation Therapy (MIT). In M. H. Thaut, & V. Hömberg, *Handbook of Neurologic Music Therapy* (S. 140-145). New York: Oxford University Press.
- Thier, P. (2006). Die funktionelle Architektur des präfrontalen Kortex. In H. Karnath, & P. Thier, *Neuropsychologie* (S. 471). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Thompson-Schill, S., Hagoort, P., Dominey, P., Honing, H., Koelsch, S., Ladd, D. R., . . . Mark, S. (2013). Multiple Levels of Structure in Language and Music. In M. A. Arbib, *Language, Music, and the Brain. A Mysterious Relationship* (S. 289-304). Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Tillmann, B., Koelsch, S., Escoffier, N., Bigand, E., Lalitte, P., Friederici, A. D., & Cramon, D. Y. (2006). Cognitive priming in sung and instrumental music: Activation of inferior frontal cortex. *NeuroImage* 31, S. 1771-1782.
- Vallar, G. (2002). Short-term Memory. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain, Vol. 4* (S. 367-381). University of California, San Diego: Elsevier Science.

- Vollmer-Haase, J., Finke, K., Hartje, W., & Bulla-Hellwig, M. (1998). Hemispheric dominance in the processing of J.S. Bach fugues: a transcranial Doppler sonography (TCD) study with musicians. . *Neuropsychologia* 36, 857-867.
- Wada, J. (1949). A new method for the determination of the side of cerebral speech dominace. A preliminary report of the intra-carotid injection of sodium amytal in man. *Igaku to Seibutsugaki (Tokyo)*, Vol. 14, S. 221-222.
- Wise, R. J., Greene, J., & Buchel , C. (1999). Brain regions involved in articulation. *The Laneet* 353, 1057-1061.
- Wise, R. J., Scott, S. K., Blank, S. C., Mummery , C. J., & Warburton, E. (2001). Identifying separate neural sub-systems within Wernickes area. *Brain* 124, 83-95.
- Zatorre, R. J. (2002). Auditory Cortex. In V. S. Ramachandran, *Encyclopedia of the Human Brain*, Vol. 1 (S. 289-301). University of California, San Diego: Elsevier Science.

Zusammenfassung

Musik und Sprache hängen, insbesondere was ihre neuronale Repräsentation, ihre Verarbeitung und ihre Ursprünge betrifft, enger zusammen, als ein erstes Urteil vermuten lässt. Das verbirgt sich hinter der dem Umstand der zugrunde liegenden Fragestellung, dass uneingeschränktes Singen trotz artikulatorischer Schwierigkeiten basierend auf Schlaganfallbedingter Aphasie noch möglich ist. Gleichzeitig offenbart sich dadurch die jeweilige Eigenständigkeit der beiden Systeme.

Das Ziel der Arbeit liegt im Finden der Parallelen von Musik und Sprache. Dabei wird hypothetisiert, dass im Falle einer Dissoziation die Neuroplastizität den gesunden Hirnarealen eine Übernahme von Funktionen geschädigter Regionen ermöglicht und ob bzw. wie diese Umstände auch in therapeutischem Sinne nützlich werden können. Die Ausarbeitung und Beantwortung der Fragen baut auf einem Literaturvergleich auf.

Die Erkenntnisse ergeben unabhängig vom Schwerpunkt der Arbeit das Vorliegen einer breitgefächerten Projektion von Musik auf Sprache sowie, dass bestimmte im Vorfeld weniger als günstig betrachtete Parameter die Heilung einer Aphasie umso mehr vorantreiben. Individuelle Einflüsse kommen nicht zu kurz. Eine Kombination aus mehreren Komponenten wirkt sich jedoch allgemein auch therapeutisch deutlich besser aus.

Als entscheidende Eckpunkte kristallisierten sich zum einen Melodie in engerer Verbindung mit Erinnerung und Improvisation heraus, was als allgemein gültig bewertet werden kann. Zum anderen hängen Rhythmik und Bewegungssteuerung zusammen, woran die Broca-Aphasie profitiert. Darüber hinaus spielt das dopaminöse Lernsystem eine entscheidende Rolle. Trotzdem viele verschiedene Punkte zu beachten sind, wobei nicht die einzige Lösung gefunden werden kann, wären semantische Werte künftig näher und aus einer anderen Perspektive zu betrachten.

Abstract

Music and language are more closely related, especially with regard to neural representation, processing and origins, than an initial judgment suggests. This is hidden behind the fact of the underlying question that unrestricted singing is possible despite articulatory difficulties based on stroke-related aphasia. At the same time, this reveals the respective independence of the two systems.

The aim of the work is to find parallels between music and language. It is hypothesized that in case of a dissociation, the neuroplasticity enables healthy brain areas to take over the functions of damaged regions and whether and how these circumstances can also be useful in a therapeutic sense. The elaboration and answering of the questions is based on a literature comparison.

The findings demonstrate in independence of the main focus a wide-ranging projection of music onto language and the fact that certain parameters previously considered as less suitable are more important in the healing process of aphasia. Individual influences are about to note. However, in general a combination of several components has a significantly better therapeutic effect.

Crucial aspects on the one hand is the connection of melody and memory and the improvisation, which can be assessed as generally valid. On the other hand, rhythm and movement control are related to each other, which contains benefits for Broca's aphasia. In addition, the dopaminous learning system matters. Even though there are a lot of different points to consider and the only solution cannot be found, semantic values have to be beard in mind more closely as well as from a different perspective.